

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ФЕДЕРАЦІЯ ІНФОРМАТИКИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

**ПАТ «УКРТЕЛЕКОМ»,
КП НВК «ІСКРА», ДП «РАДІОПРИЛАД»
НВП «ХАРТРОН-ЮКОМ»**



**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ І ДОСЯГНЕННЯ В ГАЛУЗІ
РАДІОТЕХНІКИ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Тези доповідей

VI Міжнародної науково-практичної конференції

(19–21 вересня 2012 р., м. Запоріжжя)

Запоріжжя – 2012

УДК 621.37+621.39+004
ББК 32.84+32.884.1+32.94+30.614
С 91

Рекомендовано до видання Вченою радою Запорізького національного
технічного університету (протокол № 1 від 29.08.2012)

Редакційна колегія:

Піза Д. М., д. т. н., проф., зав.каф. РТ ЗНТУ, проректор ЗНТУ
Морищавка С. В., к. т. н., доцент каф. РТ ЗНТУ

Тези доповідей друкуються методом прямого відтворення тексту, пред-
ставленого авторами, які несуть відповідальність за його форму і зміст.

С 91 Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телеко-
мунікацій та інформаційних технологій: Тези доповідей
VI Міжнародної науково-практичної конференції (19–21 ве-
ресня 2012 р., м. Запоріжжя) – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012. –
334 с.

ISBN 978-617-529-057-6

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-практичній
конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспі-
рантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень,
які проводяться у Запорізькому національному технічному університеті.
Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців.

УДК 621.37+621.39+004
ББК 32.84+32.884.1+32.94+30.614

ISBN 978-617-529-057-6

© Запорізький національний
технічний університет
(ЗНТУ), 2012

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
- Українська федерація інформатики
- Запорізький національний технічний університет
- Харківський національний університет радіоелектроніки
- ПАТ «Укртелеком»
- КП НВК «Іскра»
- ДП «Радіоприлад»
- НВП «Хартрон-Юком»

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Піза Д.М. – директор інституту ІРЕ ЗНТУ, голова оргкомітету;
Кришук В.М. – зав. кафедри ЗНТУ, заступник голови оргкомітету;
Кудерметов Р.К. – зав. кафедри ЗНТУ, заступник голови оргкомітету;
Романовський О.В. – директор НВП «Хартрон-Юком», м. Запоріжжя
Пресняк І.С. – директор КП НВК «Іскра», м. Запоріжжя
Лобунов М.О. – директор Запорізької філії ПАТ «Укртелеком»
Панфилов С.В. – директор ДП «Радіоприлад», м. Запоріжжя
Кабак В.С. – декан факультету радіоелектроніки та телекомунікацій ЗНТУ
Касьян М.М. – декан ф-ту інформатики та обчислювальної техніки ЗНТУ
Мастиновський Ю.В. – зав. кафедри ЗНТУ
Дубровін В.І. – зав. кафедри ЗНТУ
Бондарев Б.М. – професор ЗНТУ
Бабіч А.В. – доцент ЗНТУ
Висоцька Н.І. – начальник патентного відділу ЗНТУ

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Моршавка С.В. – доцент кафедри радіотехніки та телекомунікацій ЗНТУ.

ТЕХНІЧНИЙ СЕКРЕТАР ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Колеснікова Є.І. – асистент кафедри радіотехніки та телекомунікацій ЗНТУ.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Дубровін В.І. – к.т.н., професор (Запоріжжя, Україна)
Гергель В.П. – д.т.н., професор (Н.Новгород, Росія)
Гостєв В.І. – д.т.н., професор (Київ, Україна)
Жуковницький І.В. – д.т.н., професор (Дніпропетровськ, Україна)
Зайцева Елена – к.т.н. (Жилин, Словачія)
Каргін А.О. – д.т.н., професор (Донецьк, Україна)
Корніч Г.В. – д.ф.-м.н., професор (Запоріжжя, Україна)
Карпуков Л.М. – д.т.н., професор (Запоріжжя, Україна)
Квітковський Я. – д.т.н., професор (Вроцлав, Польща)
Кирилов В.І. – д.т.н., професор (Мінськ, Білорусія)
Кофанов Ю.М. – д.т.н., професор (Москва, Росія)
Кришук В.М. – к.т.н., професор (Запоріжжя, Україна)
Куницький Ю.А. – д.ф.-м.н., професор (Київ, Україна)
Левашенко Віталій – к.т.н. (Жилин, Словачія)
Лесовик В.С. – д.т.н., професор (Белгород, Росія)
Малафєєв С.І. – д.т.н., професор (Володимир, Росія)
Марковська-Качмар Урсула – д.т.н., професор (Польща, Вроцлав)
Марковський Джордж – професор (Ороно, США)
Піза Д.М. – д.т.н., професор (Запоріжжя, Україна)
Погосов В.В. – д.ф.-м.н., професор (Запоріжжя, Україна)
Поляков В.М. – к.т.н., доцент (Белгород, Росія)
Олещук В.А. – професор (Гримстад, Норвегія)
Саченко А.О. – д.т.н., професор (Тернопіль, Україна)
Сетлак Г. – д.т.н. (Жешув, Польща)
Харченко В.П. – д.т.н., професор (Київ, Україна)
Хорошко В.О. – д.т.н., професор (Київ, Україна)
Шарпанських О.А. – доктор філософії (Амстердам, Голландія)
Шокало В.М. – д.т.н., професор (Харків, Україна)
Якубов І.Т. – д.ф.-м.н., професор (Москва, Росія)

1 секція *«Радіотехнічні, радіолокаційні та навігаційні системи».*

Керівник секції – Піза Д.М.; заступник – Бондарев Б.Н.

2 секція *«Телекомунікаційні системи та мережі».*

Керівник секції – Кабак В.С., заступник – Костенко В.О.

3 секція *«Сучасні інформаційні системи і технології».*

Керівник секції – Кудерметов Р.К; заступник – Дубровін В.І.

4 секція *«Інформаційні технології в проектуванні та виробництві електронних апаратів».*

Керівник секції – Кришук В.М.; заступник – Шило Г.М.

5 секція *«Безпека інформаційно-комунікаційних систем».*

Керівники секції – Карпуков Л.М.; заступник – Козіна Г.Л.

6 секція *«Фізика і технологія мікро - та наноелектроніки».*

Керівники секції – Погосов В.В.; заступник – Бабіч А.В.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ.....	15
Безрук В.М., Белов Е.Н., Войтович О.А., Руднев Г.А., Хлопов Г.И., Хоменко С.И. Автоматизированное радиолокационное распознавание метеообъектов	15
Залевский А.П., Пиза Д.М., Пресняк И.С., Сиренко А.С. Сравнительная оценка эффективности пространственно-временной и время-пространственной фильтрации сигналов в когерентно- импульсных РЛС	18
Субботін С.О. Програмні засоби синтезу діагностичних і розпіз- навальних моделей за прецедентами.....	21
Цопа А.И., Шокало В.М. Развитие концепции отводного канала на основе совершенствования методов оценки защищенности ведомственных систем связи	23
1 СЕКЦІЯ «РАДИОТЕХНІЧНІ, РАДІОЛОКАЦІЙНІ І НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ».....	26
Карпуков Л.М., Корольков Р.Ю., Клочко В.В. Методика синтеза мик- роволновых шлейфовых фильтров с нулями у передаточной функции	26
Полікаровських О.І. Метод корекції положення імпульсів у дворівневих цифрових обчислювальних синтезаторах частоти	28
Лизунов С.И., Лизунов Д.С. Алгоритм синтеза передаточных функций дискретных фильтров	30
Лизунов Д.С. Выбор аналогового фильтра-прототипа для синтеза передаточных функций цифровых фильтров.....	32
Омельчук В.В., Фомін М.П. Функція взаємної кореляції ЛЧМ сигналу з урахуванням ефекту доплера	34
Дубровин В.И., Твердохлеб Ю.В. Исследование амплитудно- частотной характеристики вейвлета.....	36
Романенко С.Н., Дмитренко В.П. Моделирование взаимодействия плоской электромагнитной волны со слоем метаматериала.....	38
Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д. В., Трофименко Ю.В. Теоретичні основи енергетичного виявлення і оцінювання параметрів радіосигналів.....	40
Омельченко А.В. Алгоритм измерения перемещений объектов фазовым методом.....	42
Пиза Д.М., Морщавка С.В. Особенности построения систем локального зондирования	44

Меленті Є.О., Кукобко С.В., Рошупкін Є.С. Дослідження структури електромагнітного поля, яке створює горизонтальний диполь герца, в межах тропосферного хвилеводу за допомогою методу криволінійних координат.....	46
Місайлов В.Л., Меленті Є.О., Челпанов А.В. Вплив зміни вертикального градієнту індексу заломлення нижнього шару тропосфери над територією України на дальність виявлення та точність визначення координат повітряних об'єктів радіотехнічними засобами.....	49
Куцак С.В., Логачова Л.М., Бондарев В.П. Поверхневий імпеданс періодичного ряду прямокутних отворів на вузькій стінці хвилеводу.....	51
Крикун Е.В. Результаты моделирования нелинейных эффектов в кольцевом резонаторе	53
Ковтунов А.Л., Лещенко С.П., Закіров З.З. Методи вимірювання координат повітряних цілей в оглядових РЛС з використанням широко-космугових сигналів	55
Коваль Ю.А., Приймак В.Ю., Хусейн А.Ф. Возможности снижения ионосферной составляющей погрешности синхронизации при использовании сигналов системы SBAS.....	57
Безгин А.А. Савочкин А.А. Микрополосковый круговой делитель мощности	59
Коваль К.О., Лазарев О. О., Вознюк В. А. Електрично керовані напівпровідникові еквіваленти ємності та їх застосування	61
Шишкина А.Ф., Галиев А.Л. Устройство удвоения частоты сигнала на основе дельта-модулятора	63
Осинин В.Ф., Четвериков С.Ф. Блок-схема и функционирование информационно-измерительной системы для контроля пауз между выбросами огибающей поля естественных ОНЧ-радишумов.....	65
Фурманова Н.І. Оптимізація топології мікросмужкових фільтрів на шпилькових резонаторах з метою зменшення втрат.....	67
Плаксин С.В., Толдаев В.Г., Шкиль Ю.В. Позиционирование транспортного средства на пути движения методом фазовой дальнометрии	69
Коваль Ю.А., Костыря А.А., Приймак В.Ю., Ал-Твежри Б.А. Моделирование пассивных систем синхронизации, использующих квадратурную обработку огибающих сигналов	71
Горячкин О.В., Харитонов А.А. Моделирование системы автоматической классификации вида цифровой модуляции	73

Міщенко М.В. Проектування мікросмужкових спрямованих відгалужувачів на зв'язаних лініях передач.....	75
Пашенко В.О. Підповерхнєве зондування ортотропного композита в безрозмірних координатах.....	77
Самойлик С.С., Бондарев В.П. Оптимизация параметров проходного резонатора со слабой связью с произвольным числом диэлектрических неоднородностей.....	79
Чорнобородова Н.П., Чорнобородов М.П. Поліпшення швидкісної характеристики РЛС 36Д6.....	81
Лаврентьев В.Н., Мельниченко В.Н., Пиза Д.М., Сиренко А.С. Методика оптимизации параметров системы селекции движущихся целей РЛС 36Д6	83
2 СЕКЦІЯ «ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ».....	85
Бондарев Б.Н. Об особенностях спектров и использования сигналов АФМ, QAM, CAP	85
Агеев Д.В., Хайдара Абдалла Применение многослойного графа при планировании сетей WDM с оптическими конверторами.....	86
Мандзій Б.А., Волочій Б.Ю., Озірковський Л.Д., Змисний М.М., Муляк О.В. Моделі для порівняння трьох конфігурацій відмовостійкої системи з мажоритарною структурою	88
Мандзій Б.А., Волочій Б.Ю., Кузнецов Д.С., Кулик І.В., Озірковський Л.Д. Визначення вимог до технічного обслуговування джерел безперебійного електроживлення телекомунікаційних систем.....	90
Белов В.С., Белов А.С. Застосування принципів децимації та інтерполяції в цифрових системах зв'язку.....	92
Брескин В.А., Корнейчук В.И. Расчет чувствительности цифровых приемных устройств ВОСП	94
Бугрова Т.И. Моделирование полей излучения мобильных телефонов в среде HFSS	96
Галимина И.А., Сметанин И.Н. Анализ методов снижения сигнальной нагрузки в сотовой сети мобильной связи	98
Барба І.Б., Орешков В.І. Сумісне проектування мереж телефонних та широкосмужкового доступу.....	101
Брескин В.А., Мазур А.Д., Розенвассер Д.М. Увеличение пропускной способности оптического канала многопозиционным кодированием	103
Ганшин Д.Г. Оценка защищенности мультимедийных цифровых систем передачи информации на основе ADSL технологии	105

Копылева Н.Ю., Бондарев В.П. Разработка и сравнение моделей волноводного распространения сигналов беспроводной связи в помещениях	107
Деундяк В.М., Жданова М. А. Об аппроксимации потока ошибок в канале передачи данных на основе скрытых полумарковских QP-моделей	109
Ляховецкий Л.М., Орешков В.І. визначення точної формули розрахунку швидкості передавання інформації для систем передачі з OFDM.....	111
Меркулов А.Г. К вопросу применения технологии VoIP для пакетных ВЧ каналов связи	113
Корнейчук В.И., Щекотихин О.В. Метод расчета оптического участка гибридной сети доступа	115
Майстренко Г.В., Рыбалко А.М., Стрельницкий А.А., Шокало В.М. Оценка помехозащищенности WI-FI каналов связи с адаптивными антенными решетками при флуктуации направления прихода помехи	118
Почерняев В.Н. Мобильная цифровая тропосферная станция с возбудителем большой выходной мощности	120
Почерняев В.Н. «Вторая очередь» Национальной системы спутниковой связи и вещания.....	121
Почерняев В.Н. О необходимости системного проектирования.....	122
Кузнецов А.А. Усовершенствование кластерной имитационной модели беспроводной системы передачи	125
Опенько С.И., Углев В.А. К вопросу разработки открытого стандарта командной радиолинии спутниковых систем.....	127
Свиридов А.А. Прогрессивная передача аудио с помощью сингулярного разложения	129
Свиридов А.А. Прогрессивная передача аудио, основанная на двумерном дискретном вейвлет-преобразовании	132
Гераймчук М.Д., Івахів О.В., Мушеник П.І., Шевчук Б.М. Компресування службової інформації в сенсорних мережах	134
Коваль Ю.А., Костыря А.А., Плехно С.А., Асаад Х.Х. Выбор общего источника сигнала для региональной системы синхронизации времени и частоты	136
Костенко В.О., Завьялов С.Н. Совместное строительство и эксплуатация когнитивных телекоммуникационных сетей разными операторами связи.....	138

3 СЕКЦІЯ «СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

І ТЕХНОЛОГІЙ»	141
Луньова А.Г., Табунщик Г.В. Моделювання процесів документообігу вищого навчального закладу	141
Попова Т.А. Обобщение критерия оптимизации уровня управления бизнесом	142
Дьячук Т.С. Модель обслуживания пользовательского задания в распределенной среде	144
Юр Т.В. Методы и модели вибрационной диагностики узлов газотурбинных двигателей	146
Вавенко Т.В. Поточкова модель маршрутизації на основі балансування навантаження за показниками якості обслуговування	148
Ульяновская Ю.В. Проблема обработки нечеткой несогласованной экспертной информации в информационных системах обработки данных	150
Плюта Н.В. Алгоритм розпізнавання частин символічних послідовностей різної довжини	152
Сніжної Г.В., Жавжаров Є.Л. Автоматизована установка для визначення температурної залежності магнетної сприйнятливості криць та стопів.....	154
Дейнега Л.Ю., Боговін П.І. Розширення можливостей САПР AUTOCAD з використанням її вбудованих засобів.....	156
Степаненко О.О., Качан О.І. Автоматизована система проектування структури електропостачання промислового підприємства.....	158
Скрупский С.Ю., Бабарь И.Н. Анализ подходов к тестированию программного обеспечения.....	160
Поляков Д.А. Значение наречий в контексте OPINION MINING	162
Pishchukhina O.A., Klochok A.Yu. Computer support for training of determining the parameters of automatic control systems stability	164
Матвеева Н.А. Радиально-базисные нейронные сети для решения задач дефектоскопии	166
Ляховец А.В. Характеристики выборки данных для выбора k при построении графа k-ближайших соседей.....	168
Львов О.С. Анализ влияния проектирования интерфейсов на скорость и качество разработки программного продукта.....	170
Купін А.І., Музика І.О. Деякі особливості новітніх мережних інформаційних технологій.....	172

Кудерметов Р.К., Притула А.В., Неласая А.В. О повышении качества образования на инженерных специальностях	174
Колпакова Т.А. Использование нечеткой нейронной сети в СППР для оценивания и классификации подрядчиков	176
Киричек Г.Г. Оцінка витрат на роботу з інформаційною системою	178
Киричек Г.Г., Лаврищева А.О., Севрюк Є.О. Кластерна платформа системи інформаційної підтримки навчання.....	180
Иванов Ю.А. Программное управление цифровой частью в системе полунатурного моделирования динамических объектов	182
Зеленьов А.Ю., Кисельова І.В., Зеленьова І.Я. Моделювання роботів із ланками змінної жорсткості за допомогою програмного пакета MATLAB SIMMECHANICS	184
Зайко Т.А., Олійник А. О., Субботін С.О. Методи пошуку асоціативних правил в транзакційних базах даних	186
Поляков М.А., Аскерова Л.А. Нечеткий контроллер для управления электропотреблением на основе состояния силового трансформатора.....	188
Жолдошов Т.М., Кожекова Г.А., Оморов Т.Т. Идентификация состояний нестационарных объектов в информационных системах управления	189
Голдобин А.А. Автоматизированный анализ иерархических и гетерархических систем	192
Мальчева Р.В., Кривошеев С.В. Водолазский Д.С. Разработка подсистемы расчета координат траектории движения судна с использованием технологии NVIDIA CUDA	193
Дмитриева О.А. Генерация операторов перехода для параллельного управления шагом.....	195
Дмитриева О.А., Гуськова В.Г. Параллельное управление шагом при моделировании динамических процессов рудничной аэрологии	197
Гонтарь Н.А. Формализация семантической сервис-ориентированной архитектуры	199
Герасимчук О.О., Олексів Н.А. Актуальність впровадження дисципліни «SOFT SKILLS» для професійної підготовки майбутніх інженерів.....	201
Бахрушин В.Е. Алгоритмы проверки гипотез о нелинейных и дифференциальных статистических связях	203
Антипин А.Ф., Шишкина А.Ф. Способ организации системы распознавания слитной речи	205

Тягунова М.Ю. Определение вычислительной сложности гибридного алгоритма.....	207
Тягунов Д.В. Алгоритм поиска нечетких дубликатов текстов в задачах семантического анализа поисковых запросов	209
Теслюк В.М., Денисюк П.Ю., Теслюк Т.В., Береговський В.В. Програмно-апаратна реалізація нейроконтролера для підсистеми клімат контролю інтелектуального будинку.....	211
Штундер О.М. Застосування інтервального аналізу при ускладненні апроксимуючої функції в задачах наближення із заданою точністю	213
Сердюк С.Н., Григоращенко Н.А. Метод интеллектуальной поддержки диспетчера нефтепроводных систем	215
Миронова Н.О., Дубровин В.И. Метод синтеза моделей принятия групповых решений.....	216
Льовкін В.М. Методи прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності.....	218
Козак О.Л. Опрацювання інформаційного сигналу при застосуванні електро-фізіологічного методу ідентифікації гортанного нерва	220
Кириченко Л.О., Радивилова Т.А., Кайали Э. Управление мультифрактальным трафиком в сети MPLS	222
Скрупский С.Ю. Модификация блочного метода оценки движения в видеопоследовательностях	224
Бойченко О.С., Воротніков В.В. Визначення оптимального маршруту за багатокритеріальним показником якості	226
Shkarupylo V.V. A brief review on model checking method USAGE	227
Хандецький В.С., Григор'єв В.М., Хандецький П.В. Ефективність обміну маршрутною інформацією в ієрархічних структурах OSPF-МЕРЕЖ.....	229
Баркалов А.А., Мирошкин А.Н., Зеленева И.Я., Перкин П.В. Модификация системы адресации микрокоманд в микропрограммном устройстве управления при реализации в базисе FPGA	231
Гусев Б.С., Достлев Ю.С., Краснокутский В.А. Аппаратно-программные средства измерения параметров свето и тепло излучающих объектов	233
Щекотихин О.В. Волоконно-оптическое фотореле для станов горячей прокатки.....	235
Фирсов С.Н. Методы обеспечения активной отказоустойчивости спутниковых систем	236
Лапко В.В., Чередникова О.Ю., Коцогуб Е.В. Математические модели добычных участков угольных шахт как объектов управления.....	238

Ковалев С.А., Цололо С.А., Варавка А.В. Система мониторинга пользовательских потоков данных для USB-накопителей.....	240
Федюкович В.Е. Интерактивные системы с ничтожной ошибкой.....	242
Фандеева Е.А. Оптимизация процесса планирования рекламы в сети Интернет.....	244
Бурмистров С.В., Панаско Е.М. Логический синтез цифровых блоков с использованием каталогов булевых функций	246
Поздняков О.А., Гладкова О.Н., Пархоменко А.В., Цветков О.В. Исследование современных технологий автоматизированного проектирования электронных устройств на микроконтроллерах	248
Пархоменко А.В., Гладкова О.Н., Вершинин Р.А. Разработка информационной технологии проектирования электронных средств с применением PRO/ENGINEER И ALTIUM	250
Бондаревич Д.И. Архитектура корпоративного приложения _{wi} SLA	252
Суровский Е.О. Организация слияния данных	254
4 СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ»	256
Andrii Pukach, Vasyl Teslyuk, Roman Zaharyuk Development of method for measured electric resistance value range determining	256
Andrii Pukach, Vasyl Teslyuk, Pavlo Denysyuk Development of small electric resistance measuring method.....	258
Лазько О.В. Вибір адекватної математичної моделі для моделювання розподілів параметрів компонентів	260
Яшанов І.М., Мусієнко А.О. Моніторинг процесів в системах експлуатації авіаційних радіотехнічних засобів.....	262
Брагина Т.И., Табунщик Г.В. Комбинированный метод прогнозирования рисков	264
Недоступ Л.А., Киселичник М.Д., Заярнюк П.М. Прогнозування квазідетермінованих дрейфів параметрів радіоелектронної апаратури методами квантильних зон	266
Малий О.Ю. Програмне забезпечення автоматизації програмування мікроконтролерів MC-CAD	268
Шило Г.М., Коваленко Д.А., Гапоненко М.П. Програмный комплекс допус-кового проектування INTOL.....	270
Невлюдов И.Ш., Палагин В.А., Разумов-Фризюк Е.А., Жарикова И.В. Технологические особенности изготовления многозондовых подключающих устройств для контроля компонентов BGA/CSP	272
Шило Г.М. Допусковое проектирование радиоэлектронных устройств методом сглаженных вершин	274

Шитикова Е.В., Табунщик Г.В. Метод оценки рисков процесса испытаний сложных технических систем	276
Швец Є.Я., Кісельов Є.М., Сечин А.С. Оптимізація структури піроелектричного датчика випромінювання на основі моделювання розподілу теплових полів	278
Хандецький В.С., Тонкошкур Ю.О. Діагностика електрофізичних властивостей слабопровідних гетерогенних матеріалів у вихорових магнітних полях.....	280
Ughev V.A., Mishkina N.Yu. Command, communication, and telemetry system work modeling for optimal choice of a design decisions.....	282
Огренич Є.В. Проектування радіаторів з оптимальними масогабаритними показниками	284
Сиротюк О.В., Лопатка Ю.А., Арешкин Е.К. , Куляба Т.И. Оптимизация объема герметичных блоков радиоэлектронной аппаратуры.....	286
Соломенцев О.В., Заліський М.Ю. Послідовний підхід до оцінювання коефіцієнта готовності авіаційних радіотехнічних засобів	288
Поляков М.О., Василевский В.В. Статистические модели технологической и контрольной операций технологического процесса изготовления преобразователя.....	290
Точилін С.Д., Краснояружська І.О., Кугатова Д.М. Комп'ютерна система автоматизації фізичного експерименту	291
5 СЕКЦІЯ «БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ».....	294
Беліков Д.В. Схеми електронного цифрового підпису для ідентифікації та аутентифікації мобільних пристроїв. Порівняльна характеристика	294
Беликов Д.В. Некоторые аспекты планирования работ по тестированию безопасности серверов приложений методом «черного ящика».....	297
Верешак М.И., Неласая А.В. Проблемы разработки массивно-параллельных алгоритмов базовых арифметических операций	299
Живко З.Б., Живко М.О., Неласа Г.В. Управління інформаційною безпекою підприємства	301
Антипов И.Е., Тендитник В.А. Анализ свойств слуха с точки зрения интеграции цифровых водяных знаков	303
Каменский А.А., Козина Г.Л. Представление групп КОС для построения криптосистем.....	305

Корольков Р.Ю., Говоров А.О. Защита персональных данных пользователей смартфонов	306
Козіна Г.Л., Нікуліщев Г.І. Дослідження шляхів підвищення захищеності схем цифрового підпису	308
Стрельницкий А.А., Шокало В.М., Ягудина Е.В., Мухаммед К. Абдул-Хуссейн Усовершенствование метода повышения скрытности легитимного канала связи за счет работы под «искусственным шумом».....	310
6 СЕКЦІЯ «ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ МІКРО-ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКИ».....	313
Бабич А.В., Погосов В.В. Одноэлектронное резонансное туннелирование в структуре на металлической квантовой точке.....	313
Буланий М.Ф., Коваленко О.В., Морозов О.С., Омельчук А.Р., Скуратовська О.В. Зміни фізичних властивостей мікрористалів ZnS:Mn при їх диспергуванні	315
Колбунов В.Р., Ивон А.И., Черненко И.М., Куницкий Ю.А. Влияние микроструктуры и фазового состава многокомпонентной стеклокерамики на основе VO ₂ на ее электрические свойства	317
Матюшин В.М., Критська Т.В., Жавжаров С.Л. Вплив середовища вирощування на рекомбінаційні процеси в монокристалічному SI... ..	319
Сніжної Г.В., Бобирь С.В. Дослідження фазових перетворень вуглецевих неочищених нанотрубок магнетометричним методом ...	321
Власенко О.В., Макуха З.М., Шабельник Ю.М., Однодворець Л.В., Проценко І.Ю. Фазовий склад, магніторезистивні та електрофізичні властивості плівкових систем на основі Co і Ag ТА Fe і Ge.....	323
Коротун А.В. Роль квантово-розмірних ефектів у оптичному поглинанні металевого нанокомпозиту	324
Погосов В.В., Коротун А.В., Курбацкий В.П. Инфракрасное оптическое поглощение металлических включений в композитах ...	326
Бабич А.В., Погосов В.В. Энергетические характеристики металл-диэлектрических сандвичей.....	328
Курбацкий В. П. Коэффициент пропускания свинцовых нанопленок в инфракрасной области	330
Критская Т.В., Пашаев И.Г., Абузеров И.А. Влияние различных обработок на свойства контакта кремний – аморфный металлический сплав.....	332

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 621.396

Безрук В.М.¹, Белов Е.Н.², Войтович О.А.², Руднев Г.А.²,
Хлопов Г.И.², Хоменко С.И.²

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ МЕТЕООБЪЕКТОВ

Введение. Для эффективного штормового оповещения с целью обеспечения безопасности полетов авиации, предупреждения градобитий и в других практических приложениях определяющее значение имеет оперативность принятия решения о характеристиках наблюдаемой облачности. При этом, актуальной задачей является автоматизированное радиолокационное распознавание метеообъектов.

При зондировании метеообъектов импульсным радиолокатором последовательность отраженных сигналов имеет междупериодные флуктуации, статистические характеристики которых различаются для разных типов метеообъектов. Настоящая работа посвящена радиолокационному распознаванию метеообъектов для случая, когда междупериодные флуктуации интенсивности отраженных сигналов описываются авторегрессионной (АР) моделью. Приводятся соответствующие алгоритмы распознавания и результаты исследования эффективности автоматизированного распознавания метеообъектов, полученные на реальных отраженных сигналах с помощью созданного радиолокационного измерительного комплекса.

Особенности АР модели сигналов. Вероятностное описание последовательности из L отсчетов флуктуаций интенсивности i -го сигнала с помощью АР модели определяется рекуррентным соотношением

$$x_j^i = \sum_{l=1}^p \phi_l^i x_{j-l}^i + \sigma_a^i a_j, \quad j = \overline{1, L}, \quad \text{где } \phi_l^i, \quad l = \overline{1, p} - \text{коэффициенты авторе-}$$

грессии i -го сигнала; a_j – независимые случайные величины с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией; p – порядок АР модели i -го сигнала; $(\sigma_a^i)^2$ – дисперсия ошибки предсказания.

АР модель представляет случайный сигнал с дискретным временем, который формируется на выходе линейного авторегрессионного

¹ Харьковский национальный университет радиоэлектроники

² Институт радиофизики и электроники НАН Украины

фильтра (АРФ) при подаче на его вход порождающего процесса в виде отсчетов дискретного белого шума a_j с дисперсией $(\sigma_a^i)^2$. Взвешивающие коэффициенты АРФ равны коэффициентам авторегрессии, а число звеньев фильтра – порядку АР модели p . Построение АРФ для i -го сигнала сводится к нахождению параметров АР модели, в частности, значений $p, \phi_l^i, l = \overline{1, p}, (\sigma_a^i)^2$.

Алгоритм распознавания сигналов на основе авторегрессионных фильтров. Предложен ряд алгоритмов распознавания сигналов на базе АР модели [1]. В частности, это алгоритм распознавания по минимуму дисперсии ошибки предсказания на выходе одного из АРФ. В нем предъявляемая последовательностью L отсчетов сигналов $x_l, l = \overline{1, L}$, подается на входы АРФ, параметры которых оценены по обучающим выборкам сигналов, отраженным от заданных метеобъектов. Решение о номере распознаваемого сигнала принимается автоматически по минимуму дисперсии ошибки предсказания, согласно алгоритма $i = \arg \min_{k=1, M} \{D_{a_k}\}$, где D_{a_k} –

дисперсия ошибки предсказания на выходе АРФ k -го сигнала, определя-

емая соотношением $(\sigma_a^i)^2 = \frac{1}{L-p} \sum_{j=p+1}^L \left[X_j^i - \sum_{l=1}^p \phi_l^i X_{j-l}^i \right]^2$. Дисперсия

ошибки предсказания будет минимальна на выходе того АРФ, параметры которого согласованы со статистическими характеристиками распознаваемого сигнала.

Алгоритм распознавания сигналов на основе решетчатых фильтров. Случайные последовательности отсчетов флуктуаций интенсивности сигналов, отраженных от метеобъектов, также могут быть представлены математической моделью, близкой АР модели, и определяемой со-

отношением $x_l^i = -\sum_{l=1}^p K_l^i d_{j-1}^{l-1} + \sigma_j^i a_j$, где d_{j-1}^{l-1} – ошибка обратного

предсказания в l -м звене РФ; K_l^i – коэффициенты отражения РФ. При описании флуктуаций интенсивности отраженных сигналов с помощью такой модели получен алгоритм распознавания типов метеобъектов на основе решетчатых фильтров (РФ) [1]. В нем решение о типе метеобъекта принимается по минимуму ошибки предсказания на выходе одного из

РФ $i = \arg \min_{k=1, \overline{M}} \{D_{a_k}\}$, где D_{a_k} – ошибка предсказания на выходе РФ

фильтра k -го сигнала, определяемая выражением

$$D_{a_i} = \frac{1}{L-p} \sum_{j=p+1}^L \left[x_j^i - \sum_{l=1}^p K_l^i d_{j-1}^{l-1} \right]^2.$$

Предложенные алгоритмы радиолокационного распознавания метеообъектов на основе АРФ и РФ работают в режиме обучения и режиме распознавания. В режиме обучения накапливаются классифицированные обучающие выборки отсчетов отраженных сигналов для заданных метеобъектов. По этим выборкам оцениваются параметры соответствующих АРФ либо РФ из уравнения Юла-Уокера и рекуррентной процедуры Левинсона-Дарбина [1]. В режиме распознавания по отраженным сигналам автоматически принимается решение о принадлежности наблюдаемого метеобъекта согласно предложенным алгоритмам распознавания сигналов.

Результаты экспериментальных исследований радиолокационного распознавания метеобъектов. Для исследования предложенных алгоритмов распознавания метеобъектов использовался радиолокационный измерительный комплекс на основе импульсного некогерентного метеорадара типа МРЛ-1 [2]. Исследования алгоритмов распознавания метеобъектов проводились с использованием выборок реальных отраженных сигналов, полученных с помощью данного измерительного комплекса для различных метеобъектов. В частности, для высоко-кучевых облаков, кучево-дождевых облаков, перьевых облаков, сплошных серых облаков, кучевых мощных облаков, а также оптически ненаблюдаемых метеобъектов в виде «ангел-эхо». В результате исследований методом статистических испытаний на выборках реальных отраженных сигналов получены приемлемые для практики результаты автоматизированного распознавания заданных метеобъектов со средней вероятностью правильного распознавания не менее 0,8.

Список литературы

1. Безрук В.М., Тихонов В.А., Тихонов Д.В. Распознавание случайных сигналов по параметрам их авторегрессионной модели // АСУ и приборы автоматики. – 2001. – Вып.114. – С. 28–32.
2. Белов Е.Н., Войтович О.А., Макулина Т.А., Руднев Г.А., Хлопов Г.И., Хоменко С.И. Аппаратурно – программный комплекс для исследования радиолокационных отражений от метеообразований // Радиофизика и электроника. – 2009. – Т. 14, №1. – С. 63–67.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ И ВРЕМЯ-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ В КОГЕРЕНТНО-ИМПУЛЬСНЫХ РЛС

Наиболее конкурентоспособной среди радиолокационных станций (РЛС) украинского производства на зарубежном рынке вооружений оказалась трехкоординатная РЛС 36Д6. РЛС используется в системах противовоздушной обороны многих стран мира. Основной причиной высокого спроса среди стран-потребителей явилась высокая помехозащищенность в условиях одновременного воздействия активных и пассивных помех.

В настоящее время, в НПК «Искра» разработана и запущена в производство новая когерентно-импульсная РЛС 80К6, которая также имеет спрос на мировом рынке вооружений. Одной из принципиальных особенностей построения последней является использование время-пространственной фильтрации полезных сигналов на фоне помех в отличие от пространственно-временной фильтрации в РЛС 36Д6.

Для принятия решения о возможной модернизации РЛС 36Д6, представляло интерес провести сравнение эффективности систем помехозащиты упомянутых РЛС в условиях воздействия помех.

Оценка эффективности обеих систем проводилась методом моделирования с использованием реальных помеховых сигналов, записанных в полигонных условиях на РЛС 36Д6. Это дало возможность учесть влияние интерференции активных помех на эффективность их подавления при сканировании антенной системы РЛС [1, 2]. Моделирование проведено при различных значениях частоты повторения импульсов (ЧПИ) РЛС 36Д6 и различных темпах обзора (5 и 10 с). Особое внимание при моделировании уделено режимам с межпачечной адаптацией пространственного фильтра (ПФ) РЛС 36Д6, а также особенности адаптации время-пространственного фильтра (ВПФ) с учетом накопления сигналов во временном фильтре. При моделировании обеих систем помехозащиты предполагалось, что амплитудно- и фазо-частотные характеристики каналов приема ПФ идентичны.

¹ канд. техн. наук, доцент кафедры РТТ ЗНТУ

² доктор техн. наук, проф. кафедры РТТ ЗНТУ

³ директор НПК «Искра»

⁴ ст. преподаватель кафедры защиты информации ЗНТУ

В качестве критерия эффективности использован коэффициент подавления активной составляющей комбинированной помехи.

Результаты моделирования в координатах коэффициент подавления K_{Π} – номер доплеровского фильтра n приведены на рис. 1 и 2 для пространственно-временного фильтра (ПВФ) и ВПФ, соответственно. При этом уровень активной шумовой помехи на входах ПФ в обоих случаях задавался равным 30 дБ над уровнем собственных шумов приемных каналов.

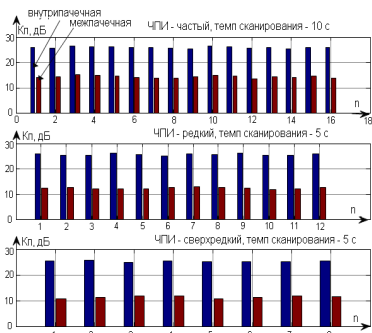


Рис. 1. Коэффициент подавления активной помехи K_{Π} на выходе ПВФ

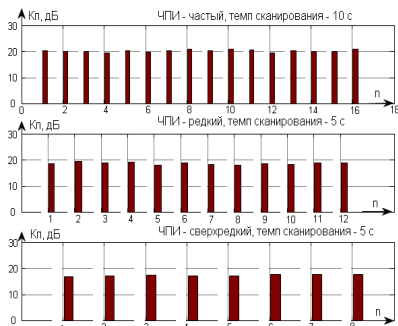


Рис. 2. Коэффициент подавления активной помехи K_{Π} на выходе ВПФ

Из анализа рис. 1 следует, что эффективность ПВФ выше в режиме внутрипачечной адаптации. Это объясняется меньшими межканальными изменениями амплитуд и фаз, возникающими вследствие интерференции помеховых сигналов, при меньших интервалах между самонастройками фильтра. Таким же образом объясняется ухудшение коэффициента подавления при уменьшении ЧПИ в режимах «редкий» и «сверхредкий».

Из сравнения рис. 1 и рис. 2 следует, что эффективность ПВФ при внутрипачечной адаптации выше, чем ВПФ. Однако, ВПФ имеет большую эффективность, чем ПВФ при межпачечной адаптации. Учитывая то обстоятельство, что при обоих способах построения систем помехозащиты весовые коэффициенты ПФ внутри пачки остаются неизменными, возможной причиной увеличения эффективности ВПФ может быть формирование весовых коэффициентов ПФ по усредненным значениям помеховых сигналов в основном и компенсационном каналах приема после преобразования Фурье во временных фильтрах. При проведении дальнейших исследований необходимо подтвердить, либо опровергнуть озвученную гипотезу.

На рис. 3 представлена сравнительная оценка эффективности обеих систем помехозащиты при одновременном воздействии активной шумовой помехи интенсивностью 34 и 40 дБ и пассивной помехи с переменным уровнем. Из рис. 3 следует, что при больших относительных уровнях пассивной помехи ВПФ имеет преимущество перед ПВФ. Это объясняется его адаптацией в частотной области после преобразования Фурье путем выбора фильтрового канала с минимальным уровнем пассивной помехи. Снижение эффективности ПВФ обусловлено межканальной декорреляцией при воздействии пассивной помехи. Однако, при модернизации РЛС 36Д6 возможно применение алгоритмов с выбором интервала адаптации ПФ, на котором пассивная помеха отсутствует. Снижение эффективности ВПФ при радиальной составляющей скорости помех $V_r \neq 0$ объясняется просачиванием пассивной помехи через боковые лепестки АЧХ фильтров при Фурье-преобразовании.

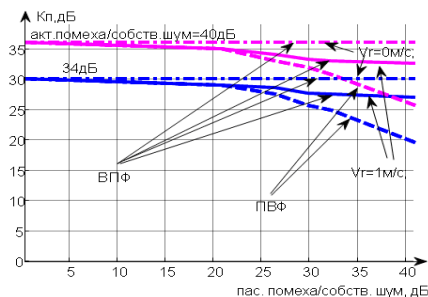


Рис. 3. Зависимость коэффициента подавления активной помехи от уровня пассивной помехи

Список литературы

1. Пиза, Д.М. Особенности адаптации пространственных фильтров при воздействии комбинированных помех [Текст] / Д.М. Пиза, А.П. Залевский // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2005. – №1. – С. 45–48.
2. Создание и исследование алгоритмов пространственно-(поляризационно-) временной обработки сигналов в радиотехнических системах в условиях воздействия комбинированных помех [Текст] : отчет о НИР (заключ.) : ДБ 05813; научн. рук. Пиза Д.М. – ЗНТУ, 2005. – 52 с.

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ СИНТЕЗУ ДІАГНОСТИЧНИХ І РОЗПІЗНАВАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ПРЕЦЕДЕНТАМИ

Для побудови автоматизованих систем технічного діагностування (АСТД) в [1–2] запропоновано комплекс інтелектуальних інформаційних технологій (ІТ) синтезу діагностичних моделей (ДМ) на основі нейро-нечітких мереж (ННМ). З метою підвищення рівня автоматизації технічного діагностування (ТД) при вирішенні практичних завдань розроблено програмні засоби, що реалізують запропоновані ІТ.

Комп'ютерна програма «Автоматизована система синтезу нейро-мережових та нейро-нечітких моделей для неруйнівної діагностики і класифікації образів за ознаками» (свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 35431 від 21.10.10) містить набір функцій, що реалізують запропоновані ІТ синтезу ДМ (з автоматичним налаштуванням параметрів, на основі регулярного розбиття простору ознак, на основі нейро-нечіткої класифікації за узагальненою віссю, на основі ієрархічних логічно прозорих ННМ), а також методи формування вибірок та моделі якості вибірок і ННМ. Схему функціонування комп'ютерної програми зображено на рис. 1.

Розроблену ІТ структурно-параметричного синтезу ДМ на основі стохастичного пошуку реалізовано у комп'ютерних програмах «Автоматизована система еволюційного синтезу та оптимізації діагностичних моделей» (свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 26729 від 01.12.08; реалізує синтез ДМ на основі ННМ та еволюційних методів стохастичного пошуку) та «Багатоагентна система побудови й оптимізації прецедентно-орієнтованих моделей для підтримки прийняття рішень» (свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 26730 від 01.12.08; реалізує синтез ДМ на основі ННМ і мультиагентного стохастичного пошуку).

Розроблене програмне забезпечення дозволяє у комплексі вирішувати завдання автоматизації обробки, скорочення розмірності й аналізу діагностичних даних, а також побудови АСТД на основі ННМ та стохастичного пошуку і може бути рекомендоване до використання у промисловості для автоматизації ТД та неруйнівного контролю якості продукції на виробництві та у період експлуатації, а також у науково-дослідній і навчальній роботі для вирішення завдань побудови ДМ.

¹ канд. техн. наук, докторант кафедри радіотехніки і телекомунікацій ЗНТУ

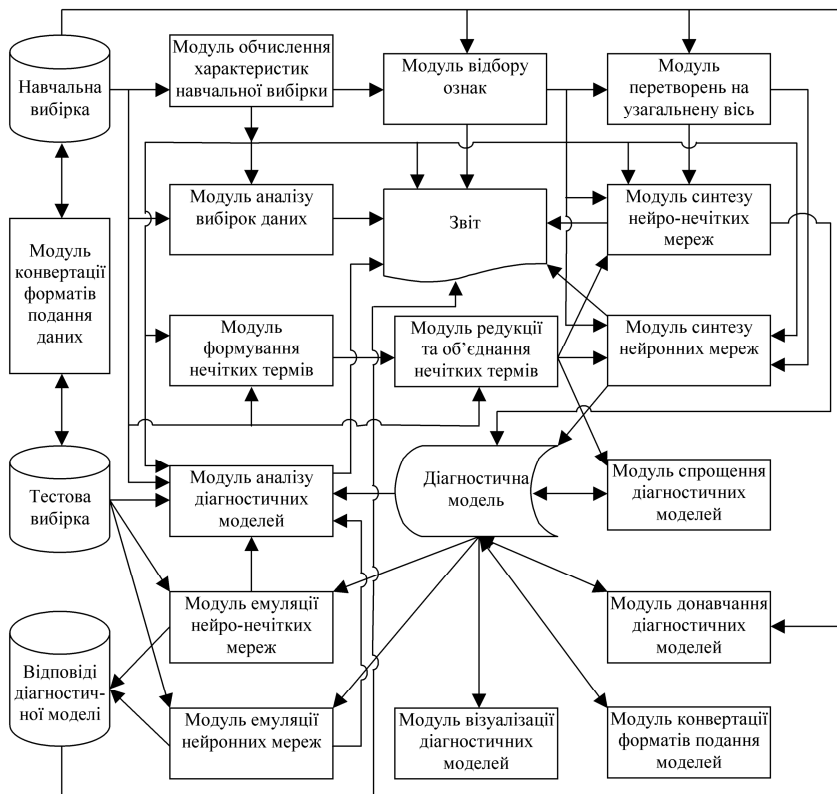


Рис. 1. Схема функціонування комп'ютерної програми

«Автоматизована система синтезу нейромережевих та нейро-нечітких моделей для неруйнівної діагностики і класифікації образів за ознаками».

Список литературы

1. Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов : монография / С. А. Субботин, Ан. А. Олейник, Е. А. Гофман, С. А. Зайцев, Ал. А. Олейник ; под ред. С. А. Субботина. – Харьков : Компания СМІТ, 2012. – 318 с.
2. Субботін С. О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей : монографія / С. О. Субботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник ; під заг. ред. С. О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ОТВОДНОГО КАНАЛА НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ВЕДОМСТВЕННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Современный этап развития цифровых систем передачи информации (ЦСПИ) связан с технологическим прорывом в области микроэлектроники и глобальной интеграцией различных технологий, как по назначению, так и по принципу действия. При создании интегрированных производительных ведомственных систем связи (ВСС), одним из основных требований предъявляемым к ЦСПИ является обеспечение защищенности каналов связи. Решение этой задачи необходимо искать не только на информационном, но и на физическом уровне модели взаимодействия открытых систем (*OSI*).

В докладе основное внимание уделено развитию концепции отводного канала и вопросам оценки защищенности каналов связи на физическом уровне для случая современных *SISO* и *MIMO* беспроводных (*Wi-Fi*, *WiMAX*, *LTE*), проводных (*xDSL*) и интегрированных ЦСПИ с целью создания современных методов анализа и технических средств построения защищенных систем связи (рис. 1.).

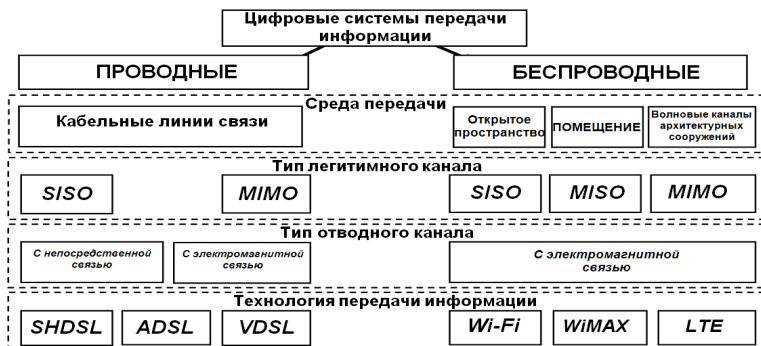


Рис. 1. Классификация ЦСПИ с отводными каналами

Предложенная еще в 1975 г. А. Вайнером модель отводного канала (ОК), учитывающая наличие шума в канале связи, является одним из со-

¹ д.т.н., с.н.с., профессор кафедры ОПТ, ХНУРЕ

² д.т.н., профессор, зав. кафедры ОПТ, ХНУРЕ

временных направлений развития теории и практики построения защищенных систем связи на физическом уровне модели *OSI*.

Применение в современных системах связи эффективных методов помехоустойчивого кодирования, многоуровневых видов модуляции, широкополосных сигналов, различных технологий расширения спектра, *MIMO* технологий и методов адаптации к каналу связи приводит к повышению неопределенности в оценке принимаемого сигнала и ошибок в отводном канале, а значит, к повышению защищенности основного канала связи. Важную роль в повышении производительности легитимного канала связи и неопределенности в отводном канале играют также процессы распространения сигнала и связанные с этим эффекты (многолучевое распространение, отражение сигналов, дифракция, волновые процессы в архитектурных сооружениях и т.п.), учет которых позволяет существенно повысить защищенность канала связи [1].

При проведении исследований использовался универсальный критерий оценки защищенности мультимедийных ЦСПИ при наличии ОК – вероятность битовой *BER* и пакетной *PER* ошибок в легитимном и отводном каналах. Для определения характеристик *BER* и *PER* в работе предложен новый подход, основанный на представлении физического уровня ВСС с отводными каналами независимо от структуры канала и технологии передачи информации в виде электродинамической многополюсной системы, что позволило описать функционирование ЦСПИ, отводного канала и их взаимодействия матрицей рассеяния общего многополюсника. Это дало возможность существенно расширить круг разновидностей ЦСПИ и ОК, для которых можно провести анализ за счет единообразия формализации описания функционирования различных по физическому принципу работы систем связи.

Опираясь на представленную концепцию разработаны модели для *SISO* и *MIMO* беспроводных ЦСПИ с широкополосными сигналами (ШПС) при наличии ОК, учитывающие влияние на помехоустойчивость и скрытность систем связи размеров и расположения апертур антенн, рассеивателей в легитимном и отводном каналах, а также условий распространения радиоволн. Особенностью предложенных моделей является то, что используя их можно проводить анализ, как скрытности, так и помехозащищенности канала связи от преднамеренных действий нарушителя. Кроме того, для случая ШПС с большой базой, предложены новые алгоритмы потоковой обработки и синхронизации сигналов, что позволяет решить задачу создания портативных защищенных средств связи на базе программно-аппаратных платформ нового поколения.

С помощью разработанных моделей и алгоритмов проведены численные исследования, которые в сочетании с натурными экспериментами дали возможность выявить новые закономерности функционирования беспроводных ЦСПИ. Так, например, результаты измерений затуханий в *Wi-Fi* каналах и сравнение их расчетами по собственным моделям и по модели *COST NATA 231* показало целесообразность применения для практики построения защищенных ЦСПИ предложенных моделей распространения радиоволн (РРВ). Также получены новые данные о возможностях адаптации ЦСПИ с технологией *WiMAX* по поддержанию постоянной скорости передачи информации и выявлен эффект доминирующего механизма волновых каналов архитектурных сооружений (ВКАС) по сравнению с механизмом дифракции РРВ в городах с малоэтажной застройкой. Было показано, что известная идея применения пространственных фильтров на подавление преднамеренных помех может быть использована для подавления помех отводного канала в ЦСПИ с технологиями *Wi-Fi* и *WiMAX* при передаче мультимедийной информации.

Для проводных цифровых технологий передачи информации с единых позиций теории антенн в полупроводящих средах впервые созданы модели отводных каналов с электромагнитной связью для прогнозирования защищенности различных участков кабельных линий связи ВСС. От известных эти модели отличаются возможностью расчета характеристик защищенности от частоты и угловых координат, как в режиме излучения, так и в режиме приема электромагнитного излучения. Кроме того, развита модель отводного канала с непосредственной связью, учитывающая особенности различных *xDSL* технологий. С помощью предложенных моделей и алгоритмов проведены численные исследования, которые вместе с натурными экспериментами дали возможность выявить новые закономерности функционирования проводных ЦСПИ. Были предложены технические решения для повышения помехозащищенности и скрытности проводных сегментов мультимедийных ВСС.

Результаты работы внедрены при разработке и создании ВСС Центра обслуживания вызовов службы «102» ГУМВД г. Харькова.

Список литературы

1. Методы прогнозирования защищенности ведомственных систем связи на основе концепции отводного канала. / Под. ред. А. И. Цопы, В. М. Шокало. – Харьков: КП «Городская типография», 2011. – 502 с.

1 СЕКЦІЯ «РАДІОТЕХНІЧНІ, РАДІОЛОКАЦІЙНІ І НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ»

УДК 621.372.852.1

Карпуков Л.М.¹, Корольков Р.Ю.², Клочко В.В.²

МЕТОДИКА СИНТЕЗА МИКРОВОЛНОВЫХ ШЛЕЙФОВЫХ ФИЛЬТРОВ С НУЛЯМИ У ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ

В настоящей работе рассматривается методика синтеза узкополосных полосовых фильтров, структура которых симметрична и составлена из следующих базовых элементов: отрезка линии передачи; разомкнутого шлейфа на одиночной линии и разомкнутого двухсекционного шлейфа, образованного из двух отрезков линий. Нули передаточной функции $\hat{S}_{21} = \hat{A}_{21} / \hat{B}$ фильтра определяются параметрами двухсекционного шлейфа, свойства которого описываются соотношениями:

$$M(\theta) = [\cos(\theta)^2 - \cos(\theta_0)^2] \mathbb{P} \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} + \frac{j \sin(2\theta)}{2\rho_{D1}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$A_{21} = \cos(\theta)^2 - \cos(\theta_0)^2, \quad (2)$$

где θ_0 – угол, определяющий нуль передаточной функции.

Соотношения вида (1), (2) для отрезка линии и обычного шлейфа приведены в [1]. Матрица рассеяния всего фильтра вычисляется перемножением матриц M и коэффициентов A_{21} звеньев фильтра.

Для примера рассмотрен синтез фильтра со структурой на рис. 1.

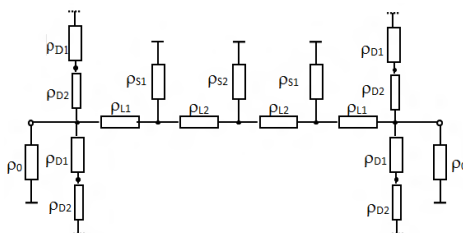


Рис. 1. Структура фильтра

Процедура синтеза включает в себя следующие этапы: составление функции фильтрации по выбранной структуре фильтра и параметрам ис-

¹ д-р техн. наук, проф. кафедры ЗИ, ЗНТУ

² ст. преп. кафедры ЗИ, ЗНТУ

пользованной элементной базы; нахождение по функции фильтрации числителей и знаменателя параметров рассеяния фильтра, удовлетворяющих условию физической реализуемости; определение волновых сопротивлений шлейфов и отрезков линий по параметрам рассеяния фильтра.

В процессе синтеза получена следующая функция фильтрации:

$$F(\theta) = \frac{\hat{A}_{11}(\theta)}{\hat{A}_{21}(\theta)} = \frac{j a_0 \cos(\theta) \sin(\theta)^2 \prod_{k=0}^3 [\cos(\theta)^2 - \beta_k]}{[\cos(\theta)^2 - \cos(\theta_0)^2]^2 \sin(\theta)^3}, \quad (3)$$

где $\beta = 1.488, 1.437, 0.490 + j0.295, 0.490 - j0.295$, $a_0 = 960$.

Действительные корни обеспечивают равноволновую характеристику в полосе пропускания, комплексно-сопряженные – $S_{11}(\theta_0) = -1$ при $\theta_0 = 1.142$. На рис. 2 представлена частотная зависимость $L_{21}(\theta) = 20 \log |S_{21}(\theta)|$ реализованного фильтра.

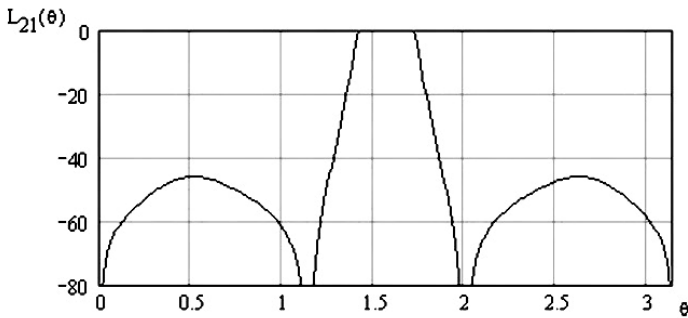


Рис. 2. Частотная зависимость рабочего затухания фильтра с нормированными к ρ_0 параметрами: $\rho_{D1} = 1.953$, $\rho_{L1} = 1.772$, $\rho_{S1} = 0.470$, $\rho_{L2} = 2.1213$, $\rho_{S2} = 0.125$

Список литературы

1. Карпуков Л.М. Метод синтеза микроволновых полосно-пропускающих фильтров с короткозамкнутыми четвертьволновыми шлейфами //Л.М.Карпуков, Р.Ю. Корольков // Радиоэлектроника, информатика, связь. – 2010. – №1. – С. 27–31.

МЕТОД КОРЕКЦІЇ ПОЛОЖЕННЯ ІМПУЛЬСІВ У ДВОРІВНЕВИХ ЦИФРОВИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИНТЕЗАТОРАХ ЧАСТОТИ

У роботі [2] висвітлено метод зменшення відхилення вихідних імпульсів акумулятора фази від деякого середнього положення, за допомогою спеціальних складних схем інтерполяторів. Принцип роботи методу заснований на ідеї, що інтеграл аналогово-цифрового перетворювача, на вхід якого потрапляє сигнал з фазового акумулятора, зростає за пилокоподібним законом доки зростає значення приросту фази на виході фазового акумулятора. Це означає, що перетинання між зростаючими сегментами інтегралу та деяким базовим рівнем постійного струму є еквідистантними. Таким чином, може бути застосований компаратор для рівномірного розподілення вихідних імпульсів синтезатора, чіс положення точно збігається з частотою повторення носійних імпульсів. Важливою перевагою такого синтезатора є відсутність постійного запам'ятовуючого пристрою, який є обов'язковим елементом класичного DDS синтезатора. Хоча така ідея знаходить своє застосування у техніці синтезу, проте метод характеризується низькою швидкістю та зменшується максимально можлива синтезована частота. В пропонованій роботі розглянуто метод формування дворівневого синтезованого сигналу із корекцією кожного вихідного імпульсу фазового акумулятора відносно опорної частоти, що дасть можливість підняти максимальну синтезовану частоту і зменшити фазові шуми синтезатора. Акумулятор фази складається з паралельного суматора і паралельного регістра. Елемент І (AND) перетворює імпульси переносу, що не повертаються до нульового рівня на імпульси з поверненням до нульового рівня. Акумулятор виконує для кожного тактового імпульсу k додавання за модулем M вхідного коду N та попереднього результату підсумовування ($M = 2^m$, де m – розрядність суматора). Поки N є дільником M , вихідна імпульсна послідовність є нерегулярною. Ця нерегулярність може бути чисельно описана в термінах відхилення положення імпульсу. Це число визначається як інтервал між ідеальним положенням імпульсу і його реальним положенням t_i . Ідеальне положення i -го вихідного імпульсу в i -му часовому інтервалі, а середній міжімпульсний інтервал $T_{cp} = 1/f_0 = M/NT_{clk}$. Відхилення положення імпульсу може бути описане як

¹ доцент, Хмельницький національний університет

$$\varepsilon_i = iT_{cp} - t_i = (i \frac{M}{N} - \theta(i))T_{clk}, \quad (1)$$

де $\theta(i)$ безрозмірний коефіцієнт положення імпульсу, що визначається на тактовому інтервалі.

З виразу (1) шляхом нескладних математичних перетворень можна визначити необхідну затримку для того, щоб вихідна імпульсна послідовність наблизилась до ідеальної.

На основі вище викладеного методу запропонуємо функціональну схему синтезатора (рис. 1) з корекцією положення імпульсу.

Кожен імпульс переносу розпочинає процес інтегрування коду частоти N , який перетворюється на аналогову форму у ЦАП 2. Вихід інтегратора порівнюється із аналоговим поданням $N - a_{\theta(i)}$.

$$\frac{1}{T_{clk}} \int_0^t N d\tau = N - a_{\theta(i)}. \quad (2)$$

В момент порівняння ми отримуємо час, який необхідний для затримки імпульсу для досягнення ідеального положення – $t = \varepsilon'_i(N)$

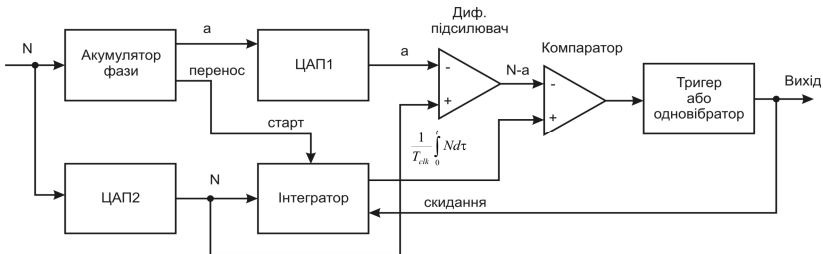


Рис.1. Функціональна схема пропонованого дворівневого синтезатора

Розглянуто принципи організації високошвидкісних дворівневих цифрових синтезаторів частоти із покращеними спектральними характеристиками. Розроблено математичну модель виникнення похибок часового положення імпульсів синтезованих імпульсних послідовностей. Запропоновано новий метод формування дворівневого сигналу з корекцією положення імпульсу, що дасть можливість значно покращити спектральний склад синтезованого сигналу. Запропоновано функціональну схему синтезатора, яка може бути застосована для реалізації практичних схем дворівневих синтезаторів частот.

Список літератури

1. Манасевич В., Синтезаторы частот. Теория и проектирование: Пер. с англ. /Под ред. А.С. Галина. – М.: Связь, 1979.
2. Yuanwang Yang, Jingye Cai A Novel DDS Structure with Low Phase Noise and spurs/ Yuanwang Yang // UESTC, Chengdu. – 2011.

УДК 621.396

Лизунов С.И.¹, Лизунов Д.С.²

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ДИСКРЕТНЫХ ФИЛЬТРОВ

Известно, что при аппроксимации передаточных функций дискретных фильтров с линейными фазочастотными характеристиками хорошие результаты могут быть получены, если в качестве аналогового прототипа использовать эллиптические фильтры или фильтры Чебышева с фазовыми корректорами. Однако авторами получены удовлетворительные результаты при использовании в качестве прототипов фильтров с монотонными частотными характеристиками (АЧХ и ГВЗ) в полосе пропускания (Бесселя, Баттерворта, инверсных Чебышева)[1]. При необходимости коррекции АЧХ и(или) ФЧХ полученного фильтра, можно применить амплитудно-фазовый корректор (АФК)[2].

Для оптимизации характеристик полученных дискретных фильтров и автоматизации процесса проектирования авторы разработали простой и проверенный на практике алгоритм.

Шаг 1. Задаются: частота дискретизации f_d , граничная частота полосы пропускания f_n , требуемая компенсация амплитуды на этой частоте, значение затухания фильтра на средней частоте полосы пропускания ($f_n / 2$ – для ФНЧ или $(f_d - f_n) / 2$ – для ФВЧ), а также начальные пределы изменения параметров типовых частотных характеристик АФК [2]: f_0 – от частоты задерживания до $f_d / 2$ для ФНЧ и от 0 до f_z для ФВЧ; H_0 – от 0 дБ до величины запаса по затуханию в полосе задерживания. Определяются средние для этих пределов величины f_0 и H_0 .

Шаг 2. Находятся коэффициенты передаточной функции корректора и рассчитывается величина компенсации амплитуды, создаваемая корректором на частоте f_n [2]. Если эта величина больше требуемой, то уменьшается значение H_0 и наоборот. При этом одновременно сужаем

¹ к.т.н., доцент кафедры защиты информации ЗНТУ

² студент факультета радиоэлектроники и телекоммуникаций ЗНТУ

диапазон изменения H_0 в требуемую сторону. Вновь рассчитывается компенсация в этой же точке. Расчет продолжаем до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность.

Шаг 3. Определяется компенсация амплитуды на средней частоте полосы пропускания. Если она велика, то частота f_0 отодвигается дальше от f_s по оси частот и наоборот. Сужаем диапазон изменения f_0 . Этот цикл также повторяется до получения требуемой точности.

Шаг 4. Если диапазоны изменения H_0 и f_0 больше заданной величины, то переходим к шагу 2.

Так как амплитудные характеристики фильтра и корректора моно-тонны в требуемом интервале частот (т.е. в полосе пропускания фильтра), то для получения требуемой кривизны АЧХ корректора в этом диапазоне достаточно вести расчет лишь на трех частотах: 0, $f_n / 2$, f_n – для ФНЧ и $f_d / 2$, $(f_d - f_n) / 2$, f_n – для ФВЧ.

Кроме того, нормированный по амплитуде дискретный фильтр имеет затухание 0 дБ на частоте $f_d / 2$ (ФВЧ) или нулевой частоте (ФНЧ). Корректор, при определенных условиях [2], также всегда имеет 0 дБ на этих частотах. На основании этих соображений расчет можно вести только на двух частотах.

Если оказалось невозможным получить требуемую компенсацию на частоте f_n , то необходимо повысить порядок передаточной функции фильтра с целью увеличения запаса по затуханию в полосе задерживания и повторить расчет корректора.

Если требуется рассчитать АФК из условия получения максимально возможной компенсации неравномерности ГВЗ, то по алгоритму, аналогичному описанному выше, находится требуемая компенсация неравномерности ГВЗ. Затем определяется полученная компенсация АЧХ.

Список литературы

1. Лизунов С.И., Лизунов Д.С. Синтез передаточных функций дискретных фильтров с линейными ФЧХ. Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (22–24 вересня 2010 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010, с. 58–60.
2. Лизунов С.И. Синтез передаточных функций амплитудно-фазовых корректоров дискретных фильтров. Тиждень науки – 2011 : зб. тез доп. щоріч. наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів, студентів ЗНТУ (Запоріжжя, 11–15 квіт. 2011 р.). В 4 т. Т. 1 /відп. ред. Ю. М. Внуков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – С. 381–382.

ВЫБОР АНАЛОГОВОГО ФИЛЬТРА-ПРОТОТИПА ДЛЯ СИНТЕЗА ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ

Современные системы передачи и защиты информации немыслимы без цифровой обработки и фильтрации сигналов. Обычно в процессе синтеза передаточных функций таких фильтров используют аналоговые фильтры-прототипы, а затем производят их билинейное преобразование в дискретный фильтр. Результаты такого синтеза (качественные показатели фильтра, его порядок) во многом определяются выбранным прототипом.

Обычно в качестве прототипов используют эллиптические фильтры или фильтры Чебышева с фазовыми корректорами. При этом, как правило, производится последующая оптимизация коэффициентов передаточной функции. Это позволяет получить фильтры с крутыми скатами амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) в переходной полосе при низких порядках передаточных функций. Однако такой подход имеет и ряд недостатков. Неравномерность АЧХ во всей полосе пропускания одинакова, так как характеристики равноволновые. Характеристики группового времени запаздывания (ГВЗ) не монотонны в полосе пропускания. Это приводит к существенным искажениям обрабатываемого сигнала. По этим причинам амплитудные и фазовые корректоры получаются громоздкими, а среднее ГВЗ велико, что в ряде случаев играет важную роль.

В результате, выигрыш в порядке передаточной функции за счет крутизны скатов АЧХ эллиптических фильтров теряется из-за необходимости применения фазовых корректоров высоких порядков.

Удовлетворительные результаты могут быть получены при использовании в качестве прототипов фильтров с монотонными частотными характеристиками (АЧХ и ГВЗ) в полосе пропускания (Бесселя, Баттерворта, инверсных Чебышева). Неравномерность АЧХ у таких фильтров максимальна лишь на границе полосы пропускания и существенно меньше на центральных частотах, но скаты АЧХ в переходной полосе более пологие, чем у эллиптических фильтров.

Повысить крутизну скатов АЧХ фильтров Бесселя и Баттерворта можно введением в передаточную функцию полюсов затухания в полосе задерживания. При этом фильтр сохраняет монотонные частотные характеристики в полосе пропускания. Сравнительные характеристики дис-

¹ студент факультета радиоэлектроники и телекоммуникаций ЗНТУ

кретных ФНЧ, полученных из аналоговых с помощью билинейного преобразования, даны на рис. 1 и рис. 2.

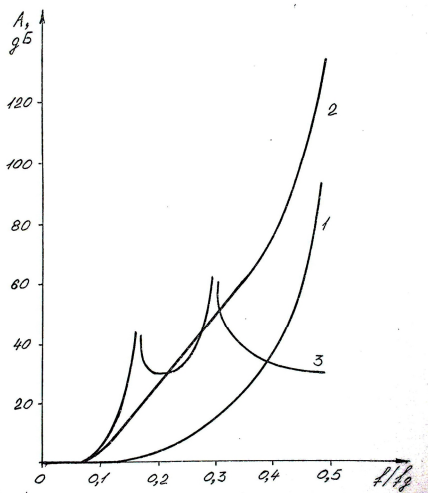


Рис. 1. Характеристики затухания дискретных фильтров 4-го порядка, преобразованных из аналоговых относительно $f/f_d = 0,1$

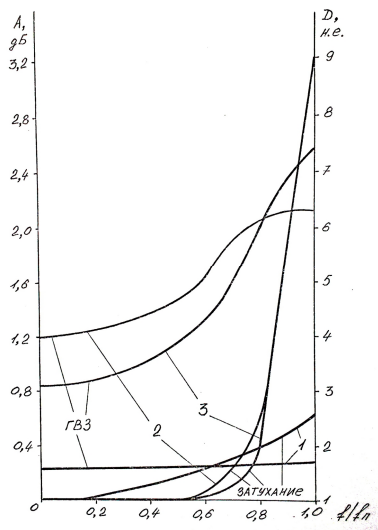


Рис. 2. Частотные характеристики дискретных фильтров 4-го порядка в полосе пропускания

На этих рисунках представлены ФНЧ: 1 – Бесселя, 2 – Баттерворта, 3 – инверсный Чебышева; A – затухание, f_d – частота дискретизации, F_p – граничная частота полосы пропускания, D – нормированное ГВЗ.

Кроме того, оптимизацию коэффициентов передаточной функции таких фильтров можно проводить лишь для трех точек АЧХ (на краях полосы пропускания и на центральной частоте этой полосы), что существенно повышает надежность и скорость процесса оптимизации.

ФУНКЦІЯ ВЗАЄМНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ ЛЧМ СИГНАЛУ З УРАХУВАННЯМ ЕФЕКТУ ДОПЛЕРА

У сучасних радіолокаційних системах широко використовуються сигнали з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ), які за великої тривалості зондувальних сигналів забезпечують високе розділення за дальністю за рахунок їх стиснення. Збільшення величини бази ЛЧМ сигналу, що використовується у радіолокаційній системі, підвищує її потенційні інформаційні можливості – кількість, точність, детальність, достовірність радіолокаційної інформації, тощо. Традиційна моноімпульсна радіолокація ЛЧМ сигналами виникає невизначеність «дальність-швидкість» цілей. Для вирішення проблеми невизначеності «дальність-швидкість» цілей у роботі [1] запропоновано алгоритм оцінки дальності за методом максимальної правдоподібності на основі лінійної фільтрації одиничних зміщених (через ефект Доплера) вимірів дальності з побудовою траєкторії польоту цілі на основі поліноміальної моделі. Автор роботи [2] пропонує вагове обробку у часовій та частотній областях для зменшення енергетичних втрат і зниження рівня бічних пелюсток (зумовлених доплерівським зміщенням частоти) автокореляційної функції ЛЧМ сигналу. У роботі [3] розглядаються, зокрема, функції неузгодженості для ЛЧМ сигналів обмеженої бази у вудвордському наближенні та узагальнення їх на ЛЧМ сигнали з дуже великою базою. Особливістю відомих робіт [1–3 та ін.] є те, що ефект Доплера враховується як просте зміщення усіх частот ЛЧМ зондувального сигналу. Таке наближення призводить до того, що при використанні ЛЧМ сигналів з великою базою не враховується спотворення модулюючої функції (швидкість зміни частоти, параметр модуляції) зондувального ЛЧМ сигналу, що зумовлене ефектом Доплера.

Методами математичного аналізу з використанням заміни змінних, інтегралів Френеля та прийнятих припущень отримана функція взаємної кореляції імпульсного ЛЧМ радіолокаційного луна-сигналу з урахуванням впливу ефекту Доплера на зміщення частоти й параметра модуляції та описано її тіло невизначеності.

За допомогою прикладних програм «Maple» побудоване аксонометричне зображення тіла невизначеності функції взаємної кореляції прий-

¹к.т.н., пров.наук.співр. відділу військової частини, м. Житомир

²к.т.н., доц. каф. математики Житомирського національного агроекологічного університету

нятого ЛЧМ сигналу з урахуванням ефекту Доплера та його переріз уздовж гребеня. Показано, що врахування спотворення (зумовленого ефектом Доплера) швидкості зміни частоти ЛЧМ сигналу, який відбивається від рухомої цілі, дає математичну залежність розрізнявальної здатності за радіальною швидкістю від бази ЛЧМ сигналу: зростання бази ЛЧМ сигналу призводить до покращання розрізнявальної здатності за радіальною швидкістю.

Як приклад, розрахована розрізнявальна здатність за радіальною швидкістю багатофункціональної РЛС AN/FPS-108 американської системи контролю космічного простору, у якій використовується ЛЧМ зондувальний сигнал з початковою частотою 1200 МГц, дев'яцією частоти 200 МГц й тривалістю 1,5 мс. Розрахована розрізнявальна здатність становить 860 м/с, що є інформативним для радіолокаційної оцінки радіальної швидкості космічних об'єктів.

Висновки:

1. Отримана функція взаємної кореляції імпульсного ЛЧМ радіолокаційного ехо-сигналу з урахуванням впливу ефекту Доплера на швидкість зміни його частоти й побудовано її тіло невизначеності.

2. Показано, що повне врахування доплерівського ефекту на радіолокаційний ЛЧМ сигнал створює можливість зменшення невизначеності «дальність-швидкість» й суттєвого підвищення розрізнявальної здатності РЛС за радіальною швидкістю цілей. Розрізнявальна здатність за радіальною швидкістю цілей моноімпульсної РЛС із ЛЧМ зондувальним сигналом обернено пропорційна базі цього сигналу.

3. При значеннях бази ЛЧМ сигналу більше 10^5 виникає практична можливість моноімпульсного оцінювання дальності радіолокаційних цілей за часом затримки стиснутого ЛЧМ сигналу й радіальної швидкості за величиною зміни його параметра модуляції.

Список літератури

1. Волочков Е.Б. Измерение дальности ЛЧМ сигналом при неизвестной доплеровской частоте / Е.Б. Волочков // Радиотехника. – 1991. – № 11. – С. 17–19.
2. Трухачев А.А. Радиолокационные сигналы и их применение / А.А. Трухачев. – М.: Воениздат, 2005. – 320 с.
3. Радиоэлектронные системы : Основы построения и теория. Справочник / Под ред. Я.Д. Ширмана. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕЙВЛЕТА

Вейвлет-анализ является на сегодняшний день одной из самых перспективных технологий анализа данных. Его инструменты находят применение в самых различных сферах интеллектуальной деятельности.

Вейвлетное преобразование (ВП) сигналов является обобщением спектрального анализа, типичный представитель которого классическое преобразование Фурье. Получить набор вейвлет-коэффициентов, применяя дискретное ВП быстрее, и оно дает достаточно точное представление о сигнале при меньшем объеме получаемых результате преобразования данных; непрерывное ВП требует больших вычислительных затрат, но позволяет детальнее рассмотреть структуру сигнала [1–2].

Вейвлет-фильтры позволяют не только бороться с шумами, но и извлекать требуемые компоненты сигнала. Поскольку вейвлеты обладают хорошей частотно-временной адаптацией, они могут служить удобным инструментом для исследования частотных характеристик сигнала [3–4].

В работе [5] для построения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) вейвлета было предложено на основном диапазоне частот построить зависимость отношений среднеквадратических значений восстановленного и исходного сигнала от частоты.

Данный подход применим только для вейвлет-семейств, имеющих скейлинг-функцию, наличие которой является необходимым условием для восстановления сигнала [1]. Поэтому для снятия выше приведенного ограничения, автором предложено исследовать чувствительность вейвлет-коэффициентов от частоты.

При построении АЧХ вейвлета сначала выполняется прямое вейвлет-преобразование. Исходным сигналом при этом служит синусоида фиксированной амплитуды. После этого вычисляется отношение среднеквадратичных значений коэффициентов разложения и исходного сигнала. Процедура повторяется для различных частот в заданном интервале (от 0 Гц до частоты Найквиста) [4].

Для каждого лепестка АЧХ определены следующие параметры: начальная, конечная и центральные частоты, ширина лепестка, частоты полосы пропускания, ширина полосы пропускания, среднеквадратические

¹ к.т.н., зав. каф. ПЗ ЗНТУ

² студ. каф. ПЗ ЗНТУ

отклонения вейвлет-коэффициентов к исходному сигналу для каждого из выше перечисленных параметров.

Для определения оптимального вейвлета из заданного вейвлет-семейства использовались следующие параметры АЧХ: ширина полосы пропускания (L), площадь боковых лепестков (S), близость центральной частоты вейвлета к исследуемой частоте сигнала (dFr). Тогда оптимальный вейвлет будет определен следующим образом:

$$F(L, S, dFr) \rightarrow \min.$$

Автором были исследованы следующие вейвлет-семейства: Добеши, Симлеты, Койфлеты, биортогональные и дуально биортогональные вейвлеты, Мейера, Гауссовы вейвлеты, вейвлет Мексиканская шляпа, Морле, Хаара. Выявлены характерные черты по каждому вейвлет-семейству.

Авторами разработан программный продукт в среде MATLAB, который позволяет определить оптимальный вейвлет для исследуемой частоты сигнала по каждому вейвлет-семейству, на основе исследования его амплитудно-частотной характеристики. Входные параметры для работы программы: базовая частота сигнала, частота дискретизации, шаг и имя вейвлета или целого отдельного вейвлет-семейства. Также возможно задание шкалы измерения: линейная или логарифмическая. Выходные данные программы: графический файл, который содержит построенную АЧХ вейвлета, текстовый файл, содержащий параметры АЧХ вейвлета по каждому лепестку (начальная, центральная и конечная частоты лепестка, его ширина, среднеквадратическое отношение вейвлет-коэффициентов к центральной частоте), представленный в виде таблицы.

Список литературы

1. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н.К. Смоленцев. – М.: ДМК, 2008. – 448 с.
2. Воробьев В.И. Теория и практика вейвлет-преобразования / В.И. Воробьев, В.Г. Грибунин. – СПб.: ВУС, 1999. – 204 с.
3. Филиппский Ю.К. Сравнительный анализ частотно-временных методов обработки сигналов / Ю.К. Филиппский, А.Р. Агаджанян // Труды Одесского политехнического университета. – 2009. – № 1. – С. 175–179.
4. Карр Дж. Карманный справочник радиоинженера / Дж. Карр, Д. Джон. – М.: Додэка XXI, 2002. – 544 с.
5. Шитов А.Б. Разработка численных методов и программ, связанных с применением вейвлет-анализа для моделирования и обработки экспериментальных данных: дис. канд. техн. наук: 05.13.08 / А.Б. Шитов. – Иваново, 2001. – 125.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛОСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ СО СЛОЕМ МЕТАМАТЕРИАЛА

В последние годы ведутся интенсивные исследования искусственных материалов – так называемых метаматериалов, свойствами которых можно управлять. Структуры известных к настоящему времени метаматериалов представляют собой комбинации металлических или диэлектрических элементов различной формы, периодически расположенных в свободном пространстве. Изменяя материал, размеры, форму и расположение элементов можно в достаточно широких пределах изменять электрофизические параметры таких сред. Большой интерес, в частности, представляет использование метаматериалов в качестве частотно избирательных структур, на основе которых создаются поглощающие, отражающие или отклоняющие покрытия.

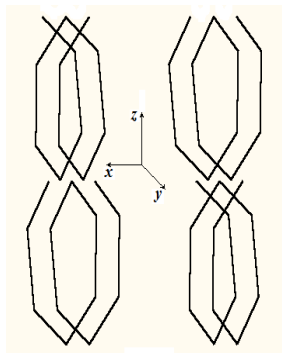


Рис. 1

В настоящей работе представлены результаты численного моделирования взаимодействия плоской электромагнитной волны со слоем метаматериала, построенного из спиралей разнонаправленной намотки (рис. 1), который, в зависимости от частоты, полностью отражает, пропускает или отклоняет падающую волну. Моделирование проводилось с помощью программы, разработанной на основе интегрального уравнения Поклингтона для анализа проволочных структур. На рис. 1 показан фрагмент моделируемой структуры и используемая система координат.

При моделировании использовались следующие параметры структуры: диаметр спирали 9 мм, период решетки (вдоль оси X) – 10 мм. Спираль имеет 2 витка, расстояние между витками – 0,16 мм, диаметр проводника – 0,2 мм. Каждый виток спирали аппроксимировался 6 прямолинейными сегментами. Исследуемая структура располагалась в плоскости XOZ и возбуждалась волной, распространяющейся вдоль оси Y с электрическим полем, поляризованным вдоль оси Z.

¹ к.ф.-м.н., доц. каф. ЗИ, ЗНТУ

² к.т.н., доц. каф. РТТ, ЗНТУ

Диаграмма направленности (ДН) слоя метаматериала в режиме полного отражения, которому соответствует частота $f=2$ ГГц, показана на рис. 2. На частоте $f=2,8$ ГГц электромагнитная волна без отражения проходит сквозь слой; ДН для этого случая показана на рис. 3.

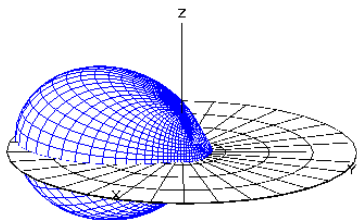


Рис. 2

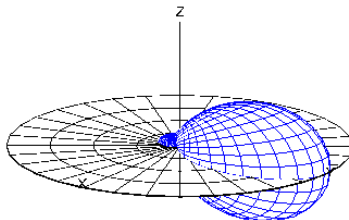


Рис. 3

При изменении частоты в пределах от 2 ГГц до 2,8 ГГц диаграмма направленности изменяется и на частоте 2,39 ГГц принимает форму, представленную на рис. 4.

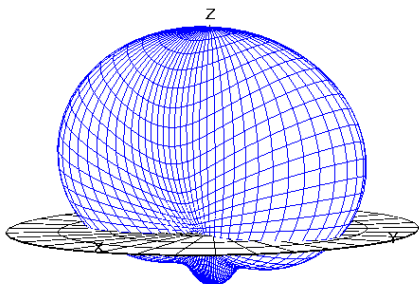


Рис. 4

Более детальный анализ ДН показывает, что структура отклоняет падающую волну и переизлучает ее в верхнее полупространство.

Основываясь на результатах работы [1] можно считать, что расположение спиралей на рис. 1 по отношению к выбранному направлению распространения и поляризации падающей волны

соответствует случаю, когда структура проявляет преимущественно магнитные свойства. При этом диэлектрическая проницаемость слоя мало отличается от диэлектрической проницаемости свободного пространства. Тогда, если принять, что относительная диэлектрическая проницаемость слоя $\epsilon_{r2} \approx 1$, то можно рассчитать величину относительной магнитной проницаемости слоя на частоте $f=2,8$ ГГц, которая оказывается равной $\mu_{r2} \approx 35$. При этом длина волны в слое равна $\lambda_2 \approx 1,8$ см, а в свободном пространстве – $\lambda_0 \approx 10,7$ см.

Список литературы

1. Smith D.R, Pendry J.B. Homogenization of metamaterials by field averaging // J. Opt. Soc. Am. B. 2006. vol. 23, No 3. P. 391–403.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ І ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РАДІОСИГНАЛІВ

Викладені основні результати фундаментальних досліджень в галузі теорії радіолокації і їх практичного застосування в радіотехнічних системах. Новизна досліджень полягає у тому, що в рамках закону збереження енергії і байєсівської статистичної теорії прийняття рішень, розглядається новий підхід до процесу виявлення радіосигналів за енергетичним критерієм.

Подається сутність енергетичного критерію, можливість виявлення радіосигналів, співвимірних з енергетикою внутрішніх шумів і менших за неї. Формулюється принцип оптимальності енергетичного виявлення сигналів від цілей. Викладаються результати досліджень нової теорії виявлення і оцінювання шляхом аналого-цифрового моделювання багатоканального за часом алгоритму енергетичного виявлення радіосигналів та оцінювання часових інтервалів їх положення.

На рис. 1 наведені графіки залежності умовної ймовірності правильного виявлення енергії суміші детермінованих радіосигналів і шуму D при співпаданні інтервалу аналізу з інтервалом (а) і з половиною інтервалу положення радіосигналу (б) для $F=10^{-6}$; 10^{-8} ; 10^{-10} від амплітудного відношення сигнал/шум відомого способу виявлення q при тривалості сигналу, пропорційному n вибірок, і отримані з імітаційної аналого-цифрової моделі статистичним шляхом для несучої частоти $f=2 \cdot 10^8$ Гц і частоти оцифрування $f=2 \cdot 10^9$ Гц шляхом усереднення 10^5 реалізацій на кожну точку.

На рис. 2. наведений графік залежності порогу прийняття рішення щодо виявлення сумарної енергії сигналу від цілі і шуму $L_0 = W_{sn}/W_n$ за критерієм Неймана-Пірсона для моделі χ^2 -розподілу квадратів амплітуд оцифрованих шумових вибірок в залежності від числа вибірок n для значень умовних ймовірностей хибних тривог $F=10^{-4}$; 10^{-6} ; 10^{-8} ; 10^{-10} .

На рис. 3. наведено графік залежності середньоквадратичної помилки визначення дальності до цілі σ в довжинах хвиль зонduючого сигналу

¹д-р техн. наук, проф., заст. нач. ХУПС ім. Івана Кожедуба з наук. роботи

²к.т.н., с.н.с., ст. наук. співр. наукового центру Повітряних Сил ХУПС

³к.т.н., с.н.с., нач. наук.-досл. відділу наук. центру Повітряних Сил ХУПС

⁴наук. співр. наук. центру Повітряних Сил ХУПС

для тривалості радіосигналу $\tau \sim 100\lambda$ і затримці обробки інформації між часовими каналами виявлення $\Delta t \sim 5\lambda$ при аналого-цифровому моделюванні і усередненні 1000 реалізацій на кожну точку від енергетичного відношення сигнал/шум.

На рис. 4. наведено графік залежності середньоквадратичної помилки визначення дальності до цілі σ в довжинах хвиль зондуючого сигналу для тривалості радіосигналу $\tau \sim 100\lambda$ і $W_s/W_n=0,5$ при аналого-цифровому моделюванні і усередненні 1000 реалізацій на кожну точку від величини затримки обробки інформації між часовими каналами виявлення в λ .

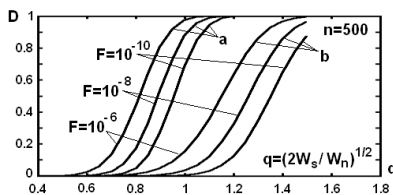


Рис. 1. Графіки залежності умовної ймовірності правильного виявлення радіосигналів

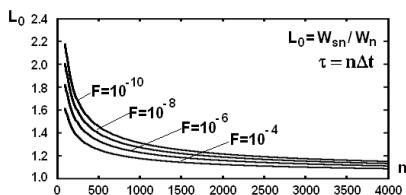


Рис. 2. Графіки залежності порогу прийняття рішення L_0

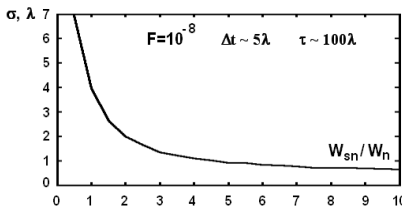


Рис. 3. Графік залежності середньоквадратичної помилки визначення дальності до цілі σ

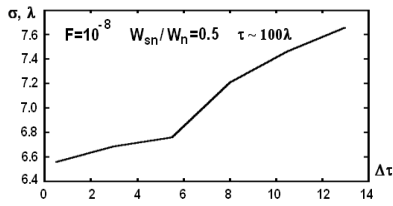


Рис. 4. Графік залежності середньоквадратичної помилки визначення дальності до цілі σ

Використання наведеного альтернативного варіанту енергетичного виявлення і оцінювання параметрів радіосигналу від цілі відкриває перспективу побудови нових низькопотенційних радіолокаторів з автоматичним розпізнаванням впливу радіозавад, підвищення їх завадозахисності та бойових можливостей. Даний метод виявлення можливо узагальнити на всі радіотехнічні системи, де є приймачі радіосигналів.

Список літератури

1. Патент на корисну модель 57216. Україна, МПК G01S 7/02. / Процес енергетичного виявлення радіосигналів Г.В.Певцов, А.Я.Яцуценко, та ін.; — №201012202; заявл. 15.10.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. №3.

АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ФАЗОВЫМ МЕТОДОМ

Задача измерения дальности до объектов возникает в радиолокации, навигации, радио- и лазерной дальнометрии. Как известно [1], наибольшую точность измерения дальности обеспечивает фазовый метод. Хотя фазовый метод обладает неоднозначностью измерения дальности, он позволяет с высокой точностью измерять перемещения объектов. При современном уровне развития цифровой техники дальнометры могут гибко реализовываться с применением предварительного гетеродинирования и цифровой обработки сигналов с выхода смесителей. В этом случае появляется возможность учета характера движения объекта.

Данная работа посвящена обоснованию структуры измерителя перемещений объектов на основе полиномиальной модели движения и исследованию характеристик его точности.

В постановке задачи предполагается, что в результате облучения движущейся точечной цели гармоническим сигналом с длиной волны λ на выходе смесителя приемника измерительной системы наблюдается сигнал

$$x(t) = A \cdot \cos[\Phi(t) + \varphi(t)] + n(t), \quad t \in [0, T],$$

где $\Phi(t) = \sum_{r=0}^p a_r t^r$ – априори известная составляющая фазы;

$\varphi(t) = \sum_{r=0}^p \alpha_r t^r$ – неизвестный набег фазы; $n(t)$ – аддитивная не-

коррелированная помеха с нормальным распределением и дисперсией σ^2 .

Требуется по последовательности отсчетов $x(t_k)$, $k = 0, \dots, N-1$ определить положение объекта в моменты времени $t_k \in (0, T]$ относительно его положения в момент времени $t = 0$.

В работе на основе теории статистических решений [2] обоснован алгоритм цифровой обработки сигналов в задаче измерения перемещений объектов фазовым методом. В этом алгоритме измерение перемещений объектов производится с учетом априори известной составляющей ее движения в опорных сигналах корреляторов и оцениванием коэффициен-

¹канд. техн. наук, доцент ХНУРЕ

тов полиномиальной аппроксимации лишь неизвестной составляющей движения.

Суть разработанного алгоритма состоит в разбиении всего интервала наблюдения на элементарные интервалы стационарности, на которых изменения фазы принятого сигнала, обусловленные априори неизвестной составляющей движения объекта, являются существенно меньшими 2π . Затем на каждом из таких интервалов с использованием корреляторов определяется элементарная оценка фазы сигнала. Окончательный результат измерения находится в результате обработки элементарных оценок фаз методами регрессионного анализа.

Проведено исследование характеристик разработанного алгоритма аналитическими методами и путем статистического моделирования. При моделировании использованы параметры сигналов и условия наблюдения объекта, характерные для баллистической гравиметрии. Моделирование выполнено в среде СКМ Mathematica 8.0. Исследовано влияние аддитивной помехи типа «гауссовский белый шум» на точность измерения перемещений объекта. Определены условия асимптотической оптимальности разработанного алгоритма. В результате исследований установлено, что кроме аддитивной помехи на показатели точности алгоритмов измерения могут существенное влияние оказывать и частотные составляющие, возникающие в корреляторах измерителя при взаимодействии принятых и ожидаемых сигналов. Для устранения таких помех предложено использовать весовые окна, в частности окно Ханна. Установлено, что с уменьшением соотношения сигнал шум влияние весовых окон на точность измерения перемещений уменьшается.

Список литературы

1. Миценко И.Д. Системы ближней дальнометрии: Учебное пособие. Ч.3. Фазовые методы дальнометрии и селекции объектов/ Миценко И.Д., Покасов В.В., Ильиных С.П. Под редакцией Миценко И.Д. – Новосибирск: НГТУ, 2003. – 115 с.
2. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов / Тихонов В.И. – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Со второй половины прошлого столетия системы дистанционного зондирования регулярно используются для мониторинга воздушных, поверхностных, подповерхностных и подводных ресурсов Земли, изучения планет солнечной системы и других наукоемких исследований. Вместе с тем, наметилась тенденция к все более широкому практическому использованию таких систем в сельском хозяйстве, медицине и биологии.

Но, если в традиционных сферах использования дистанционного зондирования задействованы достаточно дорогие и сложные системы, позволяющие получать информацию с больших расстояний с высоким пространственным и спектральным разрешениями, то в новых областях, как правило, зона действия таких систем ограничена зоной операбельности практической системы. Такие системы зондирования, в последнее время, все чаще называют системами «локального зондирования» (англ. local sensing). Они имеют ряд важных отличий, которые достаточно четко прослеживаются на примере реализации процедуры зондирования в технологии обработки пропашных культур, предложенной в ЗНТУ [1].

Самым существенным отличием систем локального зондирования является гораздо меньшее расстояние до объектов изучения. В традиционных системах дистанционного зондирования большую часть первичной обработки информации занимает компенсация влияния поглощения излучения атмосферой и облачностью, пространственных искажений, вызванных тепловыми линзами и турбулентностью. Следует учитывать также ослабление при распространении сигнала на большие расстояния. При расстоянии порядка десятков и сотен километров использование некоторых спектральных диапазонов может быть невозможным из-за того, что сигналы в них окажутся ниже порога чувствительности. В рассматриваемых системах локального зондирования такие ослабления минимальны.

Кроме того, сильное ослабление сигнала по пути его распространения в атмосфере ограничивает использования активных методов локации в дистанционном зондировании. Одним из видов систем, где активное зондирование все-таки используется, являются лидары [2], характерной особенностью которых является использование монохроматического или

¹ д-р техн. наук, проф., проректор ЗНТУ

² к.т.н. доцент кафедры РТТ ЗНТУ

узкополосного излучения высокой мощности. Но, такой поход не позволяет в режиме реального времени получать информацию в широком спектральном диапазоне. В локальных системах использование активных методов зондирования оправдано, что позволяет улучшить энергетические характеристики в условиях шумов засветок.

Еще одной проблемой, корни которой тоже лежат в значительных расстояниях до объектов, является невозможность получить хорошую пространственную избирательность при высоком спектральном разрешении. Повышенные требования к пространственной избирательности диктуются всевозрастающей точностью систем зондирования. Соответственно, возрастает и стоимость оптических систем для дистанционного зондирования. В локальном зондировании, активном или пассивном, энергетических проблем с получением требуемой избирательности нет. Для систем локального зондирования размер объема разрешения может совпадать или быть меньше размеров объекта исследования. Спектральное разрешение при реализации пространственной избирательности порядка сантиметров ограничено только характеристиками спектрометра. Сложности, возникающие при получении пространственного разрешения на расстояниях, меньших единиц метров, можно решить за счет использования биостатических оптических систем с пересекающимися диаграммами направленности. Стоимость таких непрерывных систем зондирования значительно ниже импульсных моностатических, применяемых, например, в лидарах [2].

С точки зрения обработки информации, системы локального зондирования более утилитарны. Выдаваемая ими информация в режиме реального времени используется для управления процессом обработки. Поэтому режим постобработки здесь не всегда приемлем. Нет необходимости накапливать и передавать огромный объем информации. Но, требования к вычислительному ресурсу системы обработки могут оставаться довольно значительными, так как используемые алгоритмы обработки довольно ресурсоемкие – нейросети, нечеткая логика и др.

Таким образом, можно считать, что при значительной общности подходов дистанционного и локального зондирования, разделение методов, относящихся к ним, оправдано. А термин «локальное зондирование» следует использовать к системам зондирования, работающих на небольших расстояниях с высоким пространственным и спектральным разрешением и предусматривающих, как правило, обработку в режиме реального времени.

Список литературы

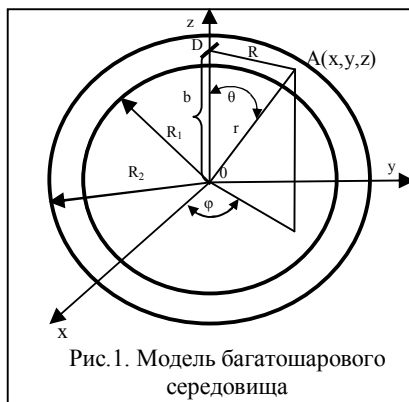
1. Информационная технология обработки пропашных культур. Радиометрические аспекты [Текст] / Морщавка С.В., Пиза Д.М., Белоусов Е.Л. // Радиотехника, информатика, управління. – ЗНТУ. – № 2. с. 45–52.

2. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование [Текст] / Межерис Р. // М.: Мир, 1987. – 390 с.

УДК 621.391.812.62

Меленті Є.О.¹, Кукобко С.В.², Рошупкін Є.С.²

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ, ЯКЕ СТВОРЮЄ ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ ДИПОЛЬ ГЕРЦА, В МЕЖАХ ТРОПОСФЕРНОГО ХВИЛЕВОДУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ КРИВОЛІНІЙНИХ КООРДИНАТ



Наявність тропосферного хвилеводу (ТХВ) на трасі розповсюдження радіохвиль (РРХ) над морем в певних випадках призводить до значного збільшення дальності виявлення маловисотних цілей радіолокаційними станціями приморського базування [1]. Проте, для виявлення та правильного визначення координат повітряних цілей в межах ТХВ за допомогою засобів радіолокації, насамперед, необхідно знати структуру повного електромагнітного поля, яке створює передавальна антена в межах ТХВ.

В доповіді для розв'язання цієї задачі пропонується метод розрахунку електромагнітного поля в шаруватих напівпровідникових середовищах (метод криволінійних координат) [2]. Тобто, середовище РРХ за наявності ТХВ над водною поверхнею можна подати у вигляді сферичного трьохшарового напівпровідникового середовища з різними електричними параметрами кожного з шарів. За цього, аналогом ТХВ є шар, обме-

¹ ад'юнкт науково-організаційного відділу ХУПС ім. Івана Кожедуба

² к.т.н., с.н.с., ст. наук. співр. наук.-досл. відділу наук. центру Повітряних Сил ХУПС

жений сферами різних радіусів (рис. 1), в якому розташований горизонтальний електричний диполь (диполь Герца) (в точці D на відстані b від початку координат DA). Відстань від вібратора до точки спостереження позначено як R .

На рівняння Максвела для такої системи накладаються певні граничні умови та формується

система лінійних алгебраїчних рівнянь (яка розв'язується методом найменших квадратів). Невідомі функції розраховуються за допомогою рекурентних відношень. Виведені співвідношення для визначення напруженостей електричного та магнітного полів у будь-якій точці багат шарового середовища, що дозволяють враховувати зміну електричних параметрів кожного з шарів мають наступний вигляд:

Особливістю методу є те, що він враховує всі можливі перевідбиття електромагнітних хвиль між сферичними стінками TXB, електричні параметри стінок та поляризацію передавальної антени.

На рис. 2 наведено отримані відповідно до запропонованого в роботі методу розподіли електричного поля горизонтального диполя

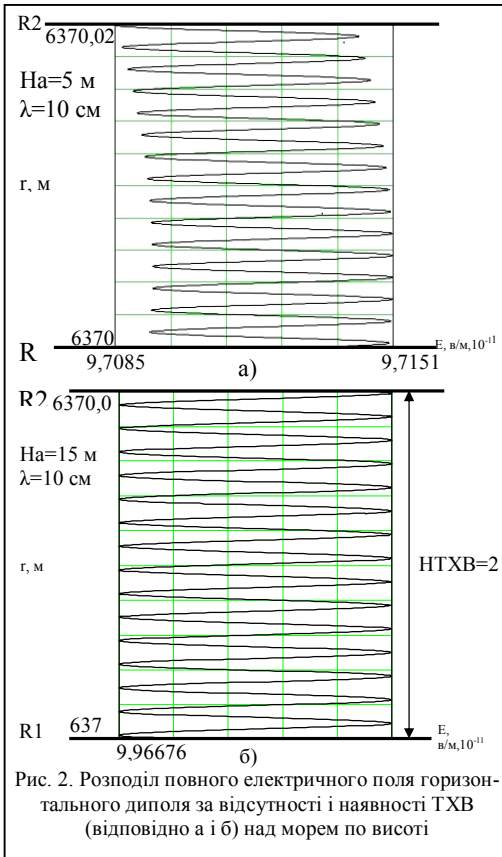


Рис. 2. Розподіл повного електричного поля горизонтального диполя за відсутності і наявності TXB (відповідно а і б) над морем по висоті

ля для довжини хвилі $\lambda=10$ см, висоти підйому диполя $N_a=5$ м і висоти TXB $H_{TXB}=20$ м на дальності 1,112 км за відсутності TXB (рис. 2, а) та за умови його існування (рис. 2, б).

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що напруженість поля, завдяки концентрації енергії між стінками TXB, зрос-

тає у порівнянні з вільним простором. На рис. 2, *а* присутній явний максимум напруженості, що пояснюється знаходженням передавальної антени на відповідній висоті. За наявності ТХВ (рис. 2, *б*) такий максимум не спостерігається внаслідок перерозподілу енергії через багаторазові перевідбиття хвилі «стінками» ТХВ. Коливальний характер зміни миттєвої напруженості (E) є ознакою багатомодовості (багатопроменевості) електромагнітної хвилі, що розповсюджується. При зміні довжини хвилі кількість мод також змінюється. Порівняльний аналіз розподілів поля на різних довжинах хвиль показує, що кількість мод прямо пропорційна довжині хвилі, яка розповсюджується. На відміну від методів геометричної оптики запропонований метод (метод криволінійних координат) дозволяє врахувати всі можливі перевідбиття при РРХ в ТХВ. Встановлено, що величина напруженості повного поля на відповідних відстанях в ТХВ залежить від висоти підйому антени (H_a), висоти хвильоводу ($H_{\text{ТХВ}}$), довжини хвилі (λ) та електричних параметрів стінок ТХВ. А саме, напруженість поля зростає при збільшенні H_a , λ , а при збільшенні $H_{\text{ТХВ}}$ – відповідно зменшується.

Отримані результати добре узгоджуються з результатами, які отримані методами геометричної оптики [3] для плоскопаралельної моделі ТХВ, та демонструють принципову можливість оцінки висоти польоту цілі в межах ТХВ.

Список літератури

1. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн. – М.: Сов. радио, 1972. – 463 с.
2. Кулько В.Ф., Михаловсий В.Н. Электромагнитное поле в слоистых проводящих средах. – К.: Наукова думка, 1967. – 147с.
3. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебник для вузов. – М.: «Связь», 1972 – 336 с. с илл., табл.

**ВПЛИВ ЗМІНИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДІЄНТУ ІНДЕКСУ
ЗАЛОМЛЕННЯ НИЖНЬОГО ШАРУ ТРОПОСФЕРИ НАД
ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ НА ДАЛЬНІСТЬ ВИЯВЛЕННЯ ТА
ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ
РАДІОТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ**

При розрахунку дальності дії радіотехнічних засобів (РТЗ) для врахування заломлювальних властивостей атмосфери звичайно використовують поняття нормальної (стандартної, середньої) рефракції, яка кількісно характеризується нормальним (стандартним, середнім) вертикальним градієнтом індексу заломлення $g_N = -0,04 \text{ м}^{-1}$ [1]. Припущення про стандартність та незмінність g_N у просторі та часі є не зовсім вірним.

У доповіді наведені дані аналізу багаторічних аерологічних досліджень нижнього шару тропосфери до висот 3000 м над територією України [2]. Для різних пунктів зондування відповідно до часу виконання вимірювань для чотирьох частин доби (ніч, ранок, день, вечір) помісячно наведені відновлені середні профілі вертикального градієнту індексу заломлення. Результати розрахунків свідчать, що в залежності від місцевості, пори року та часу доби поточна рефракція може суттєво відрізнятися від стандартної. Для багатьох пунктів аерологічного зондування спостерігається наявність шарів як із збільшеним значенням g_N , так і із зменшеним, що може впливати на дальність дії РТЗ.

У доповіді наведені результати розрахунків відносного збільшення дальності прямої видимості (ДПВ) у порівнянні із стандартною атмосферою. Показано, що для районів, віддалених від крупних водоймищ, сезонні та добові варіації рефракційних властивостей нижнього шару тропосфери є незначними і не мають суттєвого впливу на ДПВ. На узбережжі, через наявність розділу середовищ із суттєво різними фізичними властивостями (суша-море), спостерігається значний сезонний та добовий хід значень g_N . Для пункту аерологічного зондування у м. Харкові спостерігається у цілому знижена рефракція і невелике зменшення ДПВ. Для пункту аерологічного зондування у м. Одесі спостерігається: взимку – знижена рефракція на протязі усієї доби і невелике зменшення ДПВ, а

¹ к.т.н., с.н.с., ст. наук. співр. наук.-дослід. відділу наукового центру Повітряних Сил ХУПС ім. Івана Кожедуба

² ад'юнкт науково-організаційного відділу ХУПС

³

влітку – суттєве підвищення рефракції і збільшення ДПВ як вдень (майже до 37 %), так і вночі.

Зміна вертикального градієнту індексу заломлення g_N в залежності від зміни метеорологічних параметрів нижнього шару тропосфери (температура, тиск, вологість) призводить до флуктуацій кута надходження прийнятого радіосигналу. Ця обставина призводить до збільшення похибок вимірювання висоти повітряних об'єктів [3]. При надрефракції на відстанях, більших ДПВ, поняття кута місця втрачає свій сенс, і виміряти висоту повітряного об'єкту традиційними методами досить важко. Цей факт підтверджується результатами експерименту [4], які показали, що при аномальній рефракції за межами ДПВ значення виміряної висоти повітряного об'єкту може значно перевищувати істинну висоту польоту.

В доповіді наведені співвідношення для розрахунку похибки вимірювання кута місця повітряного об'єкту (висоти). В співвідношеннях враховується значення градієнту індексу заломлення у поверхні Землі та в точці знаходження повітряного об'єкту.

В доповіді наведені результати розрахунку значень рефракційної поправки для різних значень градієнту індексу заломлення. Аналіз розрахунків свідчить, що значення рефракційної поправки зростає при збільшенні g_N та дальності виявлення. Для більш точного вимірювання висоти польоту повітряних об'єктів РТЗ необхідно враховувати відповідні рефракційні поправки.

Список літератури

1. ГОСТ 24631-81. Атмосферы справочные. Параметры..
2. Новый аэроклиматический справочник пограничного слоя атмосферы над СССР. Т.1. Статистические характеристики температуры, давления, плотности влажности / под ред. И.Г. Гутермана – М: Московское отделение Гидрометеоздата, 1985. – 1802 с.
3. Буров Н.И. Маловысотная радиолокация. – М.: Воениздат, 1977. – 128 с.
4. Карлов В.Д. Статистичні характеристики радіолокаційних сигналів, відбитих від місцевих предметів в умовах аномальної рефракції. / Петрушенко М.М., Певцов Г.В., Місайлов В.Л.// Науково-технічний журнал. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил – 2011. – Вип. 1(5). – С.69–72.

ПОВЕРХНЕВИЙ ІМПЕДАНС ПЕРІОДИЧНОГО РЯДУ ПРЯМОКУТНИХ ОТВОРІВ НА ВУЗЬКІЙ СТІНЦІ ХВИЛЕВОДУ

Зв'язок хвильоводів через отвори зв'язку різної конфігурації широко застосовується при створенні складних хвильовідних вузлів техніки надвисоких частот. Прикладом такого сполучення хвильоводів різного перерізу через отвори зв'язку може бути поглинаючий фільтр гармонік, описаний в [1].

Розрахунок електричних характеристик такого фільтру досить ускладнений з огляду на велику кількість допоміжних хвильоводів і отворів зв'язку. Ця обставина викликає необхідність створення розрахункової моделі, яка дозволила б провести аналіз факторів, що впливають на параметри поверхневого імпедансу нерегулярної вузької стінки хвильоводу.

В якості математичного апарату використовується імпедансний метод, який розвинений в роботах [2, 3] і успішно застосовується для розв'язання широкого класу задач дифракції та розповсюдження радіохвиль.

Розглядуваний фільтр гармонік можна подати у вигляді прямокутного хвильоводу з отворами зв'язку на вузькій стінці, до яких приєднуються прямокутні хвильоводи такого ж поперечного перерізу, що і отвори. Вважається, що в прямокутному хвильоводі розповсюджується основна хвиля H_{10} і допоміжні хвильоводи взаємодіють тільки на цьому типі хвилі.

В запропонованій математичній моделі фільтру гармонік періодичний ряд прямокутних отворів на вузьких стінках хвильоводу замінюється гладкою поверхнею, яка характеризується поверхневим імпедансом \dot{Z}_s . Поверхневий імпеданс \dot{Z}_s є інтегральною характеристикою, яка визначається розкладенням в подвійний ряд Фур'є за ортогональною системою функцій.

Згідно з [4] подвійний ряд Фур'є записується у вигляді:

$$\dot{Z}_s(y, z) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} (A_{mn} \psi_{mn}^A + B_{mn} \psi_{mn}^B + C_{mn} \psi_{mn}^C + D_{mn} \psi_{mn}^D), \quad (1)$$

¹ асистент кафедри «Захист інформації», ЗНТУ.

² ст. викладач кафедри «Радіотехніка та телекомунікації», ЗНТУ.

³ к.ф.-м.н., доцент кафедри «Радіотехніка та телекомунікації», ЗНТУ.

де

$$\begin{aligned} \psi_{mn}^A &= \cos\left(\frac{m\pi y}{b}\right) \cos\left(\frac{n\pi z}{h}\right), & \psi_{mn}^B &= \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right) \sin\left(\frac{n\pi z}{h}\right), \\ \psi_{mn}^C &= \cos\left(\frac{m\pi y}{b}\right) \sin\left(\frac{n\pi z}{h}\right), & \psi_{mn}^D &= \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right) \cos\left(\frac{n\pi z}{h}\right). \end{aligned}$$

Невідомі коефіцієнти A_{mn} , B_{mn} , C_{mn} , D_{mn} в (1) визначаються через систему ортогональних функцій, яка задана в прямокутнику ($0 \leq y \leq b$, $0 \leq z \leq h$) відповідно до періодів b (вздовж вісі y) та h – (вздовж вісі z).

Формула (1) може визначити \dot{Z}_s з будь-яким ступенем точності, але громіздка. Розрахунки ускладнюються тим, що у виразі для \dot{Z}_s знаходяться ряди просторових гармонік. Дана обставина вимагає використання значних обчислювальних засобів.

З огляду на вказані особливості застосування формули (1), в роботі запропонована спрощена оцінка поверхневого імпедансу. Для цього авторами вводиться поняття середнього значення поверхневого імпедансу, яке визначається як середнє значення \dot{Z}_s за період:

$$\dot{Z}_{s\,cp} = \frac{1}{bh} \int_0^b \int_0^h \dot{Z}_s(y, z) dy dz, \quad (2)$$

де комплексний поверхневий опір $\dot{Z}_s(y, z)$ визначається за формулою (1).

В роботі аналізуються залежності $\dot{Z}_{s\,cp}$ від довжини хвилі для різних апертур вторинних бічних хвильоводів.

Список літератури

1. Вольман, В. И. Фильтр поглощающего типа на высокий уровень мощности [Текст] / В. И. Вольман, Л. М. Логачева // Радиотехника. – 1979. – Т. 34, №1. – С. 25–28.
2. Марков, Г. Т. Возбуждение электромагнитных волн [Текст] / Г. Т. Марков, А. Ф. Чаплин. – М.-Л.: Энергия, 1967. – 376 с.
3. Миллер, М. А. Исследование понятия поверхностного импеданса в теории поверхностных волн [Текст] / М. А. Миллер, В. И. Таланов // Радиофизика. – 1961. – Т. 4, №5. – С. 795–830.
4. Толстой, Г. П. Ряды Фурье [Текст] / Толстой Г. П. – М.: Наука, 1980. – 384 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ В КОЛЬЦЕВОМ РЕЗОНАТОРЕ

Концепция создания сетей связи будущего поколения предполагает дальнейшее слияние сотовой связи с информационными и компьютерными технологиями, радикальное обновление оборудования и, как следствие, дальнейшее радикальное расширение спектра предоставляемых услуг. Чтобы обеспечить увеличивающееся число абонентов качественной и бесперебойной связью, необходимо, в силу ограниченности частотного ресурса, либо увеличивать плотность сетей, либо улучшать характеристики элементов и устройств систем связи. Одним из путей последнего направления является использование явления сверхпроводимости в микроволновых элементах и узлах таких систем [1,2].

При построении математической модели (ММ) предполагалось, что, в общем случае, ВТСП резонатор представляет собой микрополосковую структуру (МПС), образованную совокупностью из проводников. Проводники располагаются на границах раздела многослойной плоскостной среды.

На поверхности проводника МПС выполняются нелинейные граничные условия вида:

$$\mathbf{n}(\mathbf{r}) \times \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{n} \times \hat{\mathcal{Z}}_q[\mathbf{r}, \mathbf{j}(\mathbf{r}, t)] \Big|_{S_q},$$

где $\mathbf{n}(\mathbf{r})$ – внешняя нормаль к поверхности проводника; $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ – касательная составляющая напряженности электрического поля; $\hat{\mathcal{Z}}_q[\cdot]$ – нелинейный оператор, описывающий свойства поверхностного импеданса проводника в точке \mathbf{r} ; $\mathbf{j}(\mathbf{r}, t)$ – плотность поверхностного тока.

Математическая модель была использована для исследования нелинейных свойств конкретных типов резонаторов. Ниже приведены результаты исследований кольцевого резонатора, эскиз которого приведен на рис. 1. Предполагалось, что резонатор S_2 выполнен из ВТСП проводника, а подводящие линии S_1 и S_3 – из идеальных проводников.

Для кольцевого резонатора при двухчастотном возбуждении с частотами $f_1 = 4,925$ ГГц и $f_2 = 4,9255$ ГГц были рассчитаны уровни ин-

¹ кандидат техн. наук, ст.препод. каф. ОПТ ХНУРЕ

термодюляционных составляющих третьего и пятого порядков, частоты которых равны $f_{IM3} = 2f_1 - f_2 = 4,9245$ ГГц и $f_{IM5} = 3f_1 - 2f_2 = 4,924$ ГГц.

Эти зависимости приведены на рис. 2.

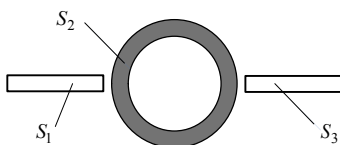


Рис. 1. Эскиз кольцевого резонатора

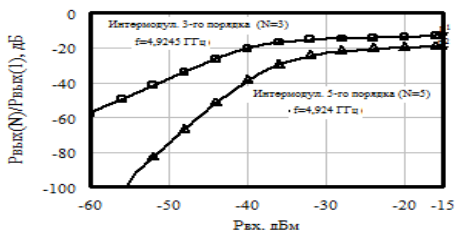


Рис. 2. Зависимость мощности интермодуляционных составляющих на выходе кольцевого резонатора от уровня мощности на его входе

Из графика видно, что уровень интермодуляционных искажений третьего порядка ($-60 \dots -15$ дБ) гораздо выше, чем относительный уровень третьей гармоники ($-90 \dots -50$ дБ), то есть данные искажения являются наиболее опасными.

На основе метода нелинейных интегральных уравнений разработана математическая модель микрополосковых резонаторов, учитывающая нелинейные свойства поверхностного импеданса ВТСП проводников. В отличие от существующих, она учитывает двумерный характер распределения плотности тока на поверхности проводников. Эта модель использована для исследования нелинейных эффектов в ВТСП резонаторах.

Список литературы

1. Schrieffer J.R., Brooks J.S. Handbook of High-Temperature Superconductivity. – New York: Springer. – 2007. – 627 p.
2. Chang K. Encyclopedia of RF and microwave engineering / ed. By K. Chang. // New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. – 2005. – Vol. 1–6.

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ КООРДИНАТ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ В ОГЛЯДОВИХ РЛС З ВИКОРИСТАННЯМ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ

В [1] результатами моделювання доведено, що застосування широкосмугових сигналів дозволяє збільшити точність вимірювання дальності до протяжних цілей. Зокрема, при збільшенні ширини спектра від 1 до 80 МГц точність зростає в 2...4 рази залежно від енергії сигналу. Пропонується розглянути можливості широкосмугових сигналів щодо збільшення точності вимірювання дальності та азимуту цілі в результаті межперіодної обробки виявленої пачки сигналів.

При цифровій обробці інформації, при автоматичному її зчитуванні, оцінка дальності цілі отримується підрахуванням за допомогою двійкових лічильників кількості тактових імпульсів на інтервалі часу між моментом випромінювання зондувальних сигналів і моментом досягнення луна-сигналом максимального значення. Результати вимірювання усереднюються в межах отриманої пачки. При застосуванні широкосмугових сигналів, які забезпечують розрізнення елементів повітряної цілі за дальністю, застосування відомого методу неможливе, тому, що положення за час прийому всього пакету зміщується в сусідні кільця дальності в залежності від швидкості цілі. Крім того, відбитий широкосмуговий сигнал має невизначеність форми та протяжності.

Запропоновано метод вимірювання дальності до цілі при використанні широкосмугових сигналів на основі поєднання аналізу часової затримки і закону залежності величин коефіцієнтів взаємної коваріації відбитих сигналів в межах виявленої пачки відносно центрального відбитого сигналу, що відповідає середині діаграми спрямованості, та застосування алгоритму роботи «лог-масштабного» виявлювача [2]. Розрахунок значень часової затримки (кількість дискрет) коефіцієнтів взаємної коваріації сигналів (дальнісних портретів) в межах виявленої пачки відносно центрального сигналу, дозволяє проводити вирівнювання за часом дальності портрети та проводити їх некогерентне накопичення в межах виявленої пачки. В результаті цього маємо накопичений дальнісний портрет з випадковою величиною затримки в межах одного «вікна» дальності. Проблему

¹ ад'юнкт ХУПС

² д-р техн. наук, проф., пр. наук. співр. наук. центру Повітряних Сил ХУПС

³ к.т.н., с.н.с., ст. наук. співр. наук. центру Повітряних Сил ХУПС

невизначеності форми та протяжності вирішує відома схема «лог-масштабного» виявлювача, яка приймає моделлю дальністних портретів цілей модель без пропусків (прямокутні портрети). Сукупність протяжності повітряних цілей перекривається трьома каналами. Окрім оцінки дальності, схема дає грубе розпізнавання типу цілі по інформації номеру каналу.

Методом математичного моделювання із використанням програмного пакету по моделюванню електродинаміки вторинного випромінювання BSS (Back Scattering Simulation) [3] отримані значення величин середньоквадратичного відхилення похибки вимірювання дальності цілі від відношення сигнал-шум, курсу і типу цілі. Моделювання проводилось за допомогою ЛЧМ зондувальних сигналів з шириною спектра 150 МГц. Аналіз отриманих результатів підтверджує значне зменшення помилок вимірювання дальності при застосуванні широкосмугових сигналів.

Найявні оглядові РЛС для оцінки азимута застосовують евристичні алгоритми без урахування форми діаграми спрямованості антени. Ці алгоритми більш прості в реалізації, але призводять до втрат в точності 25–30 % . Оцінка азимута отримується як середнє між початком та кінцем виявленої пачки. Методами математичного моделювання отримані числові характеристики похибки вимірювання азимуту цілі з використанням вузькосмугових та широкосмугових сигналів. Аналіз отриманих результатів моделювання показав, що при відношеннях сигнал-шум, більших 17–18 дБ, широкосмугові сигнали мають перевагу перед вузькосмуговими за показником середньоквадратичного відхилення похибки вимірювання азимуту для усіх типів цілей.

Отримані результати у вигляді баз даних значень числових характеристик похибки вимірювання дальності, азимуту, ймовірності правильного виявлення для різних значень курсу, відношення сигнал-шум та типу цілі можуть бути використані в інших дослідженнях, де необхідне врахування особливостей вторинного випромінювання.

Список літератури

1. Возможности широкополосных РЛС по измерению координат и сопровождению воздушных целей. 3б. наукових праць ХВУ. Вип.1(39)2002.С.90–92
2. Shirman Ya.D. (ed.), Gorshkov S.A., Leshchenko S.P., Orlenko V.M., Sedyshev S.Yu., Sukharevsky O.I. Computer Simulation of Aerial Target Radar Scattering, Recognition, Detection and Tracking, Norwood, MA: Artech House, 2002;
3. Shirman Y.D., Gorshkov S.A., Leshchenko S.P., Orlenko V.M., Sedyshev S.Yu, Radar Target Backscattering Simulation Software and User's Manual– Boston-London: Artech House, 2002. – 71 p.

ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ИОНОСФЕРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОГРЕШНОСТИ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИНАЛОВ СИСТЕМЫ SBAS

В настоящее время для сличения эталонов времени в основном применяются сигналы спутниковых радионавигационных систем GPS и ГЛОНАСС. Предлагается альтернативный метод, основанный на применении алгоритма общего охвата и сигналов геостационарных спутников (ГС) (в частности ГС системы SBAS) [1]. Значительное влияние на точность синхронизации оказывает погрешность, вызванная задержкой сигнала в слоях ионосферы. Учитывая это, особую актуальность приобретает задача снижения ионосферной погрешности.

Для решения поставленной задачи проведен сравнительный анализ модели Клобучара (*Klobuchar*) [2] и *IONEX* [3].

Расчет ионосферной поправки к задержке общего сигнала по модели *Klobuchar* основан на коэффициентах, которые передаются в навигационном сообщении GPS-сигнала. Эти коэффициенты зависят от значения полной концентрации электронов (ПКЭ) в точке прокола ионосферы. ПКЭ зависит от периода 11-летнего цикла солнечной активности, сезонных и ежедневных вариаций электронной концентрации в ионосфере, угла места (El) и азимута спутника, а так же от широты и долготы расположения принимаемого пункта.

В модели *IONEX* для расчета ионосферной коррекции R_{iono} используются глобальные ионосферные карты (рис. 1). Карты формируются через каждые 2 часа, начиная с 00:00 UT (Всемирное время), и показывают зависимость вертикальной электронной концентрации ($TECU$) от широты ($-87,5^0 \leq \lambda_u \leq 87,5^0$, шаг $2,5^0$) и долготы ($-180^0 \leq \phi_u \leq 180^0$, шаг 5^0) размещения пунктов приема. В течение каждых суток предоставляется 13 карт: 12 карт на текущие сутки и 1 карта – на следующие сутки. В модели *IONEX* используется такая же система координат, как и в модели *Klobuchar* (геоцентрическая система WGS–84). При расчетах ионосферной поправки в модели *IONEX* одним из важных моментов является определение вертикальной интегральной электронной концентрации $TECU$, которая рассчитывается методом интерполяции по пространствах. Завершающим этапом является расчеты в

¹ д-р техн. наук проф. каф ОПТ

² аспирант каф ОПТ

метрах вертикальной ионосферной поправки $\Delta_{\text{верт}}$ и расчет значения ионосферной поправки к задержке сигнала R_{iono} :

$$\Delta_{\text{верт}} = \frac{40.3 \cdot \text{TECU} \cdot 10^{16 + \text{EXPONENT}}}{(f_{L1})^2}; \quad R_{\text{iono}} = \Delta_{\text{верт}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \cos^2(El)}}.$$

где EXPONENT – коэффициент, входящий в состав карт *IONEX*; f_{L1} – несущая частота системы SBAS.

Ионосферные поправки, рассчитанные по моделям *IONEX* и *Klobuchar*, представлены в табл. 1.

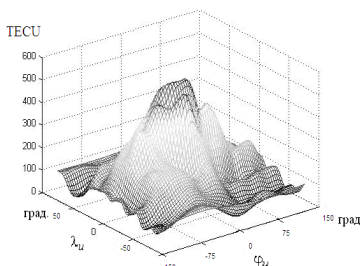


Рис. 1.

Таблица 1.

Модель	R_{iono} , м
IONEX	5.2
Klobuchar	6.3

В соответствии с интерфейсным контрольным документом GPS, применение модели *Klobuchar* позволяет компенсировать, как минимум, на 50 % среднеквадратическую погрешность координатно-временных определений, вызванную влиянием аномалий ионосферных задержек. Недостатком модели *Klobuchar* является необходимость применения коэффициентов, которые передаются в навигационном сообщении с борта спутников GPS. Это приводит к зависимости от системы GPS.

В модели *IONEX* остаточное влияние ионосферы составляет не более 30 % среднеквадратической погрешности временных определений. Недостатком данной модели является невозможность ее использования в реальном масштабе времени.

Список литературы

1. Пат. 38167 Украина, МПК51 (2006), G04G 7/00. Спосіб частотно-часової синхронізації просторово рознесених еталонів та стандартів часу і частоти // Нестеренко Г.В., Коваль Ю.О., Іванова О.О., заявник та власник Харківський нац. університет радіоелектр. – № u2008 09468, подано 21.07.2008; опубл. 25.12.2008, Бюл. № 24.
2. Ю.А.Соловьев Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-трендз, 2000. – 267 с.
3. S. W. Gurtner. IONEX: The IONosphere Map Exchange Format Version 1 // Astronomical institute, university of Berne – 1998. – 15 p.

МИКРОПОЛОСКОВЫЙ КРУГОВОЙ ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ

Одним из способов получения круговой поляризации печатных антенн является метод возбуждения антенны двумя портами, которые сдвинуты по фазе на 90 градусов [1]. Для равного разделения сигнала можно применить круговой делитель мощности, а для фазового сдвига – микрополосковые линии передачи. В данной работе описано создание такого делителя мощности, используемого для возбуждения антенны круговой поляризации в диапазоне 902...928 МГц.

Кольцевой делитель мощности (рис. 1) с сосредоточенной нагрузкой позволяет разделить мощность пополам (по двум каналам 2 и 3) с

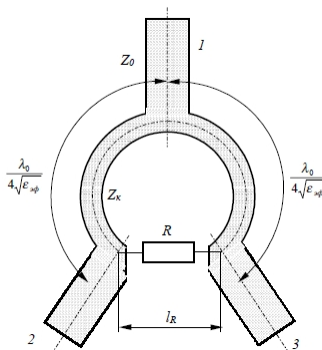


Рис. 1. Схема кольцевого делителя мощности

достаточно большой развязкой между этими каналами [2]. Величина сосредоточенного сопротивления определяется по формуле:

$$R = 2Z_0$$

Волновое сопротивление кольца определяется как:

$$Z_k = Z_0 \sqrt{2}$$

Геометрическая длина между плечами должна быть равной:

$$l = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_{эф}}}$$

¹ Студент кафедры Радиотехники и телекоммуникаций, СевНТУ.

² К.т.н., доцент кафедры Радиотехники и телекоммуникаций, СевНТУ.

Диаметр кольца вычисляется как:

$$d_k = \frac{1}{\pi} \left(\frac{\lambda_0}{2} + l_R \right)$$

Зная волновые сопротивления находим ширину линии. Для этого была использована программа *TXLine*. Ширина дорожек кольца – 1,187 мм. Ширина дорожек входного и выходных каналов – 2,18 мм. Длины выходных каналов равны 44 мм и 88 мм.

Было произведено моделирование делителя в программе *Ansoft HFSS 13*. На рис. 2 изображен внешний вид делителя.

По результатам моделирования КСВ во входном канале в полосе частот 900...930 МГц не превышает 1,3, а по выходным каналам – 1,1.

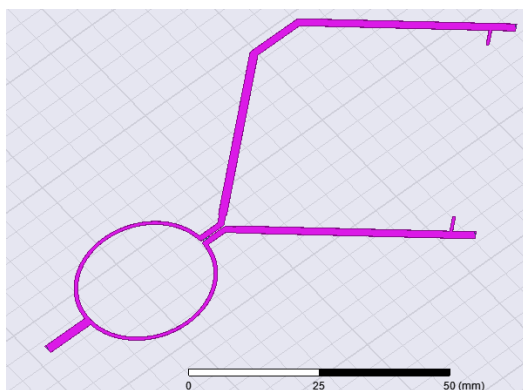


Рис. 2. Внешний вид делителя

Для компенсации емкостной составляющей в месте разведения каналов, на концах полосковых участков добавлены согласующие шлейфы.

В данной работе охарактеризован расчет микрополоскового кольцевого делителя мощности, который разрабатывался для печатной антенны круговой поляризации.

Список литературы

1. Панченко Б.А., Нефедов Е.И. Микрополосковые антенны. – М.: Радио и связь, 1986. – 144 с.
2. Проектирование полосковых устройств СВЧ: Учебное пособие. – Ульяновск, 2001. – 213 с.

ЕЛЕКТРИЧНО КЕРОВАНІ НАПІВПРОВІДНИКОВІ ЕКВІВАЛЕНТИ ЄМНОСТІ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

В складі абсолютної більшості радіотехнічних, радіолокаційних та навігаційних систем використовуються електрично керовані ємності, в якості яких найбільш часто використовуються варикапи (варактори) [1]. Проте відомі інші напівпровідникові еквіваленти ємності з електричним керуванням. Основними робочими параметрами та вимогами які висуваються до електрично керованих ємностей є:

- абсолютні значення еквівалентних ємностей;
- широкий діапазон перелаштування ємності;
- широкий частотний діапазон;
- стабільність роботи;
- мінімальні зміни значення напруги керування при значній зміні еквівалентної ємності;
- висока добротність;
- габаритні параметри та технологічність виробництва.

З розвитком технологій виробництва напівпровідникових елементів параметри варикапів значно покращились, зокрема у частотному діапазоні і коефіцієнт перекриття за ємністю. Усереднені робочі параметри варикапів: коефіцієнт перекриття за ємністю – до 30 разів, діапазон напруги керування – до 28 В, робочий частотний діапазон до 10 ГГц. Разом з цим при збільшенні робочої частоти та зменшенні напруги керування значно зменшуються коефіцієнт перелаштування ємності та значення добротності.

З метою покращення зазначених робочих параметрів еквівалентів ємностей науковими школами Вінницького національного технічного університету розроблено та досліджено електрично керовані еквіваленти ємностей на основі:

- транзисторних структур з від'ємним опором [2];
- С-негатронів [3].

Транзисторні структури з від'ємним опором поділяються на польові, біполярні та біполярно-польові. Результати експериментальних досліджень цих транзисторних структур демонструють можливість забезпе-

¹к.т.н., доцент кафедри радіотехніки ВНТУ

²к.т.н., доцент кафедри проектування комп'ютерної та телекомунікаційної апаратури, ВНТУ

³студент, ВНТУ

чення зміни еквівалентної ємності у межах від 50 пФ до 2420 пФ (коефіцієнт перекриття ємності – 40 разів), напруга керування варіюється у межах 1 ... 7 В, робочий частотний діапазон 10 кГц – 100 МГц.

С-негатрони – прилади з від’ємним значенням диференційної ємності, що можуть бути реалізовані на фізичних принципах у напівпровідникових структурах, а також схемотехнічними рішеннями. Наприклад, в експериментальних дослідженнях С-негатрона, реалізованого на операційному підсилювачі, забезпечується розширення діапазону зміни еквівалентної ємності від 0,8 пФ до 252 пФ (коефіцієнт перекриття ємності – 315 разів) при цьому також забезпечується сталі значення еквівалентної ємності у частотному діапазоні 1 кГц ... 30 МГц.

Як приклад застосування запропонованих еквівалентів ємності експериментально дослідженні електрично керовані фільтри нижніх частот (ФНЧ) на польовій транзисторній структурі, що засвідчують можливість електричного керування частотою зрізу від 500 кГц до 1 МГц та крутістю спадної ділянки АЧХ. Придушення сигналу поза смугою пропускання складає 15 дБ. Експериментальні дослідження ФНЧ на базі С-негатрона підтверджують можливість зміни частоти зрізу від 1,9 МГц до 65,6 МГц (коефіцієнт перелаштування частоти зрізу – 34 рази) при зміні напруги керування від 0 до 9 В. Також використання С-негатрону в схемі ФНЧ забезпечує компенсацію втрат корисного сигналу на пасивному частотно задавальному елементі та його підсилення до 12 дБ. Крім того, перевагою розробленого та дослідженого ФНЧ на С-негатроні є його можливість працювати на низькоомне навантаження. Проведені дослідження стійкості розроблених активних ФНЧ на запропонованих еквівалентах ємності показали, що автогенерація в схемах не виникає.

Список літератури

1. Радиотехнические системы: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / [Ю. М. Каразинов и др.]; под ред. Ю. М. Каразинова. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 592 с.
2. Осадчук В. С. Функціональні вузли радіовимірювальних приладів на основі ємнісного ефекту транзисторних структур з від’ємним опором: монографія / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, А. О. Семенов, К. О. Коваль. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. – 336 с.
3. Філінюк М. А. Основи негатроніки. Том I. Теоретичні і фізичні основи негатроніки. [Монографія] / Філінюк М. А.. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 456 с.

УСТРОЙСТВО УДВОЕНИЯ ЧАСТОТЫ СИГНАЛА НА ОСНОВЕ ДЕЛЬТА-МОДУЛЯТОРА

В работе [1] проведен анализ асинхронного адаптивного дельта-модулятора (ААДМ) на КМОП-структурах. Частотная характеристика данного ААДМ показывает следующее: изменение частоты следования импульсов на выходе устройства происходит с частотой, в два раза превышающей частоту модулирующего сигнала. Это позволяет реализовать на основе такого асинхронного адаптивного дельта-модулятора устройство удвоения частоты.

Структурная схема устройства удвоения частоты (умножителя спектра сигнала) может быть представлена следующим образом (рис. 1):

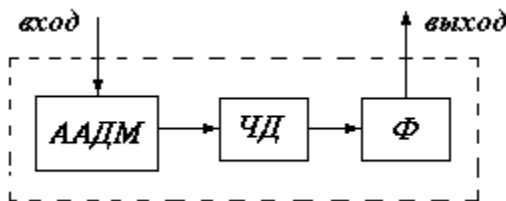


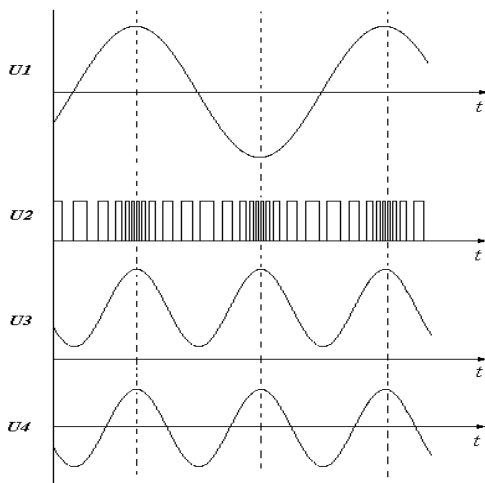
Рис.1. Структурная схема умножителя спектра сигнала

На схеме ААДМ – асинхронный адаптивный дельта-модулятор, ЧД – частотный детектор, Ф – фильтр. Указанные элементы составляют устройство удвоения частоты сигнала. На вход устройства подается сигнал, который поступает в ААДМ, где происходит формирование импульсов, модулированных по ширине и частоте. Как уже было сказано выше, изменение частоты следования импульсов на выходе ААДМ происходит с частотой, в два раза превышающей частоту модулирующего сигнала. Выделение необходимого сигнала (с удвоенной частотой) происходит в частотном детекторе ЧД. В фильтре Ф происходит формирование требуемого участка спектра сигнала.

Характерные формы сигналов основных узлов устройства удвоения частоты приведены на рис. 2.

¹ канд. техн. наук, ст. преподаватель филиала УГАТУ в г. Стерлитамаке

² д-р техн. наук, профессор, директор филиала УГАТУ в г. Стерлитамаке



$U1$ – форма сигнала, приходящего на вход системы и на вход ААДМ, $U2$ – сигнал на выходе асинхронного адаптивного ДМ, $U3$ – форма сигнала на выходе ЧД, $U4$ – форма сигнала после фильтра Φ .

Рис. 2. Характерные формы сигналов основных узлов устройства удвоения частоты

Описанный умножитель частоты спектра сигнала можно использовать в качестве транспозитора спектра сигнала в устройствах ослабления акустической обратной связи [2]. При формировании второй форманты в разработанном устройстве задержка составит не более одного периода сигнала, что позволяет не использовать дополнительные линии задержки в тракте передачи первой и третьей форманты. В устройстве может возникнуть задержка длительностью не более одного периода сигнала, которая не приводит к заметным искажениям выходного сигнала.

Список литературы

1. Галиев А.Л. Сверхэкономичные аппараты индивидуального пользования: Монография / А.Л. Галиев. – Уфа: Гилем, 2001. – 179 с. – ISBN 5-7501-0223-8
2. Шишкина А.Ф. Транспозитор спектра сигнала с минимальным временем задержки // Современные проблемы физики и математики: Труды Всероссийской научной конференции (16–18 сентября 2004 г., г. Sterlitamak)/Отв. ред. К.Б. Сабитов. – Уфа: Гилем, 2004. – Т. 2. – 203 с. – С. 200–203.

БЛОК-СХЕМА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАУЗ МЕЖДУ ВЫБРОСАМИ ОГИБАЮЩЕЙ ПОЛЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ОНЧ-РАДИОШУМОВ

Возникающие в результате грозовых разрядов электромагнитные импульсы могут вызывать искажения в электрических сетях, ошибочные переключения при передаче сигнала при импульсно-кодовой модуляции и в микропроцессорных системах управления. Для защиты от такого рода воздействий необходимо правильно оценить возможные нарушения, для чего требуется знание мощности и количества приходящих грозовых импульсов. Задача разработки и создания информационно-измерительной системы контроля пауз между выбросами огибающей поля естественных ОНЧ-радишумов, является крайне актуальной и требует глубоких экспериментальных и теоретических исследований.

Идея работы состоит в использовании и развитии математических методов для описания узкополосного случайного процесса – атмосферного радишума на основе анализа распределений вероятностей и среднего числа выбросов огибающей напряженности поля, измеренных в большом динамическом диапазоне, с последующим определением параметров потока грозовых радиоимпульсов, приходящих к антенне.

Для процесса приема, накопления и обработки сигналов естественных радиополей использовался аппаратный комплекс, изображенный на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема аппаратного комплекса

При включении переключателя в положение I , сигнал будет поступать на статистический анализатор с антенны. Таким образом, мы получим статистические данные радишума в полосе Δf на частоте приема f для данного времени суток. Приемник настраивается на радиочастоты из

¹ д. ф.-м. н., профессор, кафедры физики и биомедицинской техники, ЛГТУ

² аспирант кафедры физики и биомедицинской техники, ЛГТУ

ОНЧ диапазона (3–30 кГц). Полосы пропускания узкополосного приемника от 50 до 3000 Гц. Время анализа выбирается порядка 10 минут, поскольку процесс случайный и для его достоверного представления необходим длительный промежуток времени для описания его статистических свойств.

Для пересчета опорных уровней анализатора помех в эффективные значения напряжения шумового генератора применяется генератор широкополосного нормального шума, который подключается через эквивалент антенны ко входу антенного усилителя (положение II) при отключенной антенне. Это необходимо для того, что бы в дальнейшем можно было провести калибровку уровня напряженности поля в абсолютных единицах, исходя из известных параметров системы [1].

Формулы калибровки уровней напряженности поля.

I. Для эфира: $U_{эф} = E_z \cdot h_d \cdot k_{ay} \cdot \rho_k \cdot k_{np} \cdot k_{анал}$, где E_z – напряженность вертикальной составляющей поля радиоэфира, h_d – действующая высота антенны, k_{ay} – коэффициент антенного усилителя, ρ_k – коэффициент передачи кабеля на пути от антенного усилителя к приемнику, k_{np} – коэффициент усиления приемника, $k_{анал}$ – коэффициент усиления статистического анализатора на некотором пороговом уровне.

II. Для генератора: $U_{ген} = V_{ген} \cdot \rho_{ген} \cdot k_{ay} \cdot \rho_k \cdot k_{np} \cdot k_{анал}$, где $V_{ген}$ – уровень выхода сигнала генератора, $\rho_{ген}$ – коэффициент передачи кабеля на пути от генератора к антенному усилителю. Таким образом имеем следующее:

$$\frac{U_{эф}}{U_{ген}} = \frac{E_z \cdot h_d \cdot k_{ay} \cdot \rho_k \cdot k_{np} \cdot k_{анал}}{V_{ген} \cdot \rho_{ген} \cdot k_{ay} \cdot \rho_k \cdot k_{np} \cdot k_{анал}}; \frac{U_{эф}}{U_{ген}} = \frac{E_z \cdot h_d}{V_{ген} \cdot \rho_{ген}}; E_z = \frac{U_{эф} \cdot V_{ген} \cdot \rho_{ген}}{h_d},$$

где $U_{эф}$, $U_{ген}$ – напряжения на входе анализатора при работе системы от антенны (радиоэфир) и калибровочного генератора, соответственно. Формула отражает искомую зависимость в общем случае.

Данная система хорошо получает экспериментальные результаты в диапазоне частот от 3 кГц до 10 МГц. Плюсом является возможность описания поля атмосферных помех как в присутствии, так и в отсутствие близких гроз, что позволяет широко использовать данную систему [2].

Список литературы

1. Осинин, В.Ф. Радиощумы естественных источников на востоке СССР / В.Ф. Осинин – М.: Наука, 1982. – 162 с.
2. Подлесных, Д. Грозовые радиоимпульсы. Методы контроля и прогнозирования. [Текст] / Д. Подлесных, В. Осинин // LAMBERT Academic Publishing – Saarbrücken. 2011. – С. 136.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТОПОЛОГІЇ МІКРОСМУЖКОВИХ ФІЛЬТРІВ НА ШПИЛЬКОВИХ РЕЗОНАТОРАХ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ

Останнім часом широкосмугові і надширокосмугові фільтри НВЧ знаходять дедалі ширше застосування у техніці зв'язку, що пояснюється можливістю реалізації кращої пропускну здатності при більш широкому частотному діапазоні. Іншою важливою вимогою до фільтру є висока селективність сигналу [1, 2].

У даній роботі пропонується оптимізація топології шпилькового мікросмужкового фільтру. Для аналізу було обрано конструкцію мікросмужкового смугопропускаючого фільтру (СПФ) на шпилькових резонаторах, що запропонована у [3]. Розглянутий мікросмужковий СПФ складається з діелектричної підкладки, на один бік якої нанесено заземлююче покриття, а на інший – смужкові провідники у вигляді шпилькових резонаторів, що складаються з відрізків зв'язаних мікросмужкових ліній різної ширини і електромагнітно пов'язаних між собою. Фільтр має наступні характеристики: центральна частота 4,5 ГГц, ширина смуги пропускання 1,16 ГГц за рівнем -3 дБ, ширина смуги загородження 1,5 ГГц за рівнем -20 дБ. Фільтр реалізовано на підкладці з матеріалу RO4003C, що є армованим скловолокном з високою температурою склування з наповненням із термореактивного полімеру із додаванням кераміки; діелектрична проникність 3,38, тангенс кута діелектричних втрат 0,0021, товщина підкладки 0,813 мм; товщина металізації 0,05 мм. Електромагнітне моделювання було проведене у системі High Frequency System Simulator (HFSS).

Оптимізація конструкції шпилькового СПФ була виконана у системі HFSS за допомогою генетичного алгоритму пошуку рішень. У якості змінної було обрано половину кута між ділянками зв'язаних ліній. Метою оптимізації було отримання моделі шпилькового фільтру, значення параметру S_{21} якого у заданому діапазоні складало б більше -3 дБ, а S_{11} нижче -5 дБ.

Для автоматичної зміни моделі фільтру при зміні значення вищевказаної ділянки зв'язаних мікросмужкових ліній були об'єднані у групи, які побудовані в різних відносних координатних системах (КС).

Ці локальні КС були задані таким чином, що частина з них при зміні кута між ділянками зв'язаних ліній зміщувалась вздовж вісі Y глобальної КС, при цьому вісі локальних КС залишалися паралельними відповідним вісям глобальної КС. В цих відносних КС були побудовані основи

¹ аспірант, ас. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

кожного із шпилькових резонаторів. Інша частина відносних КС, у яких були побудовані безпосередньо ділянки зв'язаних ліній, змінювала кут вісей X і Y відносно відповідних вісей глобальної КС, а вісь Z відносної КС залишалася незмінно паралельною вісі Z глобальної КС. Ці відносні КС були побудовані не в глобальній, а у відносних КС першого типу.

Оптимізація тривимірної моделі обраної конструкції шпилькового фільтру була проведена у системі HFSS для значень кута між ділянками зв'язаних ліній від 0 до 90°. Розрахунковий час такої оптимізації склав біля 15 годин, протягом яких було пройдено 187 ітерацій. В результаті оптимізації було визначено, що проаналізований мікросмужковий шпильковий фільтр має мінімальний рівень внесених і зворотних втрат при куті між ділянками зв'язаних ліній 61,37°. При цьому ширина смуги пропускання за рівнем -3 дБ збільшилася на 11,3 %, смуги загородження за рівнем -3 дБ – на 10,7 %.

Таким чином, у роботі проаналізовано вплив кута між ділянками зв'язаних ліній у шпилькових мікросмужкових СПФ на рівень внесених і зворотних втрат. Проведено оптимізацію проаналізованої конструкції в системі HFSS шляхом зміни кута між ділянками зв'язаних ліній, визначено оптимальне значення кута, за якого виконується умова мінімізації внесених і зворотних втрат, а ширина смуги пропускання і смуги загородження збільшується.

Список літератури

1. И. Туркин, С. Тимошенков, А. Краснополский. Современные сверхширокополосные фильтры на поверхностных акустических волнах. // Беспроводные технологии, 2009. №4.
2. Ultra-Wideband (UWB) Hairpin-Comb Filters with Broad Stopband Performances /W. M. Fathelbab, F. Khoury, J. J. Kellar, K. W. White. // IEEE, 2008. – Vol. No 1. – P.451–454.
3. A.A. Lotfi Neyestanak. Enhanced Wide Band Microstrip Hairpin Filter // Journal of Mobile Communication, 2009. – Vol. No 3, Issue 3. P. 59–61.

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ПУТИ ДВИЖЕНИЯ МЕТОДОМ ФАЗОВОЙ ДАЛЬНОМЕТРИИ

Мониторинг движения транспортных средств (ТС), привязанных к путевой структуре (рельсовая, трубопроводная, магнитолевитационная, струнная, пр.) в ряде случаев требует повышенной точности и оперативности получения данных о текущей позиции движущегося объекта. Такие данные дают основания для своевременного принятия управляющих решений.

Применение широко распространенных в настоящее время спутниковых систем позиционирования, как и различных эфирных радиотехнических методов не всегда возможно вследствие естественных ограничений, в частности, из-за отсутствия радиовидимости на некоторых участках траектории движения. Традиционные системы, построенные на базе множества датчиков [1] прохождения ТС по путевой структуре не дают непрерывной информации о положении ТС в любой момент времени.

Неизменная во времени пространственная топология путевой структуры позволяет свести задачу определения координат ТС в трехмерном пространстве к задаче получения всего одного значения – расстояния от начала путевой структуры до текущего положения ТС, измеряемого на кривой линии (в общем случае) траектории его движения.

Предлагаемый в настоящей работе метод измерений длины пути пройденного ТС основан на схеме измерения длины пути прохождения радиосигнала по траектории, параллельной траектории генератора сигнала, установленному на движущемся средстве. Для этого путевая структура оснащается двумя излучающими направленными линиями связи (НЛС), проложенными параллельно траектории движения ТС с источником радиосигнала. Одна линия – для эталонного сигнала, вторая – для передачи сигнала с ТС. Время прохождения сигнала вычисляется на основе измерений фазовой разницы сигналов от подвижного генератора и эталонного, неподвижного генератора, установленного в начале линии. По известным значениям скорости прохождения радиоволн в НЛС определяется длина пути до генератора на ТС (это длина линии связи до точки приема сигнала плюс расстояние от линии связи до антенны передающего генератора). Предполагается, что сигнал от генератора распространяется по нормали

¹ д.ф-м.н., зав.отделом ИТСТ НАН Украины

² ведущий инженер ИТСТ НАН Украины

³ м.н.с., ИТСТ НАН Украины

от антенны до точки приема на НЛС, а затем по НЛС до схемы измерения времени прохождения сигнала.

Базовое отличие предлагаемого метода от радиолокационной технологии фазометрии заключается в канализации радиосигнала вдоль траектории движения наблюдаемого объекта. Другие аспекты использования фазометрического метода дальнометрии, в частности, фазовая неоднозначность и стабильность частот генераторов сигнала аналогичны проблемам, присущим традиционным радионавигационным методам.

НЛС, прокладываемые вдоль путевого полотна, одновременно служат как линии передачи сигнала и как приемные антенны. Для снижения потерь передачи энергии высокочастотных колебаний предпочтительно использование кабелей с достаточно большими размерами оболочки и внутренней жилы. Более высокие эксплуатационные и электрические характеристики имеет излучающий коаксиальный кабель, внешняя проводящая оболочка которого образована двумя перекрывающимися полукруглыми цилиндрическими экранами. Наружные экраны представляют собой полукруглую алюминиевую ленту и разделены слоем полиэтилена с малыми потерями. Провода утечки в оплетке используются для обеспечения контакта между двумя наружными экранами при подсоединении внешних разъемов. Кабели подобной структуры получили наименование «триаксиальные» [2]. Они находят применение как радионесущие компоненты в системах беспроводной связи в особых зонах типа туннелей и шахт, для локальной беспроводной связи (например, для связи с передвижными телевизионными камерами).

Проведенные в Институте Транспортных Систем и Технологий НАН Украины («Трансмаг») теоретические и экспериментальные работы по оценке предлагаемого метода позиционирования ТС показали возможность его применения, в частности, в составе навигационной подсистемы магнитолевитационной дороги.

Список литературы

1. Дзензерский В.А., Плаксин С.В., Соколовский И.И. Радиоволновые методы контроля и управления движением магнитолевитирующих транспортных средств //Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – Запорізький національний технічний університет. – 2002. №1. – С. 108.

2. ATIS Telecom Glossary 2012 / ATIS Committee PRQC – <http://www.atis.org/glossary/definition.aspx?id=689> – 16.08.2012

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ СИНХРОНИЗАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ КВАДРАТУРНУЮ ОБРАБОТКУ ОГИБАЮЩИХ СИГНАЛОВ

Рассмотрены возможности применения квадратурной обработки сигналов (КОС) в пассивных системах синхронизации для случая измерения временного положения (ИВП) сигналов по их огибающим. Для этого разработана модель, состоящая из ряда блоков. Последние позволяют имитировать, как КОС для ИВП сигналов по огибающим, так и два случая применения КОС в данных системах – согласованную фильтрацию (СФ) сигналов в каждом из пунктов (вариант «КОС+СФ») и взаимокорреляционную обработку (ВКО) принимаемых в пунктах сигналов (вариант «КОС+ВКО»).

В основу модели положен алгоритм общего охвата [1] и присущая этому алгоритму возможность получения оценок сдвига шкал с использованием ВКО (рис. 1). На рис. 1 введены обозначения: $S_{\text{ог}}^a(t)$, $S_{\text{ог}}^e(t)$ – принятые в пунктах радиосигналы и их огибающие после согласованной фильтрации; \hat{t}_1^a , \hat{t}_1^e – оценки временных положений огибающих сигналов в пунктах; $\hat{t}_1^a - \hat{t}_1^e$ – разность оценок соответствующих временных положений огибающих сигналов в пунктах; $R^{ae}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{\text{ог}}^a(t) \cdot S_{\text{ог}}^e(t-\tau) dt$ – взаимокорреляционная функция огибающих принятых в пунктах сигналов.

Результаты исследований приведены на рис. 2 для случая $M = T_n \Delta\omega_{\text{эф}} = 25$ (T_n – интервал наблюдения; $\Delta\omega_{\text{эф}}$ – эффективная ширина спектра огибающей). Моделирование показало наличие пороговых эффектов, проявляющееся в резком увеличении среднеквадратического отклонения измерения сдвига шкал $\sigma_{\Delta T}$ при уменьшении отношения сигнал/помеха ниже некоторого порогового значения $q_{\text{пор}}$ (см. рис. 2). Хотя пороговые эффекты теоретически обоснованы в [2] для ИВП сигналов после СФ, однако модельные значения $q_{\text{пор}}$ для пассивных систем син-

¹ д.т.н., проф. каф. ОРТ ХНУРЭ

² к.т.н., в.н.с. НУЦ ОРТ, каф. ОРТ ХНУРЭ

³ асп. каф. ОРТ ХНУРЭ

хронизации в случае КОС ($q_{\text{пор/«КОС+СФ»}}$ и $q_{\text{пор/«КОС+ВКО»}}$ на рис. 2) примерно на 3 дБ превышают теоретические оценки.

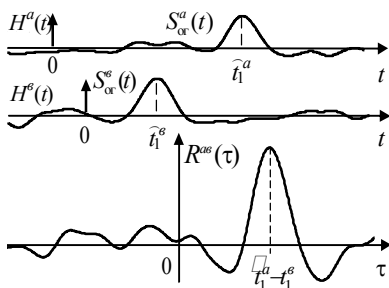


Рис. 1.

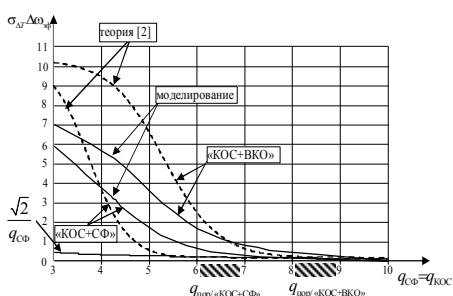


Рис. 2.

При $q < q_{\text{пор}}$ зависимости $\sigma_y \Delta \omega_{\text{эф}}(q)$ для КОС существенно отличаются от теоретических. В случае $q > q_{\text{пор}}$ точности измерения сдвига шкал в АОО для двух случаев КОС и СФ практически совпадают.

Выполненное моделирования позволяет сделать выводы:

1) при условии превышения отношениями сигнал/помеха соответствующих пороговых значений, КОС может быть использована в пассивных системах синхронизации для измерений сдвига шкал по огибающим общих сигналов в случаях «КОС+СФ» и «КОС+ВКО»;

2) преимуществом КОС в случае «КОС+ВКО» является существенно меньший объем информации, которой обмениваются пункты;

3) представляет интерес развитие модели для случаев фазовых измерений, коррелированных и мультипликативных помех, вызванных изменением коэффициента затухания и многолучевостью канала.

Список литературы

1. Коваль Ю. А. Анализ возможностей метода общего охвата для высокоточной синхронизации стандартов времени и частоты в пределах прямой видимость / Ю. А. Коваль, А. А. Костыря, В. В. Обельченко, Е. Ю. Бондарь, Е. А. Иванова, Е. П. Ермолаев, М. В. Милях // РИУ. 2009. Вып. 1(20) С. 21–30.

2. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-ое перераб. и доп./Под ред. Я.Д. Ширмана. М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ВИДА ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ

Автоматическая классификация видов цифровой модуляции (АКМ) – это задача, которая возникает в современных устройствах радио-контроля, программно-определяемых радиосистемах (ПОР), приемно-передающей аппаратуры, в состав которых входят адаптивные демодуляторы, в гибких интеллектуальных системах связи, а так же системах, в которых обработка сигнала должна происходить в реальном масштабе времени. Это промежуточный этап между обнаружением сигнала и его демодуляцией.

В данной работе ставится задача классификации цифровых видов модуляции в коротковолновых (3–30 МГц) и ультркоротковолновых (300–3000 МГц) каналах связи. Импульсная характеристика этих радиоканалов нестационарна из-за многолучевого распространения радиоволн на трассе передатчик – приемник.

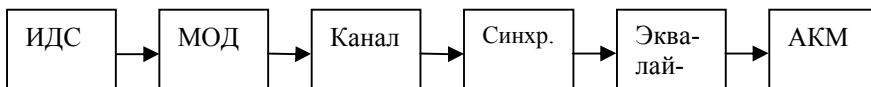


Рис. 1. Система АКМ

В ходе работы разработана следующая модель, состоящая из ИДС – источника двоичного сообщения, модулятора (КАМ, ФМ, ЧМ), канала связи, синхронизатора, слепого выравнивателя, автоматического классификатора вида модуляции.

Моделирование производилось в среде MatLab R2009 с написанием отдельных модулей (генератор, модулятор, демодулятор, канал связи, источник шума) на языке C++. Алгоритмы слепого выравнивания и автоматической классификации видов модуляции реализованы в среде MatLab. Количество отсчетов на один такт сигнала можно выбирать произвольно, при этом необходимо контролировать размерность (длину) импульсной характеристики.

¹ д-р техн.наук, зав.каф. теоретических основ радиотехники и связи ПГУТИ

² ст. преп. каф. теоретических основ радиотехники и связи ПГУТИ

ИДС генерирует двоичное сообщение произвольной длины. В блоке модулятора реализованы цифровые виды модуляции, наиболее часто применяемые для коротковолновых и ультракоротковолновых каналов связи. Канал связи – аналоговый многолучевой канал с межсимвольной интерференцией, (неопределенной) случайной фазой и рэлеевскими замираниями. В канале присутствует аддитивный белый (квазибелый) гауссовский шум. В слепом выравнивателе реализован модифицированный алгоритм взаимных отношений (нуль-пространства). Автоматический классификатор вида цифровой модуляции реализует модифицированный алгоритм Кульбака-Лейблера, обобщенный на линейные и нелинейные виды модуляции.

Данный алгоритм эквивалентен алгоритму максимального правдоподобия для больших выборок. Алгоритм позволяет классифицировать различные виды цифровой модуляции.

Пусть теперь мы имеем случай нелинейной модуляции без памяти. Алгоритм примет вид:

$$\hat{C}_j = \arg \min_j \left(\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \int \hat{p}(\mathbf{z}_k) \log \frac{\hat{p}(\mathbf{z}_k)}{p(\mathbf{z}_k | C_j)} d\mathbf{z}_k \right), \quad (1)$$

где \mathbf{z}_k – отсчеты, формирующие k – е созвездие на тактовом интервале. При этом предполагается, что отсчеты шума, взятые на одном тактовом интервале, – независимы. Данное предположение кажется естественным для приемников систем радиоконтроля, характеризующихся широкой полосой приема и числом избыточной дискретизации.

Разработанная программная модель системы автоматической классификации видов цифровой модуляции в условиях многолучевости канала с аддитивным белым гауссовским шумом позволяет производить исследования при различных соотношениях сигнал/шум, а так же с любым количеством отсчетов на тактовый интервал.

Список литературы

1. Горячкин О.В. Методы слепой обработки сигналов и их приложения в системах радиотехники и связи. – М.: Радио и связь, 2003.
2. Горячкин О.В., Харитонов А.А. Вскрытие модуляционных параметров радиосигналов с неизвестной структурой // Информационные технологии. – №2, 2010. стр. 4–11.

**ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОСМУЖКОВИХ СПРЯМОВАНИХ
ВІДГАЛУЖУВАЧІВ НА ЗВ'ЯЗАНИХ ЛІНІЯХ ПЕРЕДАЧ**

Пристрої НВЧ на основі мікросмужкових ліній передач (МСЛП) широко використовуються в системах радіолокації, радіонавігації, телекомунікації та ін. завдяки малим габаритам та масі, високій надійності та низькій собівартості. В залежності від призначення та вимог, що висуваються, варіюється і топологія пристроїв НВЧ. Так, наприклад, введення щілини до екрануючого шару конструкції МСЛП дозволяє вирівняти ефективні діелектричні проникності парної $\epsilon_{\text{эф}oe}$ та непарної $\epsilon_{\text{эф}oo}$ хвиль, підсилює електричний зв'язок між сусідніми резонаторами [1]. Однак характеристики пристроїв на МСЛП дуже чутливі до змін геометричних розмірів їх елементів [2].

На сьогоднішній день існує значна кількість систем автоматизованого проектування (САПР) НВЧ пристроїв (Microwave Office, HFSS, FEKO та ін.), які дозволяють формувати топологію та схему пристроїв, проводити електромагнітний аналіз та оптимізацію, отримувати вихідні характеристики у графічному та табличному виглядах. Однак жодна з цих САПР не дозволяє виявити вплив неоднорідностей топології на вихідні характеристики пристроїв, виміряти їх ємності. А наявні аналітичні формули розрахунку ємності неоднорідності лінії, виконаної за мікросмужковою технологією, не дозволяють аналізувати топологію пристрою цілому та врахувати наявність декількох ідентичних або різних неоднорідностей водночас.

Метою даної роботи є виявлення зміни ємності неоднорідностей топологій спрямованого відгалуджувача на мікросмужкових лініях передач при внесенні щілини до екрануючого шару.

Область неоднорідності в мікросмужковій лінії призводить до зміни електричного поля, тобто до появи еквівалентної ємності, яка, при квазістатичному моделюванні, визначається надлишковими зарядами [2].

Розрахунок поверхневих зарядів на мікросмужках, що утворюють неоднорідність, проводиться виходячи з рівняння:

$$\varphi(r_p) = \int_{S_n} G(r_p, r_q) \cdot \sigma(r_q) ds_q = U ,$$

¹ аспірант каф. ІТЕЗ, ЗНТУ

де $\sigma(r_q)$ – розподілення щільності заряду на поверхні S_{Π} провідників із заданим значенням потенціала U ; $G(r_p, r_q)$ – функція Гріна краєвої задачі або потенціал, наведений у точці спостереження p зарядом, розташованим у точці q .

Еквівалентна ємність неоднорідності розраховується за співвідношенням [3]:

$$C_i = \frac{1}{\phi_i} \sum_{n=1}^{N_i} \sum_{m=1}^{M_i} (\sigma_{nm} - \sigma_{0nm}) s_{nm},$$

де ϕ_i – потенціал i -ї смужки; N_i – число ділянок, на які поділена смужка L_i вздовж; M_i – число ділянок, на які поділена смужка шириною w_i впоперек; s_{nm} – площа nm -ої ділянки; σ_{nm} – поверхневий заряд у центрі nm -ої ділянки; σ_{0nm} – поверхневий заряд у центрі m -ої ділянки, рівновіддаленого від кінців смужки.

На основі наведених рівнянь було проведено автоматизований розрахунок ємностей неоднорідностей топології спрямованого відгалужувача на зв'язаних мікросмужкових лініях з отвором в екранувальному шарі та без отвору. У розрахунках використовується діелектрична проникність підложки; її заміна на ефективну діелектричну проникність, розраховану у квазідинамічному наближенні, дає можливість аналізувати частотні зміни ємності неоднорідностей. Таким чином можливо розрахувати параметри розсіювання спрямованого відгалужувача з урахуванням неоднорідностей топології у квазідинамічному наближенні.

Список літератури

1. M. del Castillo Velazquez-Ahumada. Parallel coupled microstrip filters with ground-plane aperture for spurious band suppression and enhanced coupling [Текст] / M. del Castillo Velazquez-Ahumada, J. Martel, F. Medina // IEEE IEEE trans. on microwave theory and techniques. – 2004. – V. 52 – № 3. – Р. 1082–1086.
2. Гупта К. Машинное проектирование СВЧ устройств [Текст] / К. Гупта, Р. Гадж , Р. Чадха. Пер.с англ. – М. Радио и связь, 1987. –432 с.: ил.
3. Карпуков Л.М. Проектирование полосковых плат в автоматизированной системе анализа микрополосковых интегральных схем (САМИС) [Текст] / Л.М. Карпуков, Л.В. Кузьмина // – Запорожье, 1984. – 6 с. Рус. – Деп. в УкрНИИ-НТИ 12.05.84, №1050 Ук-84.

ПІДПОВЕРХНЕВЕ ЗОНДУВАННЯ ОРТОТРОПНОГО КОМПОЗИТА В БЕЗРОЗМІРНИХ КООРДИНАТАХ

Переважно за допомогою підповерхневого електромагнітного зондування оцінюються фізичні параметри природних середовищ та виявляються дефекти промислових виробів.

Ортотропний композит володіє симетрією структури і властивостей щодо напрямку армування, зокрема, значень електропровідності. Вздовж і впоперек армувальних волокон провідність відрізняється приблизно на порядок для евтектичних композитів ($\sim 10^6 \div 10^7$ См/м) та в декілька разів – у випадку металевих ($\sim 10^7 \div 10^8$ См/м) і вуглецевих ($\sim 10^1 \div 10^4$ См/м). Розриви та розшарування волокон – основні типи дефектів – погіршують провідність у відповідному напрямку.

Для аналітичного описання підповерхневого зондування ортотропного композита необхідно знати просторово-часові розподілення декартових проекцій електричної напруженості в повітрі, над його поверхнею та густини індукційного струму в нижньому напівпросторі.

Серед підходів до математичного моделювання просторово-часових розподілів особливе місце займають інтегральні рівняння. Так, після переходу від змішаної граничної задачі для диференціальних рівнянь до відповідних інтегральних, чисельне моделювання використовує інтегрування замість диференціювання, що зменшує інтенсивність шуму округлення та підвищує обчислювальну ефективність.

Дослідження ґрунтовані на інтегральних рівняннях щодо фундаментальних розв'язків диференціальних рівнянь: хвильового й електропровідності, відносно абсциси та ординати елементарного вектор-потенціалу, створюваного $(x_0, y_0, z_0=0)$ – джерелом стороннього струму [1, 2]. Такі розв'язки є функціями Гріна для необмежених областей, тому початкові й граничні умови замінюються відповідною множиною точкових джерел. Останні моделюють прямокутне осердя котушки магнітної антени, орієнтованої сторонами паралельно вісям x й y та віддаленої зазором h від верхньої композита. В робочому діапазоні до 0,5 ГГц магнітна антена формує імпульси, фронти яких змінюються повільніше, ніж за лінійним законом, утворюючи *субоптимальне* збурення.

¹ Канд. техн. наук, доцент ДНУ

За допомогою часового диференціювання та подальших спрощень отримані просторово-часові розподіли x - і y -проекцій електричної напруженості в повітрі та густини індукційного струму в композиті.

Перехід до безрозмірних цілочисельних координат здійснюється окремо для абсциси й ординати як електричної напруженості, так і густини індукційного струму. З метою коректної дискретизації і співмірності просторово-часових даних, перехід реалізується шляхом ділення:

1. Просторових змінних на індивідуальні (щодо певної проекції) кроки $\Delta^* = 8\pi / \sigma^* \sqrt{\mu_0 / \varepsilon_0}$:

$$X_* = [x / \Delta_*], \quad Y_* = [y / \Delta_*], \quad Z_* = [z / \Delta_*], \quad (*=x, y).$$

2. Часової змінної на термін $\Delta_*^t = 8\pi\varepsilon_0 / \sigma^*$ подолання просторового кроку зі швидкістю світла:

$$T_* = [t / \Delta_*^t] = [ct / \Delta_*], \quad \tau_* = [\tau / \Delta_*^t] = [c\tau / \Delta_*],$$

де $\sqrt{\mu_0 / \varepsilon_0} = 120\pi(\text{Ом})$ – хвильовий імпеданс повітря, $[]$ – знак округлення до найближчого цілого.

Доведено, що така узгоджена дискретизація задовольняє критерію Найквіста.

Приклад. Для ортотропного композита з провідностями $\sigma_x = 10^3 \text{ См/м}$ і $\sigma_y = 0.5 \cdot 10^3 \text{ См/м}$ уздовж і поперек напрямку армування кроки узгодженої дискретизації дорівнюють: $\Delta_x = 0.0666 \text{ мм}$, $\Delta_x^t = 0.222 \cdot 10^{-12} \text{ с}$ і $\Delta_y = 0.133 \text{ мм}$, $\Delta_y^t = 0.444 \cdot 10^{-12} \text{ с}$. Частоти Найквіста складають: $f_x = 1 / \Delta_x^t = 4.5 \text{ THz}$ і $f_y = 1 / \Delta_y^t = 2.25 \text{ THz}$.

Тому при переході до безрозмірних цілочисельних координат доцільно використовувати формулу прямокутників наближеного інтегрування. В результаті суттєво спрощується вирази для просторово-часових розподілень відносних електричної напруженості в повітрі й густини індукційного струму в композиті.

Список літератури

1. Kchandetsky V., Pashchenko V., Matveeva N. The electromagnetic interaction of a nonmonochromatic field and a moderately orthotropic composite material with a dielectric surface coat. // Proc. 10th Internat. Conf. Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, Dnipropetrovsk, 2004, 432–434 pp.
2. Пашенко В.А., Хандецкий В.С. Вопросы теории электромагнитного контроля ортотропного композита нестационарными полями // Дефектоскопия, 2012, № 6.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОХОДНОГО РЕЗОНАТОРА СО СЛАБОЙ СВЯЗЬЮ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ

Моделированию процессов, происходящих в СВЧ резонаторах, заполненных диэлектрическим материалом, посвящено много исследований [1, 2], но обзор работ показывает, что для детального анализа наблюдаемых явлений недостаточно экспериментальных исследований, а необходимо математическое моделирование этих процессов. Одной из серьезных проблем при разработке таких устройств является трудность формирования заданных распределений поля в диэлектрическом материале, помещенном в резонатор [4]. Наиболее предпочтительным является аналитическое решение задач СВЧ нагрева, которое удобно для нахождения зависимости распределения температуры от параметров среды и характеристик системы возбуждения электромагнитного поля и их оптимизации.

Расчет параметров проходного прямоугольного резонатора с частичным диэлектрическим заполнением при слабой связи решается методом частичных пересекающихся областей и использованием интегральных уравнений макроскопической электродинамики [3]. Этот метод позволяет учитывать как параметры каждого из диэлектриков, так и его геометрическую форму.

В качестве математической модели выбран проходной резонатор со слабой связью, содержащий диэлектрическое заполнение с заданными комплексными диэлектрическими проницаемостями см. рис. 1.

Так как размеры диэлектрических неоднородностей сравнимы с размерами резонатора и резонансной длиной волны, то решение интегрального уравнения для нахождения амплитуд напряженностей электрического поля проводилось численно. Порядок алгебраических систем зависит от количества учитываемых собственных функций. При решении задачи количество собственных функций могло варьироваться в зависимости от параметров диэлектриков и их геометрических размеров.

По значениям амплитуд напряженностей полей рассчитаны коэффициенты прохождения и отражения, а так же мощность излучения из резонансной области и мощность потерь в диэлектриках.

¹ ассистент каф. РТТ, ЗНТУ

² канд. физ.-мат. наук, доцент каф. РТТ, ЗНТУ

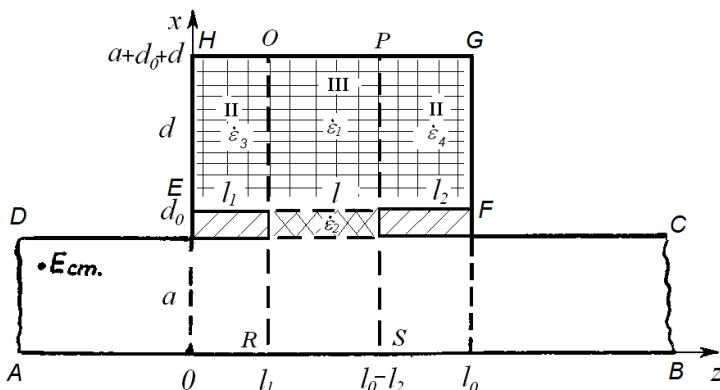


Рис. 1. Проходной резонатор со слабой связью и диэлектрическим заполнением

Полученные результаты позволяют определить параметры диэлектрического заполнения при котором достигается максимально равномерное распределения поля внутри резонатора со слабой связью.

Список литературы

1. Капилевич Б. Ю. Волноводно-диэлектрические фильтрующие структуры : [с правочник] / Б. Ю. Капилевич, Е. Р. Требехин. – М. : Радио и связь, 1990. – 272 с.
2. Степанов В. В. Оптимизация равномерного распределения СВЧ энергии в частично заполненном резонаторе / Степанов В. В. // Материалы 10- й Международной Крымской конференции [«СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»], (Украина, Крым, Севастополь , 11–15 сентября, 2000). – Севастополь : Севастопольский национальный технический университет, 2000. – С. 596.
3. Хижняк Н. А. Интегральные уравнения макроскопической электродинамики / Хижняк Н. А. – К. : Наукова думка , 1986. – 279 с .
4. Shakhbazov S. Yu. Measurement of the distribution of the temperature field of materials in microwave resonators of complex shape / M. V. Nefedov, V. E. Nikishin, D. A. Loik, A. O. Nikishev // Measurement Techniques. – 2008. – Vo l . 5 1, № 6. – P. 671–674.

ПОЛІПШЕННЯ ШВИДКІСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЛС 36Д6

Опис проблеми. В [1] було проаналізовано причини виникнення втрат у швидкісній характеристиці (ШХ) радіолокаційної станції (РЛС) 36Д6. Виявлено неузгодженість періодів повторення імпульсів зондування з властивостями штатних вагових функцій, застосовуваних у системі первинної обробки радіолокаційної інформації (СПОІ) за обчислення дискретного перетворення Фур'є (ДПФ). Виконано оптимізацію характеристик вікон ДПФ за критерієм мінімуму втрат у ШХ для системи формування зони режекції на основі міжперіодної обробки даних ДПФ кількох вобульованих частотних пачок. Отримано, що шляхом заміни штатної вагової функції на оптимальну, можливе зменшення втрат до 5-10 % в умовах впливу пасивних завод й 0–1 % за відсутності таких завод.

Зміна періоду повторення імпульсів зондування призводить до зміни передавального коефіцієнта амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) фільтра. Тому застосування однакових вагових вікон для усіх періодів вобуляції може не забезпечувати найефективнішої обробки сигналів. Застосування різних вагових функцій під час обчислення ДПФ різних частотних пачок одного частотного пакету призводитиме до зміни втрат ШХ. Питання багатовимірної оптимізації вікон ДПФ з метою поліпшення ШХ є недослідженою науковою задачею.

Метою дослідження є оптимізація форм АЧХ фільтрів ДПФ за критерієм мінімуму втрат у швидкісній характеристиці РЛС 36Д6.

Оптимізація форм АЧХ фільтрів ДПФ за критерієм мінімуму втрат у швидкісній характеристиці РЛС 36Д6. В [1] було запропоновано метод розрахунку вагових коефіцієнтів a_k шляхом розв'язання системи лінійних рівнянь (для отримання початкової крапки наближення a'_k) й подальшого уточнення значень a_k за допомоги нетривалої одновимірної лінійної мінімізації шляхом підбирання підставки Δ' для вікна a'_k (цим досягається звуження головної пелюстки АЧХ фільтра й зміна рівня бічних пелюсток): $a_k = a'_k + \Delta'$.

Шляхом заміни штатних вагових функцій для ДПФ на досліджувані, оцінювався ступінь розширення смуги режекції ΔZ .

Оскільки для формування швидкісної характеристики в РЛС 36Д6 застосовується вобуляція чотирьох періодів повторення імпульсів зонду-

¹ інженер-конструктор, БАТ «Перетворювач»

² канд. техн. наук, доц. каф. РТТ, ЗНТУ

вання, то для мінімізації втрат ШХ треба провести чотиривимірну оптимізацію $\Delta Z(\Delta'_1, \Delta'_2, \Delta'_3, \Delta'_4)$ з метою визначення оптимальних значень Δ' для кожної частотної пачки (періоду повторення імпульсів зондування).

Через складну форму чотирьохпараметричної функції ΔZ (наявність багатьох локальних екстремумів) жодний з загально відомих методів багатовимірної оптимізації (Хука-Дживса, Нелдера-Міда, генетичний алгоритм, тощо) не дозволяв відшукати оптимального розв'язку. Тому задачу багатовимірної мінімізації було виконано методом перебору.

З метою пошуку оптимальної форми АЧХ фільтрів ДПФ розраховувалася залежність $\Delta Z(\Delta'_1, \Delta'_2, \Delta'_3, \Delta'_4)$ для вузькосмугової моделі цілі, що рухається у вільному від пасивних завад просторі, й на тлі однієї пасивної завади (вузькосмугова модель).

Отримано, що для кожного режиму роботи РЛС 36Д6 для різних сигнально-завадових ситуацій існує своє оптимальне вікно. Але за накладання додаткової умови не збільшення рівня хибних тривог, компромісним шляхом було знайдено можливість для зменшення втрат у швидкісній характеристиці РЛС 36Д6 на 15 % для будь-якого режиму роботи станції за довільної сигнально-завадової ситуації. За цього, для різних періодів повторення різних режимів випромінювання необхідно застосовувати окремий набір вагових функцій.

Висновки. Головною причиною виникнення втрат у ШХ РЛС 36Д6 є неузгодженість періодів повторення імпульсів зондування з властивостями штатної вагової функції, тобто шириною смуги радіальних швидкостей руху цілей, що перекривається головною пелюсткою одного фільтра ДПФ. Проведені дослідження з оптимізації форми АЧХ фільтрів ДПФ за критерієм зменшення втрат у ШХ РЛС 36Д6 показали, що:

1. Не існує вікна, яке було б єдиним оптимальним для усіх режимів випромінювання імпульсів зондування РЛС 36Д6.

2. Шляхом заміни штатних вагових функцій на оптимальні можливе зменшення втрат на 15 % за довільної сигнально-завадової ситуації (в межах досліджуваних моделей). За цього, для різних періодів повторення різних режимів випромінювання необхідно застосовувати окремий набір вагових функцій.

Список літератури

1. Чорноборода Н. П. Синтез вагових функцій з малим рівнем міжфільтрового просочування для дискретного перетворення Фур'є / Н. П. Чорноборода, М. П. Чорнобродов // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2008. – № 2. – С. 159–162.

**МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ
СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ РЛС 36Д6**

Обзорная РЛС 36Д6 (далее – РЛС) с межпачечной вобуляцией частоты повторения зондирующих импульсов (ЧПИ) производства КП «НПК «Искра» (г. Запорожье) является одной из наиболее конкурентоспособных на мировом рынке спецтехники. Одной из причин высокого спроса на РЛС является ее высокая помехозащищенность, которая обеспечивается, в том числе, системой селекции движущихся целей (СДЦ). Несмотря на высокую надежность и эффективность, система СДЦ РЛС не лишена недостатков. Так, на некоторых режимах работы РЛС в полосе пропускания СДЦ существуют провалы, а переход от полосы режекции к полосе пропускания на всех режимах является пологим и немонотонным. Таким образом, исследования, направленные на повышение эффективности системы СДЦ и улучшение тактико-технических характеристик РЛС, представляются актуальными.

Оценка эффективности системы СДЦ выполняется с помощью амплитудно-скоростных характеристик (АСХ), которые представляют собой зависимость факта обнаружения цели от радиальной скорости и величины порога по энергетике.

Для оптимизации значений порогов по скорости T_j авторами была разработана математическая модель системы СДЦ, позволяющая получать АСХ. Методика оптимизации состояла в следующем. Посредством анализа АСХ выполнялось четыре процедуры одномерной оптимизации каждого из порогов T_j методом перебора по критерию минимума ложных обнаружений и пропусков цели. В результате получали набор порогов (T_1 , T_2 , T_3 , T_4). Затем для учета взаимного влияния с помощью того же метода выполнялся поиск оптимальной комбинации в четырехмерном пространстве в окрестности ранее найденной точки.

На рис. 1 показана АСХ одного из режимов РЛС в присутствии пассивной помехи с радиальной скоростью 5 м/с и уровнем +40 дБ относительно сигнала цели до и после оптимизации. Белым цветом показана область обнаружения целей. Оси абсцисс (радиальной скорости) на рисунках

¹ к.т.н., начальник отдела КП «НПК «Искра»

² ведущий программист КП «НПК «Искра»

³ д.т.н., профессор, зав. каф. радиотехники и телекоммуникаций ЗНТУ

⁴ ст. преподаватель каф. защиты информации ЗНТУ

не проградуированы из соображений конфиденциальности. По осям ординат показаны величины порогов системы СУЛТ по энергетике в дБ.

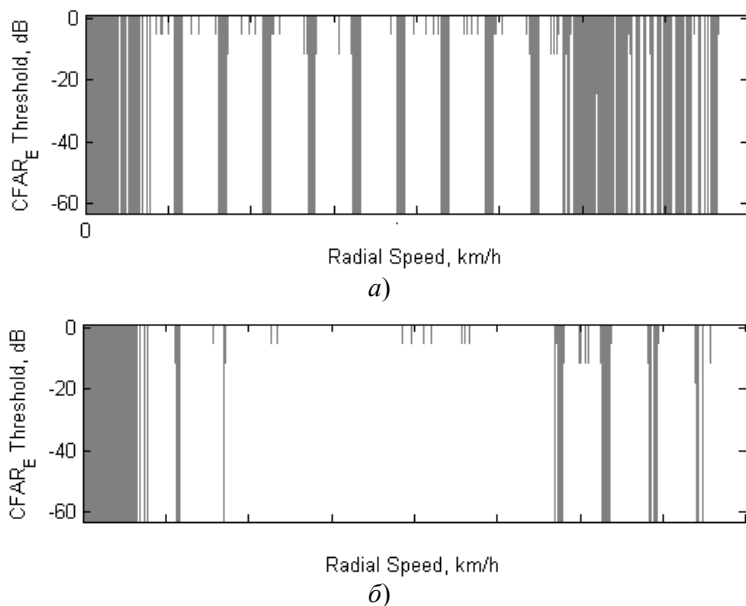


Рис. 1. ACX РЛС до оптимизации (а) и после (б)

Как видно из рис. 1, с помощью предложенной методики удалось устранить ложные обнаружения в зоне режекции без изменения ее ширины и уменьшить количество пропусков целей в 2,8 раз.

В дальнейшем планируется усовершенствование предложенной методики для уменьшения временных затрат на вычисления, разработка методики оптимизации ЧПИ РЛС, а также усовершенствование алгоритма работы обнаружителя.

Список литературы

1. Радиолокационная станция 36Д6М. Эксплуатация и техническое обслуживание. Учебное пособие / [Май И.Д., Каспирович А.Г., Винник В.А. и др.]. – Запорожье: КП НПК «Искра», 2006. – 141 с.
2. Skolnik M. Introduction to Radar Systems. McGraw-Hill, 2001.

2 СЕКЦИЯ «ТЕЛЕКОМУНИКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»

УДК 621.391

Бондарев Б.Н.¹

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СПЕКТРОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ АФМ, QAM, CAP

В последние десятилетия все шире применяются многопозиционные сигналы с амплитудно-фазовой манипуляцией (АФМ). Однако, в доступной литературе недостаточно освещены вопросы формирования таких сигналов, вопросы обработки и помехоустойчивости приема, особенности спектров и требования к характеристикам каналов связи.

Для стандартных телефонных каналов (каналы тональной частоты) применяются многопозиционные сигналы АФМ по протоколам V.32 и V.34.

Для высокоскоростной передачи цифровой информации по абонентским линиям (кабели с медными жилами) применяется технология HDSL с использованием сигналов CAP-64 и CAP-128 (Carrierless Amplitude and Phase modulation) с передачей одной боковой полосы.

В системах мобильной связи (т.е. по радиоканалам) по технологии LTE и в системах цифрового телевидения по стандарту DVB применяются многопозиционные сигналы QAM (квадратурная амплитудная модуляция) по стандарту широкополосного доступа IEEE 802.16-2004. При этом дополнительно для частотного уплотнения используется технология OFDM (с ортогональными поднесущими).

Отметим, что термин модуляция сигналов сначала использовался только для радиосигналов (или близких к ним), когда модулирующий сигнал и модулируемая несущая отличались по частоте на несколько порядков. Принципиальной особенностью протокола IEEE 802.16 является то, что модуляция сигналов (манипуляция) осуществляется на радиочастотах с использованием для уплотнения множества ортогональных поднесущих (технология OFDM). При этом все сигналы из сигнального созвездия (для одной поднесущей) содержат много периодов несущей частоты, не содержат постоянной составляющей, а их спектры не содержат также низкочастотных составляющих.

Для сигналов по протоколу V.34 и технологии HDSL значения несущей частоты соизмеримы со скоростью модуляции (бодовой скоростью). Число периодов несущей частоты на интервале длительности символа очень мало (порядка $0,75 \div 1,5$ периода). При этом спектры всех сиг-

¹к.т.н., профессор кафедры РТТ, ЗНТУ.

налов из сигнального созвездия находятся в области низких частот. При нецелом числе периодов спектры сигналов содержат спектральную составляющую на нулевой частоте (постоянная составляющая).

Поскольку в проводных системах связи в линиях связи имеются трансформаторы и конденсаторы, не пропускающие постоянную составляющую, то необходимы ограничение спектра снизу или перенос спектра вверх. Величина сдвига спектра для протокола V.34 составляет 300 Гц, поскольку канал ТЧ пропускает частоты в диапазоне 300–3400 Гц. Следовательно, в этом случае применяется однополосная передача.

При использовании технологии HDSL спектры сигналов также находятся в области низких частот и содержат постоянную составляющую. При подаче в линию спектры сигналов сдвигаются вверх примерно на 40 кГц, причем после модуляции передается только верхняя боковая полоса. В области низких частот в линии сохраняется обычный канал точной частоты.

Отметим теперь, что термин квадратурная АМ (КАМ, QAM) полностью правомерен для 4-х позиционных сигналов, обозначаемых как ФМ-4, АФМ-4, QAM-4, QPSk. При большем числе позиций (уровней) множество сигналов в целом перестает быть квадратурным, поскольку отличие по фазе становится меньше 90°. Квадратурными (ортогональными) остаются только определенные пары сигналов.

Общей для технологий V.34 и HDSL является проблема формирования одной боковой (верхней) полосы частот. Известные давно фильтровые методы выделения боковой полосы в этих случаях не применимы. Необходимо использование фазового метода выделения боковой полосы. Практическая реализация этого метода возможна цифровыми методами, в частности, с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ).

УДК 621.391

Агеев Д.В.¹, Хайдара Абдалла²

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ГРАФА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СЕТЕЙ WDM С ОПТИЧЕСКИМИ КОНВЕРТОРАМИ

Современное развитие общества, которое идет по пути его информатизации, требует построения телекоммуникационных систем, удовлетворяю-

¹д.т.н., профессор кафедры телекоммуникационных систем, ХНУРЕ

²аспирант кафедры телекоммуникационных систем, ХНУРЕ

щих его спрос на обмен информацией. Важной составляющей современных сетей являются транспортные сети. Наиболее перспективными и эффективными являются оптические сети xWDM, которые позволяют обеспечить высокие скорости передачи данных, более полно использовать пропускную способность волоконно-оптического кабеля и которые могут использоваться самостоятельно или как базовые для наложенных на нее сетей.

Оконечные узлы сети, связанные с помощью полностью оптической сети, взаимодействуют с образованием виртуального канала называемого световым путем. Световой путь образуется между оконечными узлами сети посредством назначения в каждом канале оптической сети длины волны используемой для передачи информационного потока взаимодействующих оконечных узлов. Кроме того, в большинстве случаев неизменной остается и сама длина волны, используемая для передачи потока. По этой причине, при назначении длин волн в сети может возникнуть ситуация, когда в сети на различных ее участках есть незанятые длины волн (есть незадействованные пропускные способности каналов связи), но произвести выбор маршрута и длины волны для обеспечения передачи информационного потока между оконечными узлами невозможно.

Устранение внутрисетевых блокировок возможно за счет установки в части узлов сети оптических конверторов, что увеличивает стоимость сети. В данном докладе задача выбора количества и мест установки оптических конверторов рассматривается как оптимизационная. Критерием оптимальности является минимум стоимости сети при полном удовлетворении требования к запросам на установку соединений между абонентами сети.

Информационные потоки в сети, логические каналы между оптическими конверторами от одного преобразования до другого, сама оптическая сеть, и используемые длины волн образуют наложенные структуры. Для математического описания и для решения оптимизационной задачи удобно использовать многослойный граф (МСГ) [1].

Решение задачи с использованием МСГ предусматривает:

- синтез исходного избыточного взвешенного МСГ, описывающего структуру наложенных сетей. При этом МСГ на нижних уровнях содержит граф описывающий исходную избыточную топологию сети, а совокупность графов (количество графов слоя соответствует количеству доступных длин волн) повторяющих топологию сети соединенных определенным образом с верхними слоями;
- описание потоков в сети с помощью потоковой модели на многослойном графе [2], с ограниченными пропускными способностями ребер;
- решение задачи распределения потока минимальной стоимости;
- удаление из структуры графа ребер с нулевыми потоками;

– полученная результирующая структура МСГ интерпретируется обратно в искомую конфигурацию оптической сети с местами установки оптических конвертеров, маршрутами передачи потоков и привязкой длин волн к маршрутам.

Список литературы

1. Агеев Д.В. Моделирование современных телекоммуникационных систем многослойными графами [Электронный ресурс] / Д.В. Агеев // Проблемы телекоммуникаций. – 2010. – № 1(1) – Режим доступа до журн.: http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_ageyev_simulation.pdf.

2. Агеев Д.В. Метод проектирования телекоммуникационных систем с использованием потоковой модели для многослойного графа [Электронный ресурс] / Д.В. Агеев // Проблемы телекоммуникаций. – 2010. – № 2 (2) – Режим доступа до журн.: http://pt.journal.kh.ua/2010/2/1/102_ageyev_layer.pdf.

УДК 621.396.6.019.3+519.87

Мандзій Б.А.¹, Волочій Б.Ю.¹, Озірковський Л.Д.²,
Змисний М.М.³, Муляк О.В.³

МОДЕЛІ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ ТРЬОХ КОНФІГУРАЦІЙ ВІДМОВСТІЙКОЇ СИСТЕМИ З МАЖОРИТАРНОЮ СТРУКТУРОЮ

На етапі системотехнічного проектування необслуговуваних програмно-апаратних радіoeлектронних засобів (РЕЗ) для проектанта важливою задачею є вибір відмовостійкої системи (ВС), яка б гарантувала потрібний рівень надійності на протязі всього періоду експлуатації.

Для забезпечення надійності програмно-апаратних РЕЗ використовують: ВС на основі мажоритарної структури (МС) з фіксованим правилом прийняття рішення [1]; ВС з реконфігурацією ядра мажоритарної структури [2]; ВС з вкладенням трьох мажоритарних структур в мажоритарну структуру [3]. Відповідно задача порівняння надійності програмно-апаратних РЕЗ з використанням вищезгаданих конфігурацій є актуальною.

Для вирішення поставленої задачі моделі ВС розроблено за технологією аналітичного моделювання, поданою в [4]. В моделі ВС з мажоритарною структурою і фіксованим правилом прийняття рішення враховано: наявність ковзного резерву для технічних систем (ТС) ядра; тех-

¹ д.т.н., професор, Національний університет «Львівська політехніка»

² к.т.н., доцент, Національний університет «Львівська політехніка»

³ аспірант, Національний університет «Львівська політехніка»

нічне обслуговування з стратегією аварійного відновлення; обмеження на кількість відновлень; ненадійну роботу комутатора ковзного резерву. Тривалість безвідмовної роботи ТС представлена експоненційним законом розподілу, а тривалість їх відновлення – законом розподілу Ерланга.

В моделі ВС з мажоритарною структурою, в якій передбачено зміну правила прийняття рішення і відповідну реконфігурацію ядра мажоритарної структури, що дозволяє на весь час експлуатації системи зберегти мажоритарний принцип при зменшенні кількості працездатних ТС в ядрі, враховано: наявність ковзного резервування ТС ядра; ненадійну роботу ТС, мажоритарного елемента та комутатора ковзного резерву.

Для ВС, в конфігурацію якої включено три мажоритарні структури вкладені в мажоритарну структуру, розроблено дві моделі. Ці моделі відрізняються тим, що граничну працездатність ВС визначають два правила: перше правило визначає збереження працездатності ВС, коли залишились справними 2 ядра з 3; друге правило визначає збереження працездатності ВС, коли залишилось справним 1 ядро з 3. В моделях враховано можливість формування ковзного резерву та ненадійну роботу ТС і мажоритарних елементів ядер.

Результати порівняння ВС з використанням трьох мажоритарних структур вкладених в мажоритарну структуру, ВС з мажоритарною структурою і фіксованим правилом прийняття рішення та ВС з реконфігурацією ядра мажоритарної структури, реалізованих з однакової кількості технічних систем (9 ТС) продемонстрували, що кращі показники надійності при заданих вхідних параметрах та умовах (ймовірність безвідмовної роботи на інтервалі експлуатації та середнє значення тривалості безвідмовної роботи) забезпечує ВС з МС і фіксованим правилом прийняття рішення типу «2 з 3» плюс 6 ТС в резерві. Зокрема середнє значення тривалості безвідмовної роботи ВС з МС і фіксованим правилом прийняття рішення типу «2 з 3» плюс 6 ТС в резерві на 28% є більшим в порівнянні з аналогічним показником для ВС з використанням трьох мажоритарних структур вкладених в мажоритарну структуру, яка зберігає працездатність коли залишилось справним 1 ядро з 3, і на 7 % є більшим в порівнянні з показником, отриманим для ВС з реконфігурацією ядра мажоритарної структури типу «3 з 5» плюс 4 ТС в резерві.

Список літератури

1. Мандзій Б.А. Оцінювання показників надійності відмовостійкої системи на основі мажоритарної структури з врахуванням параметрів стратегії аварійного відновлення / Б.А. Мандзій, Б.Ю. Волочій, Л.Д. Озірковський, М.М. Змисний, І.В. Кулик // Вісник НУ «Львівська політехніка». Радіотехніка та телекомунікації. – 2011. – №705. – С. 216–224.

2. Волочій Б.Ю. Оцінка ефективності використання відмовостійкої системи з реконфігурацією ядра мажоритарної структури / Б.Ю. Волочій, Л.Д. Озірковський, М.М. Змисний // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – Київ. – 2012. – С. 117–125.

3. Змисний М.М. Дослідження ефективності відмовостійкої системи з використанням вкладених мажоритарних структур в мажоритарну структуру / М.М. Змисний, О.В. Муляк // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали II Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2012. – Тернопіль: 2012. – С. 29–31.

4. Волочій Б.Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем / Б.Ю. Волочій. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2004. – 220 с.

УДК 621.311.68

Мандзій Б.А.¹, Волочій Б.Ю.¹, Кузнєцов Д.С.²,
Кулик І.В.², Озірковський Л.Д.³

ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЖЕРЕЛ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

І. Постановка задачі

Одним з важливих показників, на який звертають увагу, при виборі джерел безперебійного електроживлення (ДБЕЖ) є показник надійності ДБЕЖ. Це обумовлено тим, що раптове припинення електроживлення є причиною значних матеріальних збитків [1].

В публікації [1] визначені вимоги до надійності подачі живлення ДБЕЖ та пропонуються способи її забезпечення шляхом використання відмовостійких систем (ВС) з конфігураціями $(N+M)$ або $2 \times (N+M)$ [1].

Разом із цим для забезпечення високого рівня надійності ДБЕЖ передбачено їх технічне обслуговування (ТО). В роботі [2] подана надійнісна модель ДБЕЖ, які призначені для центрів обробки даних, а також подані розраховані значення коефіцієнтів готовності для різних конфігурацій його ВС. Дана модель, розроблена у вигляді графа станів і переходів, є укрупненою і налічує 10 станів та 22 переходи, що обумовлює ступінь її адекватності і обмежує її використання для вирішення задач надійнісного проектування. Для підвищення ступеня адекватності моделі необ-

¹ д.т.н., професор, Національний університет «Львівська політехніка»

² аспірант НУ «Львівська політехніка»

³ к.т.н., доцент, Національний університет «Львівська політехніка»

хідно уникати укрупнення станів та враховувати реальний закон розподілу для тривалостей процесів відновлення, процесів заряджання, розряджання акумуляторів.

Надлишковість ВС і технічне обслуговування пов'язані з додатковими економічними затратами. Тому актуальною є постановка оптимізаційної задачі: необхідно визначити параметри відмовостійкої системи і технічного обслуговування, при яких затрати будуть мінімальними, а надійність ДБЕЖ буде відповідати заданим вимогам. Вирішення такої задачі є можливим при наявності у розпорядженні проєктанта надійнісних моделей ВС з вищим, ніж у відомих моделях, ступенем адекватності, в яких враховано структуру і поведінку ВС та ТО, а також реальні закони розподілу для відповідних випадкових величин. Отже, задача розробки надійнісних моделей ДБЕЖ є актуальною і потребує свого вирішення.

II. Надійнісні моделі джерел безперебійного електроживлення

Задача розробки надійнісних моделей ВС для ДБЕЖ вирішена методом простору станів за удосконаленою технологією моделювання поведінки складних систем, в якій побудова графа станів і переходів є автоматизована, а розробці підлягає формалізоване представлення об'єкту дослідження у вигляді структурно-автоматної моделі. Удосконалена технологія реалізована в програмному модулі ASNA-1. Згідно цієї технології розроблені структурно-автоматні моделі відмовостійких систем для ДБЕЖ з конфігураціями ВС $(N+M)$ або $2 \times (N+M)$. Ступінь адекватності розроблених моделей визначається тим, що у моделях враховано відмови модулів робочої конфігурації блоку живлення, ненадійність засобів контролю та діагностики, параметри акумуляторів, а також параметри ремонтного органу, який здійснює ТО. Апроксимацію реального закону розподілу для тривалостей процесів відновлення та процесів заряджання, розряджання акумуляторів здійснено законом розподілу Ерланга, який забезпечує вищу ступінь адекватності моделей. Задача побудови моделей ДБЕЖ у вигляді графа станів і переходів вирішена з використанням методу фаз Ерланга.

Наведено приклад вирішення поставленої задачі. При переході від конфігурації ВС $(N+M)$ до $2 \times (N+M)$ вимоги до тривалості відновлення можна зменшити у 12 і більше разів (відповідно до варіантів вхідних даних, які можуть цікавити проєктанта). Для проведення даного дослідження розроблено 2 моделі у вигляді графа станів і переходів. Задану ступінь адекватності забезпечують графи великої розмірності. Зокрема, модель ВС $(N+M)$ має 84 стани і 322 переходи, а модель ВС $2 \times (N+M)$ налічує 612 станів та 2830 переходів. Подано методику оцінки економічних затрат для вибору кращої конфігурації ВС і вимог до ТО.

III. Висновок

Розроблені надійнісні моделі відмовостійких систем дозволяють визначати параметри профілактичного технічного обслуговування для різних конфігурацій відмовостійкої системи, за умови забезпечення однакової надійності джерела безперебійного електроживлення.

Список літератури

1. Теория вероятностей: резервирование и время безотказной работы ЦОД – Режим доступу: <http://telecomblogger.ru/5204>
2. Маккарти К. Сравнение различных схематических конфигураций систем ИБП – APC – 2004. – Режим доступу: http://www.apcmedia.com/salestools/SADE-5TPL8X_R0_RU.pdf

УДК 621.391

Белов В.С.¹, Белов А.С.²

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ДЕЦИМАЦІЇ ТА ІНТЕРПОЛЯЦІЇ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

Передача даних в цифрових (дискретних) системах зв'язку пов'язана з виникненням надлишкової інформації в процесі кодування даних на виході каналу передачі, яка не несе корисної інформації. Дана проблема особливо актуальна в радіоканалах, де спектр випромінюваних сигналів обмежується стандартами зв'язку [1]. Тому, для вирішення проблеми обмеженого спектру в цифрових системах з високою роздільною здатністю, а відповідно з високою надлишковістю, доцільно використовувати системи ущільнення даних та видалення надлишкової інформації. Для ефективного видалення надлишкової інформації, можливо використати метод децимації [2], або проріджування спектру сигналу з метою зменшення частоти вихідних даних. Відповідно до [3], частота дискретизації сигналу при децимації, згідно з теоремою Котельникова, повинна задовольняти умові:

$$\omega_d \geq 2p\omega_{\max},$$

де p – цілочисельний коефіцієнт децимації; ω_{\max} – гранична частота спектру сигналу з надлишковістю.

Децимації передують низькочастотна фільтрація даних, пов'язана зі зміною кроку дискретизації Δt на $\Delta t'$, який складає $\Delta t' = p\Delta t$, з $p > 1$. При

¹ асистент, Вінницький національний технічний університет

² здобувач, Вінницький національний технічний університет

цьому відбувається стиснення основного частотного діапазону та з'являється небезпека потрапляння відфільтрованих частотних складових та високочастотних шумів в основний діапазон. Точка відсінки НЧ фільтру встановлюється згідно отриманої нової частоти Найквіста:

$$f_N' = 1/(2p\Delta t)$$

При нецілочисельному значенні p децимація може проводитися з використанням інтерполяційного ряду або перетворення Фур'є, яке виконується шляхом переведення сигналу в частотну форму і заміною кроку сигналу в координатній формі на новий $\Delta t' = p\Delta t$.

Приведено застосування децимації з цілими значеннями коефіцієнту p для сигналу з високою роздільною здатністю рис. 1, а. Отримані відліки повторюють форму попереднього сигналу. Відфільтровані високочастотні складові зменшують надмірність сигналу, а основна інформація про сигнал знаходиться в НЧ області рис.1, б.

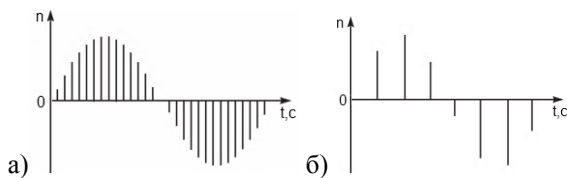


Рис. 1. Сигнал високої роздільної здатності (а), децимований сигнал (б)

Для забезпечення фільтрування високочастотних складових спектру з частотами вище частоти Найквіста застосовується КІХ-фільтр [4] з передаточною характеристикою $H(z)$. Загальна структура КІХ-ФДц зображена на рис. 2.

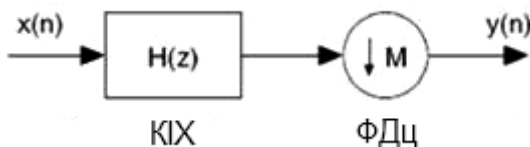


Рис. 2. КІХ-фільтр-дециматор

Щоб виключити поєднання спектральних складових, в системі використовується ФНЧ $H(z)$, який фільтрує сигнал перед дециматором на p згортку, щоб придушити складові з частотами вище частоти $f_s/2p$. В результаті лишаються складові спектру сигналу в діапазоні частот від 0 до $f_s/2p$. Таким чином, можливо використати найпростішу форму децимації, при якій на вихід передається кожен p -й відлік, а всі інші відкидаються.

Інтерполяція даних, на відміну від децимації, отримує значення коефіцієнта $p < 1$, з відповідним збільшенням частоти Найквіста, і не вимагає низькочастотної фільтрації. Тобто, для відтворення децимованого сигналу в системах зв'язку з високою роздільною здатністю можливо застосування інтерполяції за зворотнім значенням коефіцієнту децимації.

Список літератури

1. В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов, П.А. Іщенко. Широкопasmовий цифровий аналізатор спектру з панорамною обробкою сигналів. Матеріали одинадцятій міжнародної науково-технічної конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» (ВОТТП_11_2012) 5–8 червня 2012 р. в м. Хмельницький, Хмельницький національний університет.
2. В.М.Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов. Реалізація універсального цифрового демодулятора на основі швидкодіючих перетворювачів. Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2012. – №2. – С. 152–156
3. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
4. Baker, Bonnie, Delta-sigma ADCs in a nutshell, EDN, Dec 14, 2007, pg 22.

УДК 621.383:52:621.396

Брескин В.А.¹, Корнейчук В.И.²

РАСЧЕТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЦИФРОВЫХ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ВОСП

Предложен метод расчета чувствительности цифрового приемного модуля (ПРОМ) в зависимости от линейной скорости передачи и типа приемника излучения. ПРОМ цифровой ВОСП (см. рисунок) состоит из следующих компонентов [1]: 1 – приемника излучения (ПИ) в виде фотодиода (ФД) *p-i-n*- или лавинного (ЛФД) типа с резистором нагрузки; 2 – источника смещения ПИ; 3 – электронного усилителя (ЭУ) с цепями автоматической регулировки усиления (АРУ); 4 – фильтра нижних частот (ФНЧ); 5 – регенератора электрического сигнала.

Под чувствительностью ПРОМ $p_{\text{о вх мин}}$ (дБм) понимают уровень сигнала на его оптическом входе (точка *R* – Receiver), который превышает результирующий уровень шума, приведенный к этой точке, на значение, обеспечивающее требуемое значение $\text{BER} = 10^{-10} \dots 10^{-12}$.

¹ к.т.н., профессор кафедры ТКС ОНАС им. А.С.Попова.

² к.т.н., доцент кафедры ТКС ОНАС им. А.С.Попова.

Получены следующие выражения для расчета чувствительности ПРОМ

$$p_{\text{о вх мин}}(\text{дБм}) = 0,5[p_{\text{ш } R_n} + A_{\text{доп}} + k_{\text{шу}} + A_{\text{эз}}] + \Delta p(\rho_i; R_n)] - \text{для ФД}, \quad (1)$$

$$p_{\text{о вх мин}}(\text{дБм}) = 0,5[p_{\text{ш } R_n} + A_{\text{доп}} + k_{\text{шу}} + A_{\text{эз}}] + \Delta p(\rho_i; R_n)] + 3 \text{ дБ} - \text{для ЛФД}, \quad (2)$$

где $p_{\text{ш } R_n}$ (дБм) – уровень тепловых шумов сопротивления нагрузки R_n ПИ в полосе $\Delta f(\Gamma\text{ц})$; $A_{\text{доп}} = 25 \dots 28$ дБ [2] – допустимая защищенность по отношению к пиковому значению импульсного сигнала; $k_{\text{шу}} = 5$ дБ – коэффициент шума ЭУ; $A_{\text{эз}} = 6$ дБ – эксплуатационный запас; $\Delta p(\rho_i; R_n)$ [1] – параметр, зависящий от токового отклика ПИ ρ_i (А/Вт) и сопротивления нагрузки. Для оптимального и физически осуществимого по шумам сопротивления нагрузки R_n ПИ в зависимости от полосы пропускания $R_n(\text{Ом}) = 10^{[12 - \lg[\Delta f(\Gamma\text{ц})]]}$, получаем

$$\Delta p(\rho_i; R_n) = [30 - \rho_i - (120 - 10 \lg \Delta f)] / 2, \text{ дБ}. \quad (3)$$

Подстановка числовых данных в выражения (1) и (2) с учетом формулы (3) дает

$$p_{\text{о вх мин}}(\text{дБм}) = -109 + 10 \lg[\Delta f(\Gamma\text{ц})] - \text{для ФД}, \quad (4)$$

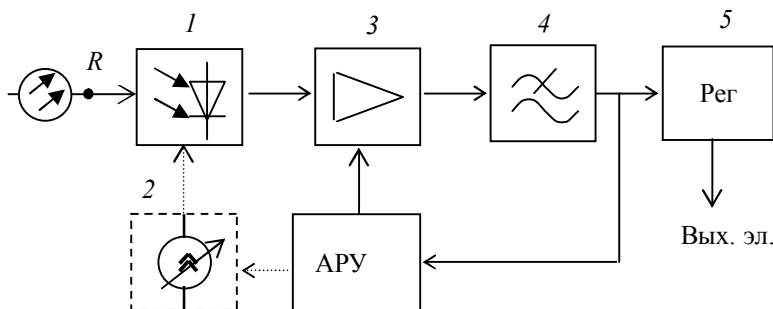


Рис. 1. Структурная схема ПРОМ

$$p_{\text{о вх мин}}(\text{дБм}) = -121 + 10 \lg[\Delta f(\Gamma\text{ц})] - \text{для ЛФД}. \quad (5)$$

Рассчитанные по формулам (4) и (5) и экспериментальные [3] значения чувствительности ПРОМ для различных вариантов применения цифровых систем передачи PDH и SDH приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения чувствительности ПРОМ (р о вх мин), линейный код –NRZ, В – скорость передачи данных

Тип ПИ из InGaAs			р-і-n-ФД	ЛФД	Выигрыш в за счет при- менения ЛФД, дБ
Уровень иерархии		В, Мбит/с	р о вх мин(дБм) для BER = 10 ⁻¹⁰ (расчет/эксперимент)		
P	E1	2,048	-45,0/-46,3	-57,9	11,9
D	E2	8,448	-39,7/-41,2	-51,7	12,0
H	E3	34,386	-33,7	-45,6	11,9
S	STM-1	155	-27,1	-39,1	12,0
D	STM-4	622	-21,1	-33,0	11,9
H	STM-16	2500	-15,0	-27.0/28	12,0

Выводы. Полученные формулы для расчета чувствительности цифровых ПРОМ ВОСП хорошо согласуются с экспериментальными данными [1] для серийно выпускаемых приемных модулей.

Список литературы

1. Корнейчук В.И., Мосорин П.Д. Метод анализа оптоэлектронных цепей. Одесса, Наукові праці ОНАЗ, №3, 2001. – С. 40–46.
2. Брескин В.А. Замена оборудования волоконно-оптической системы передачи SDH на WDM, Наукові праці ОНАЗ, №1, 2007, с. 18–23.
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М.: Техносфера. 2003. – 440 с.

УДК 621.396.67

Бугрова Т.И.¹

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ В СРЕДЕ HFSS

Сегодня, из-за увеличения количества находящихся в эксплуатации мобильных телефонов, наблюдается и рост беспокойства по поводу наносимого вреда здоровью за счет создаваемого ими электромагнитного излучения. При этом отмечается негативное влияние даже малых уровней электромагнитного излучения на здоровье человека из-за их наложения на естественные управляющие биологические поля мозга и нервной системы. С другой стороны, излучение средств связи иногда приводит к недопустимо высокому поглощению в малых участках тканей и отдельных

¹ к.т.н., доцент кафедры «Радіотехніка та телекомунікації», ЗНТУ

клетках с аномально высокой проводимостью, что потенциально приводит к перерождению этих клеток.

Желательно, чтобы средства контроля распределения электромагнитных полей были неинвазивными (невозможно непосредственно изменять поле внутри человеческого тела или в его отдельных органах) и неискажающими (внесение измерительных зондов в ближнее поле мобильных телефонов изменяет их параметры). В связи с этим основной упор при рассмотрении поля в каждой точке пространства делается на математическое моделирование, основанное на численных методах прикладной электродинамики.

В докладе исследуется возможность снижения вредного излучения мобильного телефона путем оптимизации параметров антенны в среде HFSS при сохранении основных характеристик антенны как элемента радиосистемы.

Для этого решаются следующие задачи:

1. Вычисление внутреннего электрического поля в сферической модели головы человека методом вспомогательных источников, позволяющим контролировать точность решения, с помощью программы электромагнитного моделирования HFSS 13.0.

2. Вычисление распределения удельной массовой мощности поглощения (SAR) в неоднородной двухкомпонентной модели человеческого тела с учетом реальной геометрической формы и электрофизических параметров области головы.

Результаты исследования показывают, что внутри головы человека существуют точки, в которых наблюдается большая концентрация энергии СВЧ поля. Из-за особенностей корпуса и всей антенной системы происходит фокусировка ближнего поля в голове, из-за чего полностью исчезает характер монотонного спада поля с удалением от корпуса телефона. При этом пространственный пик SAR при усреднении по однограммовому кубу и излучаемой мощности 120 мВт (самый строгий предел для плотности мощности согласно международных стандартов), находится на грани предела 1,6 Вт/кг.

Исследовались различные микрополосковые антенны, в том числе со слоем феррита или слоем диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью 4,3 В последнем случае удалось погасить очаги концентрации удалось погасить очаги концентрации электромагнитного поля в обеих основных плоскостях, и соответственно, уменьшить нагрев головы за счет этого. Причиной является значительное уменьшение рассеяния поля по поверхности земляной платы и подложки. В итоге оказалось, что при одинаковой подводимой к антенне мощности большее излу-

чение в сторону человека создает микрополосковая антенна со слоем феррита. Следует отметить, что направленность антенны без феррита увеличилась в 2 раза. Увеличение направленности антенны в 2 раза позволяет уменьшить излучаемую мощность во столько же раз.

Было выявлено увеличение концентрации электромагнитного поля в голове человека при нахождении абонента мобильной связи внутри автомобиля и подобных ему объектов из-за экранирующих свойств этих объектов и за счет многочисленных внутренних переотражений излучения от металлических элементов кузова. Следовательно, для таких систем с медицинской точки зрения безопаснее использовать антенну, выходящую за габариты объекта с экранирующими свойствами. Это позволит не только исключить повышение концентрации поля в голове человека, но и уменьшить общую мощность излучения мобильного телефона.

УДК 621.395

Галимина И.А.¹, Сметанин И.Н.²

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ СИГНАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ В СОТОВОЙ СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Стремительное развитие технического прогресса в области телекоммуникаций и цифровых систем подвижной связи неизбежно ведет к увеличению количества абонентов, интенсивно использующих мобильные системы. В настоящее время наибольшее распространение среди средств подвижной связи, в силу своей доступности и простоты, получили сотовые сети мобильной связи (ССМС). При этом, операторами связи для привлечения абонентов вводятся всевозможные дополнительные виды услуг, в том числе, и определение местоположения абонента по его заказу либо запросу другого абонента, что естественно, ведет к увеличению объема сигнального трафика ССМС [1–3]. Особенно это критично при значительном накоплении абонентов в пределах одного локального фрагмента сети.

В современных ССМС уточнение местоположения и процедура оповещения (либо пейджинг) являются двумя базовыми операциями для определения местонахождения мобильной станции (МС). С ростом числа абонентов в сети очень важно, чтобы процедуры, не участвующие в обслуживании вызовов, занимали минимальные ресурсы. Для более полного использования имеющегося частотного ресурса в сотовых сетях исполь-

¹ магистрант, ЗНТУ

² старш. преп., кафедры радиотехники и телекоммуникаций ЗНТУ

зуются различные специальные процедуры, применяющие пейджинг (подключение и инициализация МС, хэндовер, осуществление вызова абонента, ее отключение и т.д.), способствующие уменьшению нагрузки на систему сетевого управления и повышению качества обслуживания абонента. Но и эти процедуры не совершенны.

Так, например, радиопомеха при процедуре отключения МС от сети может, заблокировать получение базовой станцией (БС) сообщения об отключении, и сеть будет продолжать считать МС активной. Или, если при инициализации МС постоянно повторять уточнение местоположения до получения квитанции от БС о ее проведении, то значительно возрастет нагрузка на систему сетевого управления. В случае одновременного запроса на определение местоположения от других абонентов, это так же увеличит нагрузку на сигнализационную часть сети. При условии, что количество МС в соте достаточно велико, сигнальная нагрузка может увеличиться до полного отказа системы управления.

В настоящее время предлагаются динамические методы уточнения местоположения, т.е. в соответствии с изменениями мобильности и типам вызовов мобильных пользователей. Существует два вида динамических схем уточнения местоположения: на основе пространственного перемещения и на основе временного показателя [1]. В свою очередь динамические схемы, базирующиеся на пространственном перемещении, могут основываться на количестве перемещений между ячейками и на расстоянии пройденного пути. Примером же метода, основанного на временном показателе в сетях стандарта GSM, есть процедура периодической регистрации, осуществляемая в режиме ожидания всеми МС [5–6]. При этой процедуре, если МС в течение определенного временного интервала T (определяется параметром T3212) не подтверждает свое присутствие, то такая станция считается отключенной от сети [4]. Если же МС остается включенной, но прохождение периодической регистрации по каким-либо причинам в точно указанный срок параметром T3212 невозможно, то такая работающая МС в системе будет отмечена как отключенная и вызов к абоненту будет невозможным.

Входящий поток вызовов к каждому мобильному пользователю соответствует Пуассоновскому закону. Когда поступает входящий вызов, выполняется процедура пейджинга для определения местоположения вызываемой МС. Очень важно уменьшить пейджинговые затраты при ограниченности задержки вызова. В ССМС стандартов GSM и IS-45 пейджинг осуществляется через ширококвещательную процедуру.

С целью уменьшения затрат ресурса на пейджинг были предложены три способа выполнения процедуры пейджинга: реверсивный, полуре-

версивный и равномерный [3]. Эти способы уменьшают средние затраты ресурса на пейджинг для разных распределений вероятностей местоположения при требуемом ограничении задержки вызова D .

Способ реверсивного пейджинга применяется, когда предполагается, что вызываемая МС наиболее вероятно находится в одной из нескольких ячеек. Первые $(D - 1)$ ячейки рассматриваются как ячейки с наивысшей вероятностью нахождения абонента и принимаются в качестве первых $(D - 1)$ пейджинговых зон (ПЗ) для поиска. Среднее значение затрат ресурса на пейджинг $C_r(D)$ вычисляется из выражения:

$$C_r(D) = \sum_{j=1}^{D-1} j \cdot p_j + N \cdot \sum_{j=D}^N p_j. \quad (1)$$

При полуреверсивном способе пейджинга минимизируется, путем перебора ячеек в порядке убывания вероятности местоположения, (без применения ограничения задержки вызова D). Среднее значение затрат ресурса на пейджинг $C_s(D)$ определяется из выражения:

$$C_s(D) = \sum_{i=1}^D s_i q_i = q_1 n_1 + q_2 (n_1 + n_2) + \dots + q_D N. \quad (2)$$

При использовании способа равномерного пейджинга зона местоположения разделяется на ряд ПЗ так, что все ПЗ состоят из почти одинакового количества ячеек. При этом способе средние затраты ресурса на пейджинг $C_u(D)$ вычисляются следующим образом:

$$C_u(D) = \sum_{i=1}^{D-k} i \cdot q_j n_0 + \sum_{i=D-k+1}^D [i \cdot (n_0 + 1) - (D - k)] \cdot q_i. \quad (3)$$

Для минимизации затрат ресурсов системы управления на определение местонахождения МС, при значительном накоплении абонентов в пределах одного локального фрагмента сети, необходимо решить ряд задач:

1. Исследовать и определить зависимость критического значения минимального временного интервала уточнения местоположения от количества абонентов в соте.
2. Определить наиболее оптимальный временной интервал проведения периодической регистрации МС.
3. Определить наиболее оптимальное количество повторов проведения периодической регистрации МС в случае невозможности ее проведения в точно в указанный срок.

Список литературы

1. J.Li, H.Kameda, and K.Li, «Optimal dynamic mobility management for PCS networks», IEEE/ACM Trans. Networking, vol. 8, no. 3, pp. 319–327, 2000.
2. Y. Xiao, «Optimal fractional movement-based scheme for PCS location management», IEEE Commun. Lett., vol. 7, no. 2, pp. 67–69, Feb. 2003.

3. W.Wang, I.F.Akyildiz and G.L.Stuber, Reducing the paging costs under delay bounds for PCS networks, in: Proc. of IEEE WCNC'2000 (September 2000).

4. 3GPP TS 24.008 V8.4.0 (2008-12) Mobile radio interface Layer 3 specification; Core network protocols; Stage 3.

5. Ипатов, В. П. Системы мобильной связи [Текст]: учебное пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов; под ред. В.П. Ипатова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 272с. – ISBN 5-93517-137-6.

6. Попов, В. И. Основы сотовой связи стандарта GSM [Текст] / В. И. Попов– М.: Эко-Трендз, 2005. –296 с. – ISBN 5-88405-068-2.

УДК 621.395

Барба І.Б.¹, Орешков В.І.¹

СУМІСНЕ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ ТЕЛЕФОННИХ ТА ШИРОКОСМУГОВОГО ДОСТУПУ

На сьогодні, найпоширенішим в світі видом широкосмугового доступу (ШД) є доступ, що використовує добре розвинену мережу абонентських ліній (АЛ) місцевої телефонної мережі. При цьому оператори зв'язку для надання абоненту широкого спектру послуг по телефонних кабелях впроваджують обладнання на основі xDSL-технологій (рекомендації MCE-T G.992, G.993). Для успішного впровадження даних технологій на телефонній мережі необхідно забезпечити науково обґрунтовані методики проектування та правила експлуатації мережі ШД. Питання побудови мультисервісної мережі доступу на основі телефонної мережі являється актуальним на сьогодні, ці питання розглядалися в [1], але комплексної методики проектування цифрових систем за технологіями xDSL на вітчизняних телефонних кабелях в наукових виданнях не розглядалось.

В роботі викладена методика сумісного проектування телефонної мережі та мережі ШД за xDSL-технологіями, що є важливим прикладним завданням.

У [2] запропонована методика проектування мережі xDSL-доступу з використанням АЛ існуючої телефонної мережі з визначеними параметрами і характеристиками (задачі проектування які при цьому вирішувалися умовно були віднесені до задач першого класу). Але якщо розглядати побудову нового телефонного району, то виникає завдання одночасно з телефонною мережею проектувати мережу xDSL-доступу (відповідно, задачі другого класу). У даному випадку проектування телефонної мережі здійснюється з позицій забезпечення в першу чергу вимог мережі xDSL-доступу, які набагато жорсткіші, ніж вимоги до телефонних АЛ.

¹ аспірант кафедри ТКС ОНАЗ ім. О.С.Попова

Серед задач проектування нової мережі можливі наступні варіанти: по-перше, це розвиток існуючої телефонної мережі шляхом прокладання нових кабелів від діючої комутаційної станції (КС) до нових абонентів; по-друге, це будівництво нової телефонної мережі, що міститиме телефонні станції, підстанції, виносні модулі та кабелі.

Проектування мережі починається з узгодження та затвердження завдання, що містить вихідні дані для проектування:

1. Загальна кількість об'єктів, що телефонізуються (квартир, офісів, підприємств, організацій), із зазначенням категорій абонентів (бізнес, коледж, багатоквартирні будинки, малоповерхове не елітне житло). 2. Плановане число абонентів $N_{аб}$ (ЦАЛ – цифрових АЛ), що будуть підключатися до мережі ШД за етапами, з можливими швидкостями доступу $V_{шад}$ (дані надаються планово-економічними службами Замовника). 3. Основна швидкість доступу. 4. Прив'язка об'єктів до району, що телефонізується. 5. Дані про існуючу телефонну мережу, план кабельної каналізації.

Критерієм проектування є мінімізація капітальних витрат на побудову мережі за умови виконання технічного завдання.

На першому етапі визначається загальна структура мережі ШД, що проектується. При визначенні структури мережі необхідно керуватися наступними критеріями: 1). Необхідно мінімізувати капітальні витрати на побудову мережі. 2) У зв'язку з обмеженнями на довжину АЛ, що накладаються системами передачі xDSL, мережа ШД на базі електричних телефонних кабелів повинна, як правило, будуватися з використанням ВМК – виносних модулів комутації. 4) Абонентські лінії, що з'єднують ВМК з абонентами, будуються з використанням кабелів типу ТП діаметром 0,64; 0,5; 0,4 мм або кабелів типу «Вита пара» за традиційними шафовою або безшафовою схемами.

На другому етапі проектування здійснюється перевірка характеристик кожної з ЦАЛ та оптимізація мережі доступу за допомогою розробленого програмного забезпечення.

Спільну телефонну мережу і мережу ШД пропонується будувати на основі ВМК, які комплектуються мультиплексорами доступу – DSLAM. Методика базується на програмному забезпеченні проектування і дозволяє розраховувати довжини абонентських ліній, в залежності від заданої швидкості передачі та відсотку використовуваних для ЦАЛ пар багатопарного телефонного кабелю. Ці параметри визначають радіус зони обслуговування ВМК. Програмне забезпечення проектування дозволяє оптимізувати характеристики мережі шляхом вибору типу кабелів, розміщення ЦАЛ в осерді кабелю та інше.

Список літератури

1. В.И. Битнер. Сети нового поколения – NGN/ В.И. Битнер, Ц.Ц. Михайлова – М.: Горячая Линия – Телеком, 2011.
2. Орешков В.И. Методика проектування мережі широкопasmового доступу на базі ТМЗК / В.И. Орешков, І.Б. Барба // «Цифрові технології». – Одеса, 2011. – № 1. – С. 12–16.

УДК 621.372.8

Брескин В.А.¹, Мазур А.Д.², Розенвассер Д.М.³

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА МНОГОПОЗИЦИОННЫМ КОДИРОВАНИЕМ

Непрерывный, экспоненциальный рост трафика требует увеличения пропускной способности существующих линий передачи. В настоящее время большинство волоконно-оптических кабелей линий связи оборудованы ВОСП со спектральным разделением каналов СРК (WDM).

Увеличение пропускной способности существующих линий передачи, оборудованных ВОСП-WDM можно осуществить путем:

- расширения используемого частотного диапазона;
- увеличения скорости передачи цифровых потоков в оптических каналах существующей ВОСП-WDM.

Целью настоящей работы является оценка эффективности второго направления увеличения пропускной способности. Главной проблемой рассматриваемого направления являются дисперсионные искажения, которые при увеличении скорости передачи уменьшают длину участка регенерации, что при переоборудовании недопустимо.

Частично эта задача может быть решена за счет допустимой размытости глаз – диаграммы [1]. В настоящей работе дается оценка эффективности совместного использования для увеличения скорости передачи новых форматов модуляции и корректирующего кодирования.

Новыми форматами в ВОСП являются хорошо известные в электросвязи методы эффективной передачи сигналов, сочетающих многоуровневое кодирование с эффективными методами модуляции. Возможность технической реализации этих новых методов в ВОСП обсуждается в [2, 3], однако количественная оценка их эффективности отсутствует.

В настоящей работе рассмотрены многопозиционная амплитудная модуляция (АМ-М), комбинированная амплитудно-фазовая модуляция (АФМ-М) и квадратурная модуляция (КАМ-М).

¹ к.т.н. проф. каф. ТКС, ОНАС им. А.С. Попова

² аспирант, преп. каф. ТКС, ОНАС им. А.С. Попова

³ ст. преп. каф. ТЕС, ОНАС им. А. С. Попова

Многопозиционное кодирование позволяет увеличить информационную скорость B_n при неизменной символьной B_c , т.е. увеличить относительную скорость $\frac{B_n}{B_c}$.

Нас интересует оценить возможное увеличение B_n по сравнению со скоростью при АМ-2- $B_{\text{АМ-2}}$, т. е. величину:

$$b = \frac{B_n}{B_{\text{АМ-2}}}$$

Результаты расчетов показали, что при использовании АМ-М модуляции для увеличения относительной, по отношению к символьной, информационной скорости передачи вдвое требуется запас по защищенности величиной порядка 10 дБ. Если для формирования такого запаса использовать запас по длине участка регенерации, то, при коэффициенте затухания оптического волокна $\alpha \approx 0,25-0,5$ дБ, это соответствует запасу по длине $l \approx 20-40$ км, а значит востребованность, такого метода модуляции, будет редкой. Лучшие результаты дают узкополосные методы модуляции: при запасе всего лишь 4 дБ АФМ-М позволяет увеличить относительную скорость передачи вдвое, а КАМ-М – втрое.

Эффективным методом формирования запаса по защищенности является корректирующее кодирование. Коэффициент $m_{\text{кк}}$, характеризующий этот метод, по-разному влияет на величину относительной скорости: увеличивая ее за счет увеличения выигрыша по защищенности за счет использования корректирующего кодирования с одной стороны и уменьшая ее, за счет ввода избыточных, проверочных бит с другой стороны.

Расчеты показывают, что выигрыш по защищенности от использования корректирующего кода Рида-Соломона с длиной блока $n=255$ и достоверностью $p=10^{-10}$ [4], без отсутствия запаса по длине позволяет получить выигрыш в два раза, используя АФМ-8, и в три раза КАМ-16.

Список литературы

1. Брескин В. А, Мазур А. Д. Влияние дисперсионных искажений сигнала на длину регенерационной секции волоконнооптических систем передачи // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С.Попова. – 2008. – №1. – С. 80–84.
2. Величко М.А., Наний О.Е., Сусьян А.А. Новые форматы модуляции оптических системах связи // Lightwave Russian Edition. – 2005, – № 4, – С. 21–30.
3. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. – М.: Радио и Связь, 2000. – 468 с.
4. ITU-T Recommendations G.975-200010-I. Forward error correction for submarine systems.

ОЦЕНКА ЗАЩИЩЕННОСТИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ADSL ТЕХНОЛОГИИ

При создании производительных ведомственных систем связи (ВСС), одним из основных требований, предъявляемым к таким системам, является обеспечение не только высокой производительности, но и защищенности канала связи. Существует большое количество разработанных протоколов защиты информации работающих на верхних уровнях семи-уровневой модели взаимодействия открытых систем (*OSI*), но их эффективность значительно снижается при передаче мультимедийной информации в ведомственных системах связи [1]. Поэтому необходимо искать пути повышения защищенности канала связи не только на информационном, но и на физическом (энергетическом) уровне модели *OSI*, используя концепцию отводного канала [2].

Применение в проводном сегменте ВСС цифровых систем передачи информации (ЦСПИ) на основе технологии *ADSL* (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) на основе дискретной мультичастотной модуляции с многими поднесущими частотами (*DMT*) позволяет существенно увеличить как помехозащищенность, так и скрытность системы связи.

В работе предложена имитационная модель проводного канала связи на базе *ADSL* технологии (рис. 1), которая позволяет исследовать защищенность цифровой линии связи, используя метод отводного канала.

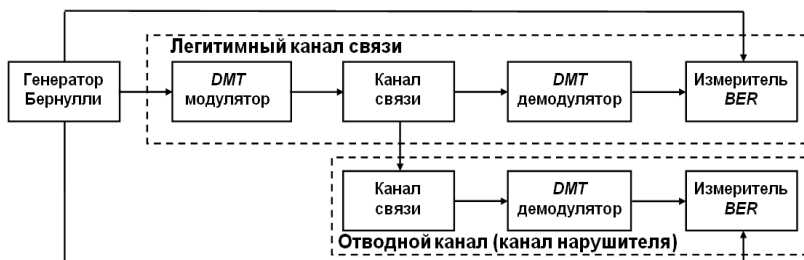


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели ЦСПИ на базе *ADSL* технологии с отводным каналом

¹ Стажер кафедры ОПТ, ХНУРЕ

В представленной модели используется *DMT* модулятор с 256 несущими частотами. При этом каждая несущая имеет свой уровень модуляции, в зависимости от отношения сигнал/шум (*SNR*) в канале связи и частотной характеристики кабельной линии связи (КЛС).

Учитывая то, что в многочастотных системах связи точность установки частоты и фазы в легитимном приемнике определяет качество передачи мультимедийной информации, то с помощью модели оценивались возможности нарушителя при приеме *DMT* сигналов.

На рис. 2 приведены зависимости *BER* от *SNR* для легитимного и отводного каналов в зависимости от сдвига фаз в демодуляторе нарушителя на 0,1, 0,05, 0,02, 0,01 рад для каждого вида модуляции несущей. Величина BER_0 определяет допустимый уровень ошибок в канале связи при передаче мультимедийной информации.

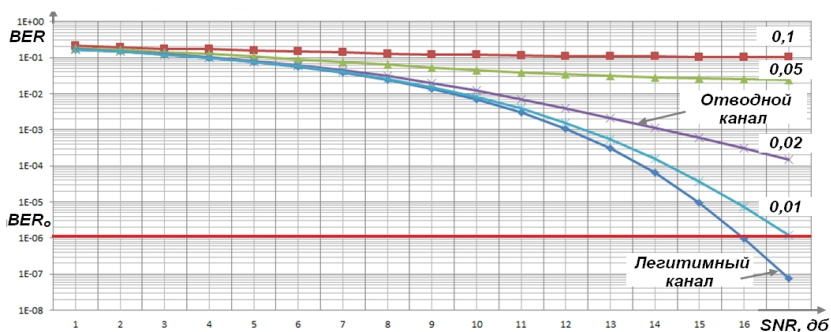


Рис. 2. График зависимости битовой ошибки *BER* от *SNR* при разных параметрах настройки *DMT* демодулятора

По полученным результатам видно, что успешный перехват информации легитимного канала связи возможен при сдвиге фазы до 0,01 рад. в демодуляторах приемной части канала нарушителя. При увеличении сдвига фаз нарушителю не удастся распознать принятую информацию с требуемым уровнем *BER*.

Список литературы

1. Методы прогнозирования защищенности ведомственных систем связи на основе концепции отводного канала. / Под. ред. А. И. Цопы, В. М. Шокало. — Харьков: КП «Городская типография», 2011. — 502 с.
2. Анализ структурной скрытности многоуровневых линейных сигналов цифровых систем передачи информации на основе широкополосных xDSL технологий. / В. В. Шинкаренко, А. А. Дудка, А. И. Цопа // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. — 2011. — Выпуск № 166. — С. 239–245.

РАЗРАБОТКА И СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ВОЛНОВОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛОВ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ В ПОМЕЩЕНИЯХ

Предложенные к настоящему времени модели распространения сигналов беспроводной связи в помещениях являются достаточно приближенными так как не учитывают всех особенностей канала связи.

В данной работе предлагается три различных подхода для расчета постоянных распространения волн в помещениях. В качестве модели выбран этаж здания, содержащий несколько помещений с заданными геометрическими размерами и параметрами стенок.

1 Плоскостная модель. При достаточно большом количестве помещений этаж здания можно представить, как плоскостную периодическую структуру, которая возбуждается сигналом внешней базовой станции.

Решая уравнение Гельмгольца и учитывая соответствующие граничные условия для такой модели, получены комплексные дисперсионные уравнения при ТЕ-поляризации (1) и ТМ-поляризации (2) волн:

$$(1 + p^2) \cdot \sin \gamma_{x1} d_1 \cdot \sin \gamma_{x2} d_2 + 2p \cdot (1 - \cos \gamma_{x1} d_1 \cdot \cos \gamma_{x2} d_2) = 0, \quad (1)$$

$$2(1 - \cos \gamma_{x1} d_1 \cdot \cos \gamma_{x2} d_2) + (q + \frac{1}{q}) \cdot \sin \gamma_{x1} d_1 \cdot \sin \gamma_{x2} d_2 = 0. \quad (2)$$

2 Строгая модель с учетом параметров стен. Модель включает в себя помещение, ограниченное двумя плоскими диэлектрическими стенками конечной толщины.

Решение уравнения Гельмгольца для модели приводит к дисперсионным уравнениям относительно продольной постоянной распространения и для ТЕ-поляризации (3) и ТМ-поляризации (4) имеют вид:

$$\begin{aligned} & \frac{2\gamma_2^2 + 2\gamma_1^2}{\gamma_1 \cdot \gamma_2} \cdot \cos(\gamma_2 \cdot d_2) \cdot \sin(\gamma_2 \cdot d_2) \cdot (\sin^2(\gamma_1 \cdot \frac{d_1}{2}) - \cos^2(\gamma_1 \cdot \frac{d_1}{2}) + \cos(\gamma_1 \cdot \frac{d_1}{2}) \cdot \sin(\gamma_1 \cdot \frac{d_1}{2}) \times \\ & \times (\frac{2\gamma_2^4 + 2\gamma_1^4}{\gamma_1^2 \cdot \gamma_2^2} \cdot \sin^2(\gamma_2 \cdot d_2) - 4 \cdot \cos^2(\gamma_2 \cdot d_2)) = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

¹ аспирантка каф. РТГ, ЗНТУ

² к.ф.-м. н., доцент каф. РТГ, ЗНТУ

$$\frac{2\gamma_2^2 \cdot \varepsilon_{a1}^2 + 2\gamma_1^2 \cdot \varepsilon_{a2}^2}{\gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \varepsilon_{a1} \cdot \varepsilon_{a2}} \cdot \cos(\gamma_2 \cdot d_2) \cdot \sin(\gamma_2 \cdot d_2) \cdot (\sin^2(\gamma_1 \cdot \frac{d_1}{2}) - \cos^2(\gamma_1 \cdot \frac{d_1}{2}) + \cos(\gamma_1 \cdot \frac{d_1}{2}) \cdot \sin(\gamma_1 \cdot \frac{d_1}{2})) \times \\ \times (\frac{2\gamma_2^4 \cdot \varepsilon_{a1}^4 + 2\gamma_1^4 \cdot \varepsilon_{a2}^4}{\gamma_1^2 \cdot \gamma_2^2 \cdot \varepsilon_{a1}^2 \cdot \varepsilon_{a2}^2} \cdot \sin^2(\gamma_2 \cdot d_2) - 4 \cdot \cos^2(\gamma_2 \cdot d_2)) = 0. \quad (4)$$

3 Метод поверхностного импеданса. В данной модели метод поверхностного импеданса применяется к помещению, ограниченному плоскими стенками с заданным на них импедансом. Импеданс рассчитывается исходя из параметров стенок.

При решении задачи получено дисперсионное уравнение (5), которое позволило получить спектр волн, распространяющихся в такой структуре.

$$\tilde{\gamma}_\perp^2 \cdot \tilde{\gamma}_x \cdot (\tilde{Z}_s^0 + \tilde{Z}_s) \cdot \cos \gamma_x a + j \cdot (\tilde{\gamma}_x^2 + \tilde{Z}_s \cdot \tilde{Z}_s^0 \cdot \tilde{\gamma}_\perp^4) \cdot \sin \gamma_x a = 0. \quad (5)$$

Полученные дисперсионных уравнений (1)–(5) исследовались численно. Результаты расчетов постоянных распространения волн для каждой из моделей приведены на рис. 1 и рис. 2.

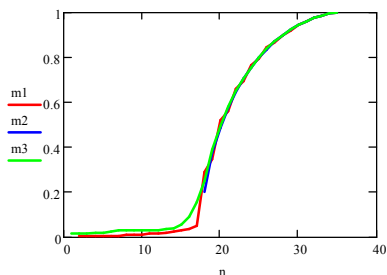


Рис. 1. Сравнение действительной части постоянных распространения

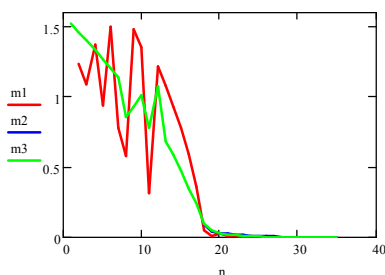


Рис. 2. Сравнение мнимой части постоянных распространения

Анализ численных результатов показал их хорошее совпадение, что позволяет использовать эти методы для повышения точности расчета мощности сигнала в помещениях.

ОБ АППРОКСИМАЦИИ ПОТОКА ОШИБОК В КАНАЛЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ СКРЫТЫХ ПОЛУМАРКОВСКИХ QR-МОДЕЛЕЙ

Для обеспечения надежной передачи информации по цифровому каналу широко используются методы помехоустойчивого кодирования. Подбор помехоустойчивого кодера для конкретного канала целесообразно производить с использованием имитационных моделей цифровых каналов, в которых важную роль играет база моделей источников ошибок [1]. Актуальным является решение задачи выбора по регистрируемой в канале последовательности ошибок такой модели из базы, которая генерирует наиболее близкие к исходной последовательности ошибок.

Для решения этой задачи рассмотрим общую модель источника ошибок из [2] с точки зрения теории скрытых полумарковских моделей [3]. *Скрытой полумарковской QR-моделью (СПМQR-моделью) источника ошибок* будем называть набор $\lambda = \{S; D; F_q; A; \Pi; p(d); \mu; M; \rho; B\}$, где: $S = \{1, \dots, N\}$ – алфавит состояний; $D = \{1, \dots, D\}$ – алфавит длительностей состояний; поле Галуа F_q – алфавит наблюдаемых символов; $A = \{a_{ii'}\}_{i,i' \in S}$ – стохастическая матрица переходных вероятностей; $\Pi = \{\pi_i\}_{i \in S}$ – начальное распределение вероятностей состояний; $p(d) = \{p_i(d)\}_{i \in S}$ – набор распределений вероятностей длительностей в различных состояниях; $\mu = \{\mu_i\}_{i \in S}$ – вектор средних вероятностей ошибки в различных состояниях; $M = \sum_{i \in S} \mu_i P_i^{\text{lim}}$ – средняя вероятность ошибки в канале, где P_i^{lim} – предельные вероятности состояний; $\rho = \{\rho_i\}_{i \in S}$ – вектор эталонных плотностей, для которых выполняется условие адаптивности к каналу (подробнее см. в [2], [4]); $B = \{b_i(k)\}_{i \in S, k \in F_q^*}$ – набор распределений вероятностей значений ошибки в состояниях, где F_q^* – мультипликативная группа F_q .

¹ К. ф.-м. н., ст. н. с. ФГНУ НИИ «Спецвузавтоматика», доцент каф. «Алгебра и дискретная математика», ф-т матем., мех. и комп. наук, ЮФУ, Россия.

² Аспирант каф. «Алгебра и дискретная математика», ф-т матем., мех. и комп. наук, ЮФУ, Россия.

Основным результатом работы является теорема о вычислении вероятности $P[O_{l:T} | \lambda]$ того, что последовательность наблюдений $O_{l:T}$ сгенерирована моделью λ .

Теорема. Пусть φ_i^d – функция, полученная масштабным растяжением эталонной плотности ρ_i на отрезок длины d согласно алгоритму из [4], $I_{F_q^*}$ – индикатор множества F_q^* . Тогда:

$$P[O_{l:t} | \lambda] = \begin{cases} 1, & t \leq 0, \\ \sum_{i \in S} \sum_{d \in D} P[O_{l:t-d} | \lambda] \bar{a}_t(i, d) b_{i,d}(O_{l-d+1:t}), & t > 0, \end{cases}$$

$$\text{где: } \bar{a}_t(i, d) = \begin{cases} \pi_i p_i(d), & t \leq 0, \\ \sum_{i' \in S} \sum_{d' \in D} \bar{a}_{t-d}(i', d') \frac{b_{i',d'}(O_{l-d-d'+1}^{t-d-d'+1}) P[O_{l:t-d-d'} | \lambda]}{P[O_{l:t-d} | \lambda]} a_{i'i} p_i(d), & t > 0, \end{cases}$$

$$b_{i,d}(O_{l-d+1:t}) = \begin{cases} 1, & t \leq 0, \\ \prod_{\theta=1}^d b_{i,\theta}^d(O_{l-d+\theta}), & t > 0, \end{cases}$$

$$b_{i,\theta}^d(O_{l-d+\theta}) = I_{F_q^*}(O_{l-d+\theta}) \varphi_i^d(\theta) \mu_i d b_i(O_{l-d+\theta}) (1 - I_{F_q^*}(O_{l-d+\theta})) (1 - \varphi_i^d(\theta) \mu_i d).$$

Эта теорема доказывается прямыми выкладками с использованием результатов работ [3], [2].

Полученные в теореме формулы позволяют решить задачу подбора СПМQR-модели из имеющейся базы по регистрируемой в канале последовательности ошибок $O_{l:T}$ так, чтобы она наиболее точно отражала моделируемую помеховую обстановку. С этой целью для каждой модели λ из базы Λ предлагается вычислять вероятность $P[O_{l:T} | \lambda]$ и сравнивать эти вероятности для разных моделей. В качестве искомой модели выбирается модель, соответствующая наибольшей вероятности.

Список литературы

1. Деундяк В.М., Могилевская Н.С. Методы оценки применимости помехоустойчивого кодирования в системах связи. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2007. – 85 с.
2. Деундяк В.М., Жданова М.А. Обобщенная марковская модель источника ошибок q-ичного цифрового канала нескольких физических состояний. // Математика и ее приложения: ЖИМО. – Иваново: ИвГУ. – 2010. – Выпуск 1 (7). – С. 34–40.
3. Shun-Zheg Yu. Hidden semi-Markov models. // Artificial Intelligence. – 2010. – V. 174, n. 2. – P. 215–243.
4. Деундяк В.М., Могилевская Н.С. Математическое моделирование источника ошибок q-ичного канала передачи данных. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки – 2008. – №1. – С. 3–7.

ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОЇ ФОРМУЛИ РОЗРАХУНКУ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ З OFDM

Стрімке розповсюдження сучасних послуг широкосмугового доступу до ресурсів інфокомунікаційних мереж стимулює розроблення ефективних телекомунікаційних технологій, що здатні забезпечити надання цих послуг з високою якістю. Дослідження різних телекомунікаційних технологій передачі показали, що сучасним потребам найкращим чином відповідають системи передачі (СП), що використовують множину ортогональних гармонічних сигналів-переносників (ОГС), одночасно і незалежно модульованих інформаційними сигналами, що передаються. За кордоном цей спосіб передавання називають різними термінами: DMT (Discrete Multi Tone) або OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

У зв'язку з вищесказаним, актуальним є проведення досліджень, які дозволять збільшити ефективність застосування СП ОГС на мережах зв'язку. Одним із напрямів досліджень є оптимізація розподілу біт передаваної інформації по множині сигналів-переносників СП ОГС.

У сучасних СП ОГС розподіл бітів передаваної інформації по несучих відбувається згідно з результатами розрахунків, які здійснюються в обладнанні СП ОГС, виходячи з вимірних цим обладнанням рівнів завад та загасання сигналу на частоті кожної несучої. Розрахунки розподілу бітів по несучих здійснюються за допомогою співвідношення, яке зв'язує максимальну кількість біт інформації, що можливо передавати протягом послілки на певній несучій частоті, зі співвідношенням сигнал/завада на частоті цієї несучої і ймовірністю помилки. Однак проблема полягає в тому, що це співвідношення неоднакове в різних джерелах [1, 2, 3]. Похибки у цьому співвідношенні можуть призвести до неточних розрахунків обладнанням СП ОГС розподілу бітів передаваної інформації по несучих, що, у свою чергу, призведе до зменшення ефективності використання каналу зв'язку цими системами або до порушення вимог щодо ймовірності помилок. Таким чином, метою дослідження було визначення точного співвідношення, яке зв'язує максимальну кількість біт інформації, що можливо передавати протягом послілки на певній несучій частоті, зі співвідношенням сигнал/завада на частоті цієї несучої і ймовірністю помилки та порівняння з існуючими спрощеними формулами.

¹ к.т.н., доцент кафедри ТКС ОНАЗ ім. О.С.Попова

² аспірант кафедри ТКС ОНАЗ ім. О.С.Попова

Було визначено, що кількість біт інформації $b(i)$, що можливо передавати протягом посилки на певній несучій частоті визначається зі співвідношення:

$$b(i) = b, \quad SNR_{b+1 \text{ прип}} > SNR(i) \geq SNR_{b \text{ прип}},$$

де $SNR(i)$ – реальне (виміряне чи розраховане) відношення сигнал/завада;

$SNR_{b \text{ прип}}$, $SNR_{b+1 \text{ прип}}$ – припустимі відношення сигнал/завада, необхідні для підтримки сигнальних сузір'їв з кількістю бітів b та $b+1$ відповідно, та визначаються з [2].

Порівняння результатів розрахунку швидкості передавання за визначеною точною формулою та існуючими спрощеними формулами доводить, що розрахунок за спрощеними формулами призводить до похибки, яка, наприклад для СП ADSL2+, що працює по кабелю ТПП-0,5 при спектральній густині потужності завад мінус 120 дБм/Гц, може сягати ± 150 кбіт/с (± 2 %). Проте можливі ситуації, коли ця похибка досягає десятків відсотків. Так, для СП ADSL2+ максимальна різниця між швидкостями, розрахованими за точною та спрощеними формулами, складає 2 Мбіт/с.

Отже, використання неточних формул при розрахунку у приймачі СП ОГС розподілу біт передаваної інформації по несучих може призвести до суттєвого зменшення ефективності використання каналу зв'язку цими системами або до порушення вимог щодо ймовірності помилок. Таким чином, доцільно використовувати запропоновану авторами точну формулу.

Список літератури

1. Bingham John A.C. ADSL, VDSL and Multicarrier Modulation / John A.C. Bingham // John Wiley & Sons Inc. - 2000. - P. 289.
2. Балашов В.А. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами / В.А. Балашов, П.П. Воробийченко, Л.М. Ляховецкий – М.: Эко-трендз, 2012.–228 с.
3. Рекомендація ITU-T MCE-T G.992.3 Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2) (Прийомопередавачі асиметричної цифрової абонентської лінії 2 (ADSL2)).

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ VOIP ДЛЯ ПАКЕТНЫХ ВЧ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Новейшие типы оборудования ВЧ связи по высоковольтным линиям электропередачи 35 кВ и выше поддерживают передачу IP трафика. Это делает возможным создание конвергентных пакетных ВЧ каналов связи. Основной задачей исследования являлось определение характеристик передачи пакетированной речи по ВЧ каналам связи и возможных ограничениях в организации таких каналов.

Для исследования была создана простейшая модель многосегментного канала, представленная на рисунке 1. Данная модель хорошо описывает чаще всего встречающуюся топологию линий и, соответственно, ВЧ каналов между подстанциями. В данном случае v – это требуемая пропускная способность канала связи для одного речевого соединения.

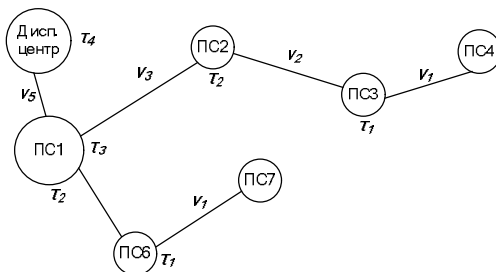


Рис. 1. Модель сети пакетных ВЧ каналов

Многосегментный канал в модели, приведенной на рисунке 1, может быть определен следующей системой неравенств (1):

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N v_i \leq B_{i(\max)} - K_i, \\ \sum_{i=1}^N \tau_i \leq T_{\max}, \text{ при } N \rightarrow \max \end{cases} \quad (1)$$

где $B_{i(\max)}$ – максимально достижимая скорость в i -ом канале 64 кБит/с для полосы 8 кГц;

¹ Аспирант СИБГУТИ

τ – задержка передачи речи для одного сегмента 110 мс для кодека G.729 и 137,5 мс для кодека G.723.1;

T – максимально допустимая задержка передачи речи 400 мс;

N – максимально допустимое количество сегментов в канале;

K_i – поправочный коэффициент для ОСШ = 30 дБм, при условии идеального ОСШ = 45 дБм, 18 дБм для полосы 8 кГц .

Необходимо определить, что наступит быстрее – отсутствие необходимой пропускной способности i -ого сегмента или же превышение максимально допустимого времени передачи пакетов. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Расчет параметров передачи речевых пакетов

i -количество сегментов в канале	τ , мс					$N(\tau)$
	1	2	3	4	5	
Кодек G.729	110	190	300	410	530	4
Кодек G.723.1	137,5	245	412,5	520	657,5	3
	v					$N(v)$
	1	2	3	4	5	
G.729 (VAD+ECRTP)	7,3	14,6	21,9	29,2	36,5	>5
G.723.1 (VAD+ECRTP)	5,5	11	16,5	22	27,5	>5

Выводы: время задержки передачи речи является решающим фактором в определении количества транзитных сегментов в канале. Так для кодека G.729 их может быть 4, а для G.723.1 – только 3. Необходимая пропускная способность канала связи для обоих случаев даже для пяти сегментов меньше принятых 48 кБит/с.

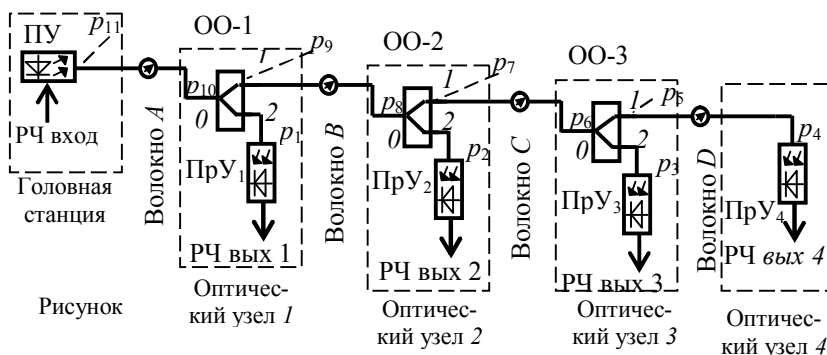
Список литературы

1. «Разработка концепции развития ВЧ связи в электроэнергетике», научно-технический отчет, ОАО «ВНИИЭ», 2006.
2. Руководство по эксплуатации оборудования ВЧ связи PowerLink, SIEMENS AG, Германия, 2012.
3. Aljo Mujiж, Nermin Suljanoviж, Matej Zajc and Jurij F. Tasiн. «High-voltage PLC roles in packet-switching networks of power utilities», Power Line Communications and Its Applications, 2007. ISPLC '07. IEEE International Symposium
4. ITU-T Recommendation G.114. One-way transmission time – 1996.

МЕТОД РАСЧЕТА ОПТИЧЕСКОГО УЧАСТКА ГИБРИДНОЙ СЕТИ ДОСТУПА

Современным решением проблемы широкополосного абонентского доступа является «гибридная волоконно-коаксиальная сеть» (*англ.* HFC – Hybrid Fiber Coax). Работа посвящена расчету оптического участка такой сети. Качество приема сигналов в сети HFC зависит от оптической мощности, поступающей на приемное устройство (ПрУ). В случае передачи аналоговых ТВ сигналов критерием качества является отношение несущая/шум (ОНШ). Для аналоговой (цифровой) ВОСП с топологией «точка-точка» есть формулы [1] расчета максимальной и минимальной длины усилительного (регенерационного) участка. Для расчета оптической сети произвольной топологии таких формул нет.

В работе представлен пошаговый аналитический метод расчета на примере сети с топологией «шина» (см. рисунок), содержащей один передающий и четыре приемных оптических узла (ОУ). В помещении головной станции (ГС) установлено передающее устройство (ПУ). Одномодовое волокно (кабель) А соединяет ГС с оптическим узлом 1 (ОУ 1). В нем установлен оптический ответвитель (ОО-1) Y-типа, распределяющий мощность света на две части (в два ОВ), и ПрУ. Такая ситуация повторяется для узлов 2 и 3. В последнем узле 4 ответвитель не устанавливают. Исходные данные для расчета сети приведены в таблице. Значение уровня



¹ К.т.н., доцент кафедры Телекоммуникационных систем ОНАС им. А.С.Попова.

² К.т.н., доцент кафедры Защиты информации ЗНТУ.

мощности на входе ПрУ, обеспечивающее требуемое ОНШ, находим по техническим данным на активное оборудование (ПУ, ПрУ), которое предоставляет его изготовитель, например, [2].

Таблица. Исходные данные для расчета оптической сети с топологией ши-на на длине волны 1310 нм (прямой поток)

Данные	Количество единиц	Примечания	
2	4	5	
Загрузка кана-лами	79 шт	59 ТВ каналов с ОБП/АМ + 20 QAM каналов передачи данных	
Затухание a_d в волокне A длиной 4 км	4 км x 0,5 дБ/км = 2,0 дБ	Затухание в ОВ A от ГС до узла 1, включая места сварки и соединители, без учета потерь в ответвителе ОО-1	
Затухание a_b в волокне B длиной 6 км	6 км x 0,5 дБ/км дБ = 3,0 дБ	Затухание в ОВ B от узла 1 до узла 2, включая места сварки и соединители, без учета потерь в ответвителе ОО-2	
Затухание a_c в волокне C длиной 2 км	2 км x 0,5 дБ/км = 1,0 дБ	Затухание в ОВ C от узла 2 до узла 3, включая места сварки и соединители, без учета потерь в ответвителе ОО-3	
Затухание a_d в волокне D длиной 4 км	4 км x 0,5 дБ/км = 2,0 дБ	Затухание в ОВ D от узла 3 до узла 4, включая места сварки и соединители	
ОНШ ₁ в ОУ 1	49 дБ	$p_1 = -2$ дБм, $P_1 = 0,63$ мВт	[2]
ОНШ ₂ в ОУ 2	48 дБ	$p_2 = -3,0$ дБм, $P_2 = 0,5$ мВт	
ОНШ ₃ в ОУ 3	49 дБ	$p_3 = -2$ дБм, $P_3 = 0,63$ мВт	
ОНШ ₄ в ОУ 4	46 дБ	$p_4 = -5,0$ дБм, $P_4 = 0,32$ мВт	

Расчет начинаем с конца сети, с наиболее удаленного ПрУ 4.

Шаг 1. Определяем уровень оптической мощности p_5 (см. рисунок)

$$p_5 = p_4 + a_D = -5 \text{ дБм} + 2 \text{ дБ} = -3 \text{ дБм}; P_5 = 10^{(-3/10)} = 0,50 \text{ мВт}.$$

Шаг 2. Определяем мощность P_6 и увеличим ее на 20 % [2], чтобы учесть дополнительные потери мощности в реальном ОО узла 3

$$P_6 = 1,2((P_5 + P_3) = 1,2((0,50 + 0,63) = 1,36 \text{ мВт}; p_6 = 10 \lg 1,36 = 1,34 \text{ дБм}.$$

Шаг 3. Определяем уровень оптической мощности p_7

$$p_7 = p_6 + a_c = 1,34 \text{ дБм} + 1 \text{ дБ} = 2,34 \text{ дБм}; P_7 = 10^{(2,34/10)} = 1,71 \text{ мВт}.$$

Шаг 4. Определим мощность P_8 и увеличим ее на 20 %, чтобы учесть дополнительные потери мощности в реальном ОО узла 2

$$P_8 = 1,2((P_7 + P_2) = 1,2((1,71 + 0,5) = 2,7 \text{ мВт}; p_8 = 10 \lg 2,7 = 4,32 \text{ дБм}.$$

Шаг 5. Определяем уровень оптической мощности p_9

$$p_9 = p_8 + a_b = 4,32 \text{ дБм} + 3 \text{ дБ} = 7,32 \text{ дБм}; P_9 = 10^{(7,32/10)} = 5,4 \text{ мВт}.$$

Шаг 6. Определяем мощность P_{10} и увеличим ее на 20 %, чтобы учесть дополнительные потери мощности в реальном ответвителе узла I
 $P_{10} = 1,2((P_9 + P_1) = 1,2((5,4 + 0,63) = 7,24 \text{ мВт}; p_{10} = 10\lg 6,03 = 8,6 \text{ дБм}.$

Шаг 7. Определяем уровень оптической мощности p_{11}
 $p_{11} = p_{10} + a_A = 8,6 \text{ дБм} + 2 \text{ дБ} = 10,6 \text{ дБм}; P_{11} = 10^{(10,6/10)} = 11,48 \text{ мВт}.$

С учетом эксплуатационного запаса ($a_{\text{зап}} = 1 \dots 2 \text{ дБ}$ для аналоговых ВОСП) следует выбрать ПУ с уровнем мощности $p_{\text{пу}} = 12 \dots 13 \text{ дБм}.$

Шаг 8. Рассчитываем коэффициенты разветвления ответвителей.

Для ОО-3 от полюса θ к полюсу I требуется передать 100 % ($P_5/(P_3 + P_5) = 100 \%(0,50/(0,63+0,50) = 44 \%$ мощности. От полюса θ к полюсу 2 необходимо передать 100 % – 44 % = 56 % мощности. ОО-3 надо заказать с коэффициентом разветвления 44 %/56 % (стандартный ОО – 50 %/50 %).

Для ОО-2 от полюса θ к полюсу I требуется передать 100 % ($P_7/(P_2 + P_7) = 100 \%(1,71/(0,5 + 1,71) = 77 \%$ мощности. От полюса θ к полюсу 2 необходимо передать 100 % – 77 % = 23 % мощности. ОО-2 надо заказать с коэффициентом разветвления 77 %/23 % (стандартный ОО – 75 %/25 %).

Для ОО-1 от полюса θ к полюсу I требуется передать 100 % ($P_9/(P_1 + P_9) = 100 \%(5,4/(0,63 + 5,4) = 90 \%$ мощности. От полюса θ к полюсу 2 необходимо передать 100 % – 90 % = 10 % мощности. ОО-1 надо заказать с коэффициентом разветвления 90 %/10 % (стандартный).

На этом расчет сети закончен. Выбраны приемные устройства, рассчитаны: а) требуемая мощность ПУ, обеспечивающая необходимое ОНШ на выходе каждого ОУ и б) коэффициенты разветвления ответвителей.

Выводы. Предложен аналитический метод расчета оптического участка гибридной сети для технологии доступа HFC, где критерием качества передачи сигналов прямого (нисходящего) потока (ГС-оптические узлы) есть ОНШ. Приведен пример расчета сети типа «шина». Метод применим для расчета сетей с иной топологией, например, «звезда», «дерево», а также для пассивных оптических сетей (PON), где критерием качества передачи сигналов является коэффициент ошибки.

Список литературы

1. Корнейчук В.И. Волоконно-оптические системы передачи: учеб. для вузов / В.И Корнейчук, Панфилов И.П/. – Одесса: Друк, 2001. – 436 с.
2. Сайт www.harmonic.com. (Активное оптическое оборудование для сетей КТВ).

ОЦЕНКА ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ WI-FI КАНАЛОВ СВЯЗИ С АДАПТИВНЫМИ АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ ПРИ ФЛУКТУАЦИИ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА ПОМЕХИ

Алгоритм адаптации, учитывающий влияние флуктуации направления прихода помехи в секторе 2δ , разработан в [1]. Однако детальные исследования помехозащищенности и производительности каналов связи с адаптивными антенными решетками (ААР) проведены не были. Цель данной работы состоит в изучении с помощью алгоритма, разработанного в [1], ранее неизвестных закономерностей изменения параметров вероятность битовой ошибки (BER) и спектральной эффективности (C_3) релейского (многолучевого) Wi-Fi канала с адаптивной антенной при случайном изменении направления прихода помехи.

В многолучевом Wi-Fi канале, который рассматривается в статье [1], коэффициент передачи распределен по релейскому закону. При этом отношение сигнал-помеха (ОСП), обозначим его ρ , будет случайной величиной с экспоненциальной плотностью распределения. В [2] выведена формула для BER и C_3 релейского канала:

$$BER = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\rho}{\rho + 1}} \right), \quad C_3 = -\frac{1}{\ln 2} e^{\rho} \int_{-\infty}^{\rho} \frac{e^t}{t} dt.$$

Таким образом, при известной величине ОСП параметры канала связи BER и C_3 легко определяются. Для вычисления оптимальной величины ОСП, достигаемой в результате адаптации, будем использовать алгоритм, описанный в работе [2].

Расчеты BER и C_3 при оптимальных значениях ОСП проводились для антенных малоэлементных ААР с шагом между элементами равным $0,5\lambda$ и ОСП на входе решетки равным 1. Направления прихода сигнала θ_c и помехи θ_n равны 20° и 80° соответственно.

Анализируя приведенные в докладе результаты, можно сделать такие выводы:

1. Для двухэлементной ААР наблюдается существенный рост значения диаграммы направленности (ДН) в направлении θ_c с увеличением

¹ ассистент каф. ОРТ

² кандидат физ.-мат. наук, профессор каф. ОРТ ХНУРЕ

³ кандидат техн. наук, доцент каф. ОРТ ХНУРЕ

⁴ доктор техн. наук, профессор, зав. каф. ОРТ ХНУРЕ

сектора δ , однако он не приносит желаемого увеличения ОСП, потому, что значения ДН в направлении θn растут быстрее. Так же видно закономерное убывание таких параметров канала связи, как BER и C_3 , с ростом величины δ .

2. Пятиэлементная ААР за счет многолепестковости ДН позволяет нейтрализовать ухудшение BER и C_3 при малых значениях δ , однако только до значения δ , равным 10° .

3. В ряде случаев уже при $\delta = 8^\circ$ величина $BER > -40$ дБ и канал связи не удовлетворяет требованиям высокого качества передачи информации.

Таким образом, величина BER зависит от ширины сектора прихода помехи δ довольно значительно, что вызывает необходимость детальных исследований влияния величины флуктуации направления прихода помехи на такие характеристики канала связи как вероятность битовой ошибки и спектральная эффективность. Результаты этих исследований приведены в докладе.

Из анализа полученных результатов следует, что величины BER и C_3 изменяются в широких пределах в зависимости от количества элементов ААР N , расстояния между элементами d/λ , разности между направлениями прихода сигнала и помехи $\Delta\theta$.

При этом, если величина $\Delta\theta$ значительна, то и спектральная эффективность канала большая, а при малых значениях $\Delta\theta$ величина C_3 резко снижается, т.е. канал может и не удовлетворять требованиям по производительности (скорости передачи информации).

В результате исследований зависимостей BER и C_3 получены новые знания о степени влияния флуктуаций угла прихода помехи на помехозащищенность и производительность релейского канала связи с линейными малоэлементными ААР. Установлена взаимосвязь величины флуктуаций угла прихода помехи δ с формой ДН, параметрами ААР и канала связи. Показано, что с увеличением δ в диаграмме направленности увеличивается лепесток в направлении прихода помехи, что приводит к уменьшению ОСП, ухудшению BER и снижению производительности канала.

Список литературы

1. Г.В. Майстренко, А.М. Рыбалко, А.А. Стрельницкий, В.М. Шокало Влияние случайного изменения направления прихода помехи на помехозащищенность Wi-Fi канала связи с адаптивными антеннами // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2012. Вып. 169. С. 168–175.

2. Ермолаев В.Т., Флакман А.Г. Теоретические основы обработки сигналов в системах мобильной радиосвязи. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/56.pdf>

МОБИЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ТРОПОСФЕРНАЯ СТАНЦИЯ С ВОЗБУДИТЕЛЕМ БОЛЬШОЙ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ

Научно-технический потенциал Украины позволяет производить современные мобильные цифровые тропосферные станции (МЦТС). Эти наземные СВЧ системы имеют двойное назначение [1]. Авария на АЭС «Фукусима-1» показала, что на МЦТС можно оперативно организовывать связь через зараженные районы. Тропосферный канал связи – это канал с переменными параметрами. Многолучевость накладывает ограничения на дальность связи, скорость передачи информации в тропосферном канале связи и качество связи. Поэтому, увеличение скорости передачи информации даже на несколько Мбит/с представляет сложную научно-техническую задачу. Если это связано с увеличением дальности, то задача усложняется. Следует учесть, что мобильные станции имеют и конструктивные ограничения.

В докладе рассмотрен путь создания МЦТС диапазона 4,4...5 ГГц, обеспечивающий передачу 2Е1 на дальность связи на интервале до 250 км с вероятностью ошибочного приема $P=10(-E6)$. Энергетический потенциал радиолиний требует, чтобы при складываемых на крыше аппаратной машины двух неосесимметричных параболических антенн с коэффициентом усиления 39 дБ выходная мощность передатчика должна быть ~ 5 кВт. Размещение многокаскадного выходного усилителя СВЧ такой мощности потребует значительного объема для системы электропитания и системы охлаждения, что существенно повлияет на рабочие условия экипажа. Конструктивные ограничения можно «смягчить», если ввести в схему возбудителя мощный генераторный прибор СВЧ. В качестве такого генератора СВЧ предложен ниготрон, работающий на частоте 1,5 ГГц с к.п.д. = 50 %.

Добротность резонаторной системы ниготрона более 11000. Имеется промышленный образец ниготрона. С помощью волноводных умножителя частоты $\times 3$ и синтезатора частоты формируется необходимая сетка частот в рабочем диапазоне станции. На выходной усилитель СВЧ в этом случае подается мощный СВЧ сигнал, который доводится усилителем до необходимого уровня.

В МЦТС используется пространственно разнесенный прием на две антенны. Каждая антенна имеет отдельный вход-выход для сигналов вер-

¹ Д.т.н., профессор, проректор ОНАС им. А.С. Попова

тикальной и горизонтальной поляризации. Такая схема построения 4-кратного разнесенного приема позволяет уменьшить потери сигнала за счет межсимвольной интерференции до 1 дБ.

Увеличение коэффициента усиления антенны связано с увеличением линейных размеров антенны. Коэффициент направленного действия не увеличивается пропорционально площади антенны, а значительно медленнее. Причина в том, что на эффективной площади приемной антенны есть фазовые искажения, увеличивающиеся с ростом линейных размеров антенны. Поэтому, дальнейшее увеличение коэффициента направленного действия, а значит и коэффициента усиления, приводит к потерям усиления антенны. Этим объясняется сохранение хорошо отработанного технического решения для антенн МЦТС.

Список литературы

1. Почерняев В.Н., Захаренко С.Е. Тропосферная связь: общая характеристика, особенности и принципы построения аппаратуры // Зв'язок, 2000. – №3.

УДК 621.396

Почерняев В.Н.¹

«ВТОРАЯ ОЧЕРЕДЬ» НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ И ВЕЩАНИЯ

Всемирная конференция радиосвязи (ВКР-12) приняла ряд решений в области регулирования орбитально-частотного ресурса (ОЧР) спутниковой связи и вещания, что, безусловно, интересно Украине с точки зрения создания и развития национальной системы спутниковой связи и вещания (НСССВ). Известны сложности с реализацией спутниковых систем связи и вещания на геостационарной орбите ввиду несовершенства процедур заявления, координации и регистрации спутниковых систем в Международном Союзе Электросвязи (МСЭ). Отсюда существование большого числа «бумажных сетей» для сохранения зарегистрированного ОЧР, которым можно быстро воспользоваться при появлении реального проекта. Поэтому, ВКР-12 приняла меры по совершенствованию процедур координации и регистрации спутниковых сетей в МСЭ, и в частности, установила новый порядок использования диапазона 21,4...22 ГГц системами спутникового телевизионного вещания. Принятая процедура представляет собой нечто среднее между двумя крайними подходами – коор-

¹ Д.т.н., профессор, проректор ОНАС им. А.С. Попова

динации и Планом. Украина должна «включиться» в освоение этой процедуры получения частотного присвоения в данном диапазоне и научно-техническое освоение собственно частотного диапазона для НСССВ.

У Украины есть путь «загрузки» отечественной промышленности заказами на «вторую очередь» создания НСССВ. Проектирование НСССВ должно вестись на уровне системного проекта [1], поэтому роль и место Технического задания на создание НСССВ очень высокие.

Попутно отметим, что в рамках системного проекта необходимо проектировать все системы национального масштаба. И здесь необходимы коллективы разработчиков и конструкторов по решению научно-технических задач в области создания антенно-фидерных систем для КА и цифровой обработки широкополосных сигналов на борту КА с получением результатов мирового класса.

Так, при проектировании многолучевых активных фазированных антенных решеток (АФАР) необходимо использовать мировой опыт создания таких АФАР для КА, находящихся на негеостационарных орбитах. Своеобразной «планкой» для разработчиков может служить АФАР на 4096 элементов (256 подрешеток x 16 элементов) КА 32 луча с коэффициентом усиления не менее 38 дБ и секторном сканировании $\pm 15^\circ$. Диаграмма направленности такой антенны должна быть сложной формы, повторяющая контур территории страны или географического региона.

В докладе показаны преимущества создания в Украине НСССВ.

Таким образом, создание НСССВ позволит найти пути решения ряда существующих проблем в науке, образовании, промышленности Украины и выведет страну на качественно новый информационный и технологический уровни.

Список литературы

1. Почерняев В.М., Укк В.К. Від розробки звичайного проекту до реалізації системного проекту в галузі зв'язку // Зв'язок, 2010. – № 4.

УДК 621.396

Почерняев В.Н.¹

О НЕОБХОДИМОСТИ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Необходимость введения системного проектирования в Украине, и, в частности, в телекоммуникационной отрасли, видна из существующих двух крупных государственных задач, требующих незамедлительного решения: организация доступа абонентов сетей мобильной связи к служ-

¹ Д.т.н., профессор, проректор ОНАС им. А.С. Попова

бам экстренной помощи и внедрение цифрового телерадиовещания на всей территории Украины. Но введение системного проектирования требует разработки ряда нормативно-правовых актов.

Из проблемных вопросов системного проектирования следует отметить сжатые сроки реализации проектных решений и возможную параллельную разработку проектов отдельных сетей до завершения системного проекта. Между тем разработчикам проектов системный проект крайне необходим, так как именно в нем должно содержаться описание фрагментов всей сети. Можно предполагать, что при системном проектировании достигается синергия, поскольку у «целого» (системный проект) появляются свойства, которыми не обладают ни одна из «частей» (проекты отдельных сетей или фрагменты всей сети).

Сложности также возникают при типизации сетей, поскольку системный проект должен включать набор типовых сетевых решений, каждое из которых должно сопровождаться технико-экономическим расчетом или обоснованием. Неконтролируемое многообразие проектно-технических и технологических решений для отдельных сетей будучи нецелесообразным как с технической, так и с экономической точек зрения, может создать угрозу целостности и устойчивости всей сети. Кроме того, в этом случае возрастает как стоимость закупаемого оборудования ввиду невозможности получения оптовых скидок, так и затраты на эксплуатацию сетей. Здесь следует отметить аналогию с совершенствованием технического изделия, которое собирают из частей, деталей или узлов, изготавливаемых отдельно. При этом не сразу осознается каков был замысел конструктора, который исходил из целостного представления о всем изделии. Попытки усовершенствовать отдельные части изделия могут разрушить эту целостность, и, будучи сами по себе более совершенными, такие части могут не улучшить, а ухудшить характеристики всего изделия. Еще труднее сохранить целостность при создании сложных технологических систем, как например, сетей связи.

При проектировании сложных технологических систем первым и наиболее ответственным этапом является первоначальная декомпозиция создаваемой системы. Любая декомпозиция системы всегда относительно условна и зависит от конкретных особенностей системы и возможности ее реализации. Поэтому, при проектировании сложных технологических систем, вначале замысел о целостности системы апробируется на методологическом уровне, затем осуществляется моделирование системы, далее следует инженерное проектирование.

К важным вопросам системного проектирования следует отнести обеспечение коррелированности и взаимосвязи между проектами отдельных сетей и системным проектом. Очевидно, что максимальная степень

их увязки будет способствовать повышению эффективности функционирования сетей, применению в них решений, отвечающих критериям целостности и устойчивости этих сетей (Закон Украины «О телекоммуникациях», ст. 27).

Вместе с тем, в ситуации, когда разработку системного проекта и отдельных сетей приходится проводить практически одновременно, крайне сложно обеспечить преемственность и согласованность между ними. Идеальным решением стало бы выполнение всех работ одной специализированной проектной организацией, однако объем проектирования и жесткие сроки делают этот вариант практически нереальным. В этой ситуации многократно возрастает ответственность Заказчика, на которого ложится задача координации всех проводимых работ по проектированию сети в точном соответствии с Техническим заданием. Специализированная проектная организация может взять на себя функцию контроля за технологическим единством сети и согласование системно-технических решений, выполняемых различными исполнителями. Формой такой работы может стать экспертиза проектов в единой экспертной организации. Организацией, имеющей право проведения экспертизы проектов является одна из базовых организаций Министерства регионального развития и строительства Украины.

Другим возможным решением является выбор Заказчиком Генерального проектировщика сети. Определенная часть работы при этом будет отдана соисполнителям, которые уже имеют опыт проектирования сетей, но Генеральный проектировщик выполняет значительную часть работ собственными силами, что позволяет снизить общую стоимость системного проекта и обеспечить технологическое единство всей проектируемой сети.

Стадии проектирования системного проекта изложены в [1].

Список литературы

1. Почерняєв В.М., Укк В.К. Від розробки звичайного проекту до реалізації системного проекту в галузі зв'язку // Зв'язок, 2010. – №4.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КЛАСТЕРНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

В предыдущих работах [1, 2] была описана имитационная модель системы передачи информации с технологией ММО, основанная на кластерном представлении канала. Особенностью модели являлась возможность моделирования отводного канала (вычисление количества битовых ошибок в основном и отводном каналах). Также модель позволяла имитировать постановщик помех в канале распространения, при этом помеха могла задаваться произвольно.

В качестве исходных данных использовались характеристики канала распространения, а также параметры системы связи. К характеристикам канала относятся: импульсная характеристика канала, время прихода первого импульса кластера, количество кластеров, количество импульсов в кластерах, интервалы прихода импульсов в кластере, а также их амплитуды. Параметрами канала являются: вид модуляции, количество приемных и передающих антенн, отношение сигнал-шум, отношение сигнал-помеха, длительность импульса передаваемого сигнала.

Ограничением описываемой модели являлась жесткое задание времени дискретизации сигнала и привязка его к интервалу прихода импульсов, которые также должны были быть постоянными для всех кластеров.

Для решения этой проблемы необходимо было внести несколько изменений. Во-первых, необходимо ввести функцию пересэмплирования, которая будет изменять время дискретизации сигнала. Во-вторых, внести изменения в блок имитации среды распространения.

Функция пересэмплирования должна принимать три вектора: вектор, содержащий значения времени выборки выходного сигнала, вектор времени выборки входного сигнала и вектор значений входного сигнала. Два последних вектора должны иметь одинаковый размер. Функция должна возвращать вектор амплитуд выходного сигнала, размер которого должен совпадать с размером вектора времени выборки выходного сигнала. Для получения новых значений функция интерполируется по значениям входных пар время-амплитуда, а затем вычисляются значения для каждого элемента вектора времени выборки выходного сигнала. В функции интерполяции может быть применена линейная или кубическая интерполяция.

¹ Кузнецов А.А. – аспирант кафедры ОПТ, Харьковского Национального Университета Радиоэлектроники (ХНУРЭ)

Блок имитации среды распространения был представлен как набор цифровых КИХ-фильтров. Для имитации кластеров с разной длительностью импульсов необходимо привести сигнал к соответствующему виду. Для этого вычисляем период прихода импульсов в кластере и приводим входной сигнал к такому же периоду дискретизации (блоки $A1 - Al$). Затем сигнал проходит через фильтр импульсной характеристики кластера ($C1 - Cl$), после чего добавляется временная задержка, характеризующая временем прихода первого импульса в кластере. Затем приводим сигнал к первоначальному периоду выборки (в блоках $B1 - Bl$) для того, чтобы можно было суммировать все сигналы на выходе.

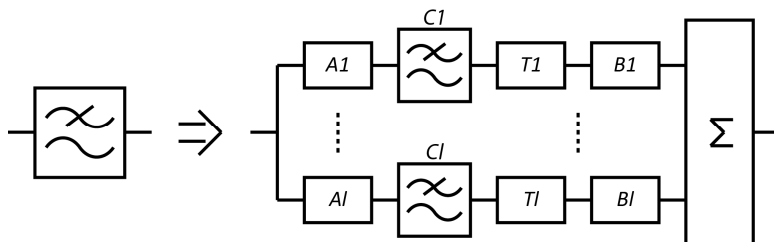


Рис. 1. Модификация блока имитации среды распространения для l кластеров

Полученную модификацию модели можно использовать для моделирования систем передачи данных в любых условиях, если известны характеристики среды распространения.

Список литературы

1. Кузнецов А.А. Цопа А.И. Приближенный анализ защищенности системы ММО на основе кластерной модели отводного канала. Часть I: модель. // Радиотехника: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – 2011. – Вып. № 164. – С. 72–76.
2. Кузнецов А.А. Цопа А.И. Приближенный анализ защищенности системы ММО на основе кластерной модели отводного канала. Часть II: результаты моделирования // Радиотехника: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – 2011. – Вып. № 165. – С. 96–100.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТОГО СТАНДАРТА КОМАНДНОЙ РАДИОЛИНИИ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Командно-измерительная система является одной из важных программно-аппаратных систем космического аппарата, с помощью которой осуществляется как управление спутником, так и контроль за его функционированием. Разработка спутниковых командно-измерительных систем, на данном этапе, имеет некоторые сложности как технического, так и организационного характера.

Сложности технического характера, в основном, связаны с увеличением ресурса космических аппаратов, повышением требований по качеству и надежности. Не секрет, что российская промышленность уступает зарубежной в производстве современной электроники. Значительное количество электро- и радиоэлементов, необходимых для создания подобных систем, в России не производится, закупаясь за рубежом.

Сложности организационного характера связаны с тем, что даже инновационные отечественные разработки зачастую не могут быть применены при построении космического аппарата, т.к. эти разработки выполнены в соответствии с отечественными стандартами, которые или закрыты или базируются на подходах, не соответствующих требованиям зарубежного заказчика.

Одной из таких важных организационных проблем является отсутствие открытого национального стандарта командной радиолинии для космических аппаратов. По этой причине разработчикам спутниковых систем приходится или самим разрабатывать подобные стандарты и аппаратуру на их основе; или использовать разработки немногих отечественных компаний, имеющих опыт в проведении подобных работ, и имеющих внутренние стандарты радиолинии; или же, как самый радикальный способ, – использовать эквивалентные зарубежные стандарты (например, Европейского космического агентства [1]).

Использование иностранных стандартов при разработке телекоммуникационного спутникового оборудования без внимательной переработки проблематично по следующим причинам:

¹ Главный конструктор по электрическому проектированию и испытаниям ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.Решетнева

² к.т.н., доцент, центр прикладных исследований ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» в г. Железногорске

- нет гарантии того, что в иностранных документах нет ошибок или неточностей, допущенных случайно или умышленно;
- отсутствие обоснования выбора тех или иных методов и решений (есть только итоговые рекомендации);
- присутствие закрытых фрагментов в документах, не публикуемых в открытой печати и регламентирующих важные стратегические решения национальных космических агентств;
- моральное устаревание со временем любых технологий;
- богатый и уникальный опыт собственных проектов, описывающих некоторые конкурентоспособные и уникальные решения, недоступен для отечественных производителей.

При всей проблематичности применения иностранных стандартов, отказываться от успешных наработок зарубежных коллег также не следует. Учитывая все аргументы «за» и «против», можно предложить следующее решение – разработка *нового, современного и открытого* стандарта командной радиолинии, описывающего методы и способы передачи информации в радиолинии, методы измерения текущих навигационных параметров, способы и методы защиты информации от несанкционированного доступа. Отметим перспективные элементы иностранных стандартов, которые будет важно реализовать при написании отечественных нормативных документов: системность описания предметной области; концентрация группы стандартов по принципу комплексного описания; максимальная открытость документов; эффективность механизма обновления содержимого документов; гармонизация содержания стандарта с международными аналогами.

Реализация предложенного проекта предполагает применение методов системной инженерии и инженерии знаний [2]. Исполнение работ по созданию эффективной радиолинии для контроля и управления космическими аппаратами было бы целесообразно поручить институтам и исследовательским лабораториям.

Список литературы

1. Münster S., Gericke G. Comparison of Russian P.A. Standards With Corresponding ESA Requirements // Product Assurance Symposium and Software Products Assurance Workshop, ESA, 1996. – Pp. 31–42.
2. Углев В.А. Актуализация содержания стандартов проектирования сложных технических объектов: онтологический подход // Онтология проектирования. 2012. №1(3). – С. 80–86.

ПРОГРЕССИВНАЯ ПЕРЕДАЧА АУДИО С ПОМОЩЬЮ СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

Сегодня самые разные телекоммуникационные системы передают и обрабатывают большие объемы данных в реальном времени. Эти системы хорошо работают в случае высокой пропускной способности каналов связи. Однако, возможно множество ситуаций, когда скорость передачи данных меняется в режиме реального времени и не очень высока. Рассмотрим задачу передачи аудио в таких условиях.

Распространенным способом решения этой проблемы является хранение на сервере вариантов файлов с разными битрейтами. Пользователь, как правило, сам выбирает, с каким файлом работать. Альтернатива выбора, обычно, небольшая, например, 128 Кбит/с, 64 Кбит/с или 32 Кбит/с.

В качестве более гибкого подхода можно использовать прогрессивное представление фреймов аудио сигнала, в этом случае первые коэффициенты содержат наиболее значимую информацию, а весь фрейм может быть восстановлен с использованием только некоторых первых значений этих коэффициентов, при этом чем больше значений будет использовано, тем лучше будет качество восстановленного аудио.

Существуют разные способы прогрессивного представления. Рассмотрим новый способ, основанный на разложении по сингулярным числам матрицы (SVD, singular value decomposition, [1]). В [2] показано как SVD может быть использовано для компрессии аудио, эти же идеи можно применить и для прогрессивной передачи. Сначала фрейм аудио сигнала записывается как матрица $X = (x_{ij})$ размера $m \times n$ с помощью преобразования $x_{ij} = x((i-1)n + j)$, где $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$. Затем полученная матрица X раскладывается на произведение трех матриц с помощью сингулярного разложения, описываемого следующей теоремой [1]:

Теорема 1. Пусть $X \in \mathbf{R}^{m \times n}$, U и V – вещественные ортогональные матрицы, тогда X можно представить в виде

$$X = USV^T, \quad (1)$$

¹магистр, аспирант кафедры прикладной математики и информатики Тульского государственного университета

где S – диагональная матрица размера $r \times r$, $r = \min(m, n)$ и диагональные элементы матрицы S удовлетворяют неравенствам $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r \geq 0$.

Рассмотрим теперь теорему о наилучших аппроксимациях с понижением ранга (частный случай более общей теоремы для матрицы X над полем \mathbf{C} [3, с. 233]):

Теорема 2. Пусть матрица $X \in \mathbf{R}^{m \times n}$ задана сингулярным разложением (1) и $\sigma_{k+1} = 0$. Пусть задано целое $1 \leq s \leq k$, тогда

$$\min_{\substack{\text{rank}(Y) \leq s, \\ Y \in \mathbf{R}^{m \times n}}} \|X - Y\|_2 = \sigma_{s+1} = \|X - \tilde{X}_s\|_2, \quad (2)$$

где $\|X\|_2 = \sup_{\|y\|_2=1, y \in \mathbf{R}^n} \|Xy\|_2$ – спектральная норма матрицы, $\tilde{X}_s = \sum_{l=1}^s \sigma_l u_l v_l^T$.

Если матрицу X размера $m \times n$ записать в виде (1) и оставить только s самых больших сингулярных значений, то для хранения матрицы X уже нужно $s(m+n)$ значений вместо $m \times n$. Такое число получается потому, что теперь нужно хранить только первые s строк матрицы US и первые s столбцов матрицы V^T . Погрешность аппроксимации определяется с помощью (2).

Для прогрессивной передачи матрицы X нужно передавать последовательно очередные строку матрицы US и столбец матрицы V^T , тогда приближение матрицы X будет считаться как произведение матриц следующих размерностей: $(m \times s) \cdot (s \times n) = (m \times n)$.

В проведенных на данный момент предварительных численных экспериментах подход, основанный на SVD, в целом показал результаты хуже, чем метод прогрессивной передачи, использующий одномерное дискретное вейвлет-преобразование. При тестировании обрабатывались фреймы размером $j=1, \dots, n$, во всех случаях выполнялось сжатие в два раза (для SVD оставлялись 8 сингулярных значений, а в случае вейвлет-преобразования сохранялись только коэффициенты аппроксимации, коэффициенты, описывающие детали, не сохранялись), результаты оценива-

лись на основе среднеквадратического отклонения и отношения сигнал/шум исходного и восстановленного сигналов.

Тем не менее, при применении к исходному фрейму оконного преобразования Тьюки, модифицированного так, чтобы функция окна принимала на концах отрезка ненулевые значения, а максимальное значение функции было не больше 1 (в экспериментах к функции прибавлялось 100, затем она делилась на 150), результаты подхода, основанного на SVD, заметно улучшились, это преобразование немного улучшило и результаты в случае вейвлетов. В сравнении с вейвлет-преобразованием Хаара для инструментальной музыки результат SVD оказался гораздо лучше, немного лучше для жанра популярной музыки, однако заметно хуже в случае рока и речи. При сравнении с подходами, основанными на вейвлет-функциях Добеши и некоторых биортогональных вейвлетах, SVD немного уступил в случае популярной музыки и джаза, но показал в несколько раз меньшее отношение сигнал/шум для рока и речи. Отметим также, что скорость работы SVD кодека в несколько раз выше скорости кодеков, основанных на вейвлетах.

В дальнейшем может быть исследован вопрос о том, как еще можно «улучшить» SVD для аудио, то есть как можно обработать входной сигнал так, чтобы сингулярные значения убывали быстрее, это позволит добиваться большего сжатия и лучшего качества звучания.

Различные материалы по обработке аудио, исходные тексты экспериментальных аудио кодеков и примеры их работы размещены на веб-сайте автора в сети Интернет по адресу <https://sites.google.com/site/sviridov86>.

Список литературы

1. Anderson E., Bai Z., Bischof C., Blackford S., Demmel J., Dongarra J., J. Du Croz, Greenbaum A., Hammarling S., McKenney A. and Sorensen D. LAPACK User's Guide, Third Edition. SIAM, Philadelphia, 1999.
2. Свиридов А.А. Использование сингулярного разложения для компрессии потокового аудио // Известия ТулГУ. Технические науки. Выпуск 3. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – С. 175–183.
3. Тыртышников Е.Е. Матричный анализ и линейная алгебра. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 480 с.

ПРОГРЕССИВНАЯ ПЕРЕДАЧА АУДИО, ОСНОВАННАЯ НА ДВУМЕРНОМ ДИСКРЕТНОМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИИ

Задача прогрессивной передачи данных является очень важной для самых разных коммуникационных систем, работающих в режиме «реального времени». На сегодняшний день эта задача достаточно хорошо изучена для изображений, для эффективной передачи которых используются такие алгоритмы прогрессивного кодирования как SPIHT (set partitioning in hierarchical trees) и EZW (embedded zerotree wavelet), выполняющие прогрессивное кодирование коэффициентов двумерного дискретного вейвлет-преобразования (2D DWT, two-dimensional discrete wavelet transform) исходного изображения, записывая их в древовидном виде, в котором наиболее значимые коэффициенты находятся ближе к корню дерева.

Алгоритмы SPIHT и EZW можно применять и для аудио, но в этом случае они не так эффективны, как для изображений. Этот вопрос рассматривается в [1], где предлагается динамически выбирать оптимальные деревья в случае аудио.

В работе [2] показано, как можно использовать для компрессии аудио 2D DWT, построенное на основе тензорного произведения двух 1D DWT. Предлагаемые в [2] идеи можно применить и для прогрессивной передачи. Основная идея заключается в том, что отсчеты фрейма аудио сигнала x_1, \dots, x_N представляются в виде матриц $X = (x_{ij})$, $X \in \mathbf{R}^{n \times m}$, где $x_{ij} = x((i-1)n + j)$, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$, $n \times m = N$, а полученные матрицы рассматриваются как изображения $n \times m$ в градациях серого цвета, где значения x_{ij} определяют цвета пикселей с координатами (i, j) в цветовом пространстве RGB

$$R_{ij} = G_{ij} = B_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_{i,j} x_{ij}}{\max_{i,j} x_{ij} - \min_{i,j} x_{ij}}.$$

¹ Свиридов А.А., магистр прикладной математики и информатики, аспирант кафедры прикладной математики и информатики Тульского государственного университета

На рисунке слева показано визуальное представление матрицы фрейма размера 64×64 , а справа приведены изображения матриц коэффициентов аппроксимации (a) и горизонтальных (h), вертикальных (v) и диагональных (d) деталей, полученных применением 2D DWT Хаара к изображению слева. Отметим, что типичный размер матрицы фрейма аудио при потоковой обработке составляет 32×32 , больший размер в примере выбран для наглядности.

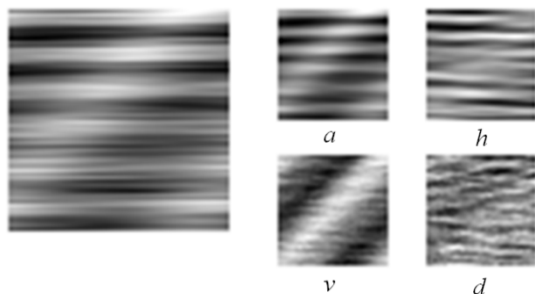


Рис. Пример применения 2D DWT Хаара к матрице фрейма аудио сигнала размера 64×64

В [2] приводятся результаты небольшого количества экспериментов, из которых хорошо видно, что наиболее значимыми коэффициентами 2D DWT в случае аудио являются коэффициенты аппроксимации и коэффициенты, описывающие горизонтальные детали изображения. Эти результаты планируется проверить на большой базе музыкальных произведений.

Предварительное сравнение 1D и 2D DWT дает основание полагать (тем не менее, как и в случае результатов [2], необходимо проведение численного эксперимента на большом количестве композиций), что для аудио «значимость» коэффициентов аппроксимации в 1D равна суммарной «значимости» коэффициентов аппроксимации и горизонтальных деталей в 2D и, соответственно, коэффициенты деталей в 1D несут в себе столько же информации, сколько и коэффициенты, описывающие вертикальные и диагональные детали в случае 2D. Эти результаты говорят о некоторой эквивалентности 1D и 2D преобразований для аудио сигналов.

Тем не менее, несмотря на данную эквивалентность в обработке аудио с помощью 1D и 2D DWT, 2D форма аудио представляет интерес в том плане, что к ней можно применять самые разные алгоритмы обработки изображений и сравнивать их с одномерными аналогами. В случае, если двумерные методы будут показывать лучшие результаты, их можно ис-

пользовать вместо одномерных. Это имеет отношение и к задаче прогрессивного кодирования, поскольку для 2D представления аудио алгоритмы SPIHT и EZW могут быть применены без модификаций. Тестирование комбинации 2D DWT вместе со SPIHT или EZW пока не проводилось.

Различные материалы по обработке аудио, исходные тексты экспериментальных аудио кодеков и примеры их работы размещены на веб-сайте автора в сети Интернет по адресу
<https://sites.google.com/site/sviridov86>.

Список литературы

1. Stefan Strahl, Huan Zhou, Alfred Mertins. An Adaptive Tree-Based Progressive Audio Compression Scheme // IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics. New Paltz, NY. October 16–19, 2005. P. 219–222.
2. Свиридов А.А. Использование двумерного дискретного вейвлет-преобразования для компрессии аудио // Научно-технический вестник Поволжья. №4 2012 г. Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2012. С. 186–190.

УДК 621.38

Гераїмчук М.Д.¹, Івахів О.В.², Мушеник П.І.³, Шевчук Б.М.⁴

КОМПРЕСУВАННЯ СЛУЖБОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Серед різноманітних архітектур бездротових сенсорних мереж доволі популярне використання множинного доступу з часовим розділенням каналів [1]. Розвиток інтегральних технологій та бездротових сенсорних мереж пов'язані із необхідністю оцінювання необхідної швидкодії каналів зв'язку. При цьому регулярне опитування вузлів сенсорної мережі завимує ці вимоги, вимірювальні дані від сукупності вузлів мережі часто є надмірними, оскільки зорієнтовані на максимальні частоти в спектрі вимірювальних сигналів. Реальні швидкості зміни реєстрованих сенсором параметрів (вимірюваних фізичних величин) збігаються з максимальними потребами з невисокою ймовірністю. Тому доцільно зосередитися на мережах, вузли яких пристосовуються до реальних процесів, вибирають із поточних значень ті, що виходять на межі допустимого поля допуску. При цьому потоки суттєвих відліків набувають хаотичності, як з по-

¹ д.т.н., проф., зав каф. НТУУ «КПІ»

² проф., зав каф. НУ «Львівська політехніка»

³ магістр НУ «Львівська політехніка»

⁴ к.т.н., докторант Інституту Кібернетики НАН України

гляду їх відповідності тим чи іншим вузлам сенсорної мережі, так і щодо їх часової прив'язки [2]. Використання для кожного з вузлів індивідуальної адреси нерациональне, оскільки розраховане на рівномірну появу відліків від кожного із вузлів. Запропоновано використати групову адресу, яка дозволить коректно ідентифікувати номер кожного з вузлів, якому належить той чи інший відлік вузла сенсорної мережі. Часова прив'язка найчастіше забезпечується періодичним передаванням відповідних часових маркерів тощо.

З математичної точки зору кожен із наборів значень у кадрів – це N перестановка з повтореннями, в яких елемент з i -тою адресою з'являтиметься в межах одного кадру N_i разів. Для кодування такої групової адреси можна використати перестановчі коди, при яких кількість двійкових символів, що припадають на один суттєвий відлік збігається з ентропією активності вузлів сенсорної мережі, тобто ефективніші від індивідуального адресування [3]. Недоліком групового адресування є його чутливість до дії завад у лініях зв'язку, що вимагає застосування завадостійких заходів, при цьому дещо знижуються попередньо окреслені переваги. За невідомої статистики активності сукупності джерел мережі набір послідовності, розподіл його позицій між окремими джерелами нефіксований. Тому, поряд з кодом розміщення (поточним номером перестановки) розміром k_Q необхідно подати й відомості про його довжину, оскільки вона змінна через апіорну невизначеність розподілу активностей джерел мережі $\{\alpha_i\}$ розміром k_q та відомості про набір послідовності, тобто про кількість місць закріплених в ній за кожним із джерел, розміром k_H .

На практиці, для полегшення покадрового синхронізування бажано працювати з послідовностями сталої довжини, зокрема із сталою як інформаційною, так і службовою частинами. На відміну від проаналізованої вище структури, можна, формуючи службову частину, при цьому обійтися лише кодами набору та розташування, розрядність яких k_H та k_Q , відповідно, фіксована [8]. Припустимо, що формування послідовності припиняється при заповненні або інформаційної частини послідовності, або ж розрядної сітки коду розташування.

Цей метод нумерування асимптотично ефективний при значному розмірі послідовності N , оскільки мінімально можливі витрати на нумерування не можуть бути меншими від ентропії [2].

Ентропійна швидкість передавання символів двійкового номера при $N \rightarrow \infty$ прямує до ентропійної швидкості групового джерела. Коду-

вання номера здійснюється рівномірним кодом. На приймальному боці послідовність записується в регістр, а декодований номер використовується для розподілення вибірових значень з регістра пам'яті по відповідних каналах. При цьому сам номер послідовності може служити також узагальненою характеристикою інформаційного стану об'єкта або окремого канального елемента для подання значення оцінки на вищий ступінь ієрархії, при цьому вимірювально-інформаційна система пристосовується до поточної зміни активностей джерел протягом своєї роботи.

Список літератури

1. Гераїмчук М.Д., Івахів О.В., Паламар М.І., Шевчук Б.М. Основи побудови перспективних бездротових сенсорних мереж. Монографія. Київ: ЕКМО, 2010. – 100 с.
2. Калашников И. Д., Степанов В. С., Чуркин А. В. Адаптивные системы сбора и передачи информации. – Москва: Энергия, 1975. – 240 с.
3. Виленкин Н. Я. Комбинаторика. – Москва: Наука, 1969, 197 с.
4. О. Ivakhiv, P. Mushenyk, O. Bazylevych. Intelligent System for Testing of Object Information State / Proceedings of the 6-th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (September 15–17, 2011, Prague, Czech Republic)/IEEE Catalog Number:CF11803-PRT, 2011, vol.2, p. 633–636, 2011

УДК 621.396.96

Коваль Ю.А.¹, Костыря А.А.², Плехно С.А.³, Асаад Х.Х.³

ВЫБОР ОБЩЕГО ИСТОЧНИКА СИГНАЛА ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ

A comparative analysis of the most common signal ground radio sources to be used as a general source of the signals in the construction of a local (a regional) passive system clock time and frequency. The conclusion about the prospects of digital terrestrial television signals.

С целью обеспечения скрытности, помехоустойчивости, экономичности, электромагнитной совместимости разрабатываемой системы синхронизации времени и частоты (ССВЧ) при реализации алгоритма общего охвата целесообразно использование стороннего источника сигнала, местоположение которого известно с необходимой точностью и обеспечива-

¹ д.т.н., проф. каф. ОРТ ХНУРЭ

² к.т.н., в.н.с. НУЦ ОРТ, каф. ОРТ ХНУРЭ

³ асп. каф. ОРТ ХНУРЭ

ется уверенный радиоприем этого сигнала в синхронизируемых пунктах [1,2]. Наиболее массовыми наземными радиоизлучающими источниками, которые могут использоваться в качестве общего источника сигнала (ОИС), в настоящее время являются радиовещательные станции и телевизионные центры.

В докладе проводится сравнение сигналов наземного аналогового телевидения, частотно-модулированных сигналов радиовещательных станций и сигналов цифрового наземного телевидения (ЦНТВ) [3]. В качестве сравниваемых параметров используются два основных параметра – значение отношения сигнал/шум на выходе устройства обработки сигнала и величина эффективной ширины спектра сигнала, а также дополнительные параметры, которые непосредственно связаны с основными параметрами – ширина главного и уровень боковых лепестков автокорреляционной функции (АКФ) сигнала.

Исследование корреляционных свойств радиосигналов проводится на базе аппаратно-программного комплекса, в состав которого входят приемные устройства различных частотных диапазонов, цифровой USB осциллограф и персональная ЭВМ. Разработано специализированное программное обеспечение.

Из сравнительного анализа радиосигналов различных источников следует, что при выборе ОИС необходимо учитывать следующие факторы:

- возможность определения местоположения ОИС либо разности времени распространения сигнала от ОИС до синхронизируемых пунктов с достаточной точностью;
- синхронизируемые пункты должны находиться в зоне уверенного приема сигнала общего источника;
- предпочтение имеют общие источники, сигналы которых имеют более широкий эффективный спектр и как можно меньший интервал сильной корреляции.

Проведенные предварительные теоретические и экспериментальные исследования показывают, что наиболее предпочтительным ОИС для построения региональной ССВЧ является сигнал ЦНТВ. Из сравниваемых данный сигнал обеспечивает однозначность измерений (определяется наличием преобладающего главного лепестка АКФ), ширина главного максимума его АКФ наименьшая и уровень ближайших к главному максимуму лепестков автокорреляционной функции минимален. Поэтому при использовании сигнала ЦНТВ следует ожидать наименьшего значения погрешности сличения шкал пространственно разнесенных стандартов (эталонов) времени и частоты по сравнению с другими рассмотренными сигналами.

Вопрос применения сигнала ЦНТВ для создания региональной ССВЧ требует более детальной теоретической и экспериментальной проработки.

Список литературы

1. Коваль Ю.А. Костыря А.А., Обельченко В.В., Бондарь Е.Ю., Иванова Е.А., Ермолаев Е.П., Милях М.В. Анализ возможностей метода общего охвата для высокоточной синхронизации стандартов времени и частоты в пределах прямой видимости // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – № 1(20). – С. 21–30.
2. А.А. Костыря Ю.А. Коваль, Е.А. Иванова, Ермолаев Е.П., Милях М.В., Носов С. И., Бондарь Е.Ю. Оценка потенциальной точности синхронизации стандартов времени и частоты при использовании измерительного телевизионного сигнала / Системи управління, навігації та зв'язку. К.: 2009, випуск 2(10). – С. 40–45.
3. Ю.Б.Зубарев, М.И.Кривошеев, И.Н.Красносельский. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. – М.: Научно-исследовательский институт радио (НИИР), 2001. – 568 с.

УДК 621.395.74

Костенко В.О.¹, Завьялов С.Н.²

СОВМЕСТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОГНИТИВНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ РАЗНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ СВЯЗИ

В настоящее время территории всех городов Украины многократно поделены на соты разными операторами мобильной связи. Бывает так, что в одном городском квартале возвышаются мачты антенн двух и даже трех базовых станций. Естественно, напрашивается идея объединения действующих операторов и формирования более рационально организованной единой сети, обеспечивающей весь спектр современных услуг, предоставляемых мобильной связью. В конечном счете, потребителю безразлично, какой именно оператор его обслуживает, важно чтобы были обеспечены высокие качественные показатели по предоставлению услуг.

В мировой практике существуют примеры объединения и формирования единой сети мобильной связи с последующей эксплуатацией одновременно несколькими операторами. Например, альянс британских операторов связи T-Mobile и 3UK позволил создать качественную и хорошо управляемую сеть, которая имеет большее покрытие относительно сетей отдельных операторов. Кроме того, данный проект позволил выве-

¹ к.т.н., доц. каф. РТТ ЗНТУ

² ст. преподаватель каф. РТТ ЗНТУ

сти из эксплуатации 5000 «лишних» базовых станций из тех зон, которые раньше перекрывались сетями множества операторов. Ожидаемый уровень экономии затрат на десять лет составляет более 4 миллиардов долларов США [1].

Сближение и совместное строительство сетей на основе технологии LTE шведскими операторами мобильной связи Telenor и Tele 2 вместе с существенным снижением затрат на строительство сети позволило запланировать до 2013 года покрытие 99 % территории страны. Данные примеры можно привести и по ряду других стран.

Следует учитывать, что объединение разных операторов подразумевает не простое механическое перераспределение территорий, аппаратных средств и доходов, а придание создаваемым сетям свойств когнитивных систем. Под термином когнитивные системы подразумеваются современные аппаратно-программные средства, использующие одноименные технологии [2]. Когнитивные технологии «имитируют» мыслительную деятельность человека. Они, как правило, основаны на моделях с нечеткой логикой и теории нейронных сетей.

Обобщенная модель когнитивной инфокоммуникационной системы может включать 5 уровней: первый – подсистема сенсорных датчиков и исполнительных устройств; второй – телекоммуникационная подсистема; третий – информационная подсистема; четвертый – подсистема когнитивных технологий; пятый – подсистема когнитивных прикладных процессов.

Каждому уровню данной модели характерен свой уровень интеллекта и свой круг решаемых задач. Это отдаленно напоминает организацию промышленного производства в обществе, где на нижнем уровне находятся рабочие и станки; на втором уровне – инженеры и мастера; третий уровень – уровень начальников цехов; далее – уровень главного инженера и директора; высший уровень – уровень главных специалистов министерства и министра. Такая организация работы системы проверена жизнью и не вызывает сомнений.

Реорганизация же существующих телекоммуникационных сетей – это требование времени. Объем голосового трафика, до сих пор приносящего наибольшую прибыль, продолжает снижаться в сравнении с ростом объемов передачи данных. Доля передачи аудио и графических данных по состоянию на сегодняшний день составляет 65 % от общего объема передаваемого контента. Неуклонно растет доля обмена видео данными, заявило о себе мобильное телевидение. Предварительные оценки свидетельствуют, что ожидаемый рост трафика следует оценивать не процентами и разами, а порядками.

Когнитивная модель для совместной телекоммуникационной сети, как один из вариантов инфокоммуникационной системы, позволяет предусмотреть не только значительный рост трафика, но и делегирование каждому уровню модели своего уровня интеллекта с поддержкой синергетического эффекта появления новых видов услуг – рингтонов, рингбектонов, графики для MMS, заставок телефонов, различных игр и других провайдерских новых разработок.

Список литературы

1. Информационное сообщение о конкурсе «Профессионалы будущего» «МТС Украина», 16.01.2012 г.
2. Комашевский В.И, Соколов Н.А. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети. Вестник связи №10, 2011, С. 4–8.

3 СЕКЦІЯ «СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 004.42

Луньова А.Г.¹, Табунщик Г.В.²

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДОКУМЕНТООБІГУ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

Актуальність даної роботи полягає у тому, що сучасні вищі навчальні заклади (ВНЗ) поділяються на багато підрозділів. Кожен підрозділ в свою чергу має насичену базу документообігу, яка створюється великою кількістю документів різноманітної звітності. Таким чином перед автоматизацією документообігу потрібно виконати ретельний аналіз процесів підтримки навчального процесу ВНЗ [1].

Мета роботи полягала в розробці інформаційної моделі документообігу ВНЗ. Для того, щоб побудувати необхідні моделі, насамперед, потрібно виконати аналіз засобів моделювання для впевненості що обрані нами засоби моделювання в повній мірі зможуть відтворити наочність обраних процесів. Після перевірки створити моделі за допомогою цих програмних засобів.

Під час виконання роботи були зроблені наступні кроки:

- Проаналізовані засоби моделювання процесів та обрані BPMN 2.0 та UML [2];
- Побудовані моделі документообігу між підрозділами університету;
- Відокремлені формати електронних документів (звіти, списки студентів, службові подання, розклади, тощо);
- Побудована модель предметної області.

По всьому вказаному вище можемо зробити наступні висновки: за створеним аналізом обраної нами предметної області була розроблена інформаційна модель документообігу ВНЗ, що дозволить у подальшому автоматизувати визначені процеси.

Список літератури

1. Курнин, А.В. Автоматизация системы управления виртуальной образовательной системой / Шеламова Т.В. – С.-П.: Научно-технический вестник – 2010. – 120 с.
2. Самуйлов, К.Е. Основы формальных методов описания бизнес-процессов / Серебренникова Н.В., Чукарин А.В., Яркіна Н.В. – М.: РУДН – 2008. – 130 с.

¹ ст. гр. ІОТ-417М ЗНТУ

² канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

ОБОБЩЕНИЕ КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ УРОВНЯ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСОМ

Современная организация телекоммуникационного бизнеса требует создания систем управления сетью на всех ее уровнях. Логическая архитектура широко распространенной системы стандартов TMN, регламентирующей управление программным обеспечением и информацией обмена в разнообразных сетях электросвязи, имеет многоуровневую структуру. В данной работе рассмотрен верхний уровень – управления бизнесом. Для платформы TMN в значительной степени отработаны задачи управления на первых двух уровнях (сетевых элементов и сети), а также совершенствуются методы и средства управления услугами. Однако, существенного сдвига в автоматизации уровня бизнес-управления не наблюдается.

Для описания модели бизнес-процессов задаются параметры, которые количественно либо качественно характеризуют бизнес-процесс. Если бизнес-процесс рассматривать как предоставление услуги электросвязи конечному пользователю, то он охватит все этапы от планирования услуги до ее использования потребителем.

Тогда оптимизационная задача процесса управления телекоммуникационной системой на уровне бизнеса содержит следующие составляющие:

- эффективность процесса E должна стремиться к максимуму;
- готовность операций F определяется полнотой функций (услуг), которая должна быть максимально высокой;
- качество обслуживания Q определяется отклонением значений от нормы Q^* , которые нужно минимизировать;
- есть необходимость максимальной достоверности и безошибочности передачи информации, обозначаемой параметром S ;
- стоимость создания услуги C необходимо снижать до возможного минимума.

Поскольку перечисленные параметры являются различными по природе величинами, то для построения обобщенного критерия есть необходимость их нормировать.

¹ магистр кафедры РТТ ЗНТУ

Критерий оптимальности в общем случае будет иметь вид:

$$K = \max E + \max F + \min Q^* + \max S + \max C =$$

$$= \max \left[\alpha_1 \frac{N_1 - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} + \alpha_2 \left(1 - \frac{\Delta t_i - \Delta t_{\min}}{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}} + \frac{F_i - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} + \right) + 1 - \left(\frac{P_{bi} - P_{b\min}}{P_{b\max} - P_{b\min}} + \frac{P_{yi} - P_{y\min}}{P_{y\max} - P_{y\min}} \right) \right] +$$

$$+ \min \left[\frac{C_{bi} - C_{b\min}}{C_{b\max} - C_{b\min}} + \frac{C_{ni} - C_{n\min}}{C_{n\max} - C_{n\min}} + \frac{C_{di} - C_{d\min}}{C_{d\max} - C_{d\min}} + \frac{h_i - h_{\min}}{h_{\max} - h_{\min}} + \right.$$

$$\left. + \frac{\Delta h_i - \Delta h_{\min}}{\Delta h_{\max} - \Delta h_{\min}} + \frac{p_{LRi} - p_{LR\min}}{p_{LR\max} - p_{LR\min}} + \frac{p_{ERi} - p_{ER\min}}{p_{ER\max} - p_{ER\min}} \right],$$

где α_1, α_2 – коэффициенты важности составляющих эффективности, N_i – возможное число одновременно обратившихся к системе пользователей; Δt_i – интервал времени обслуживания пользователя; P_b и P_y – вероятности появления битовой ошибки и утечки информации; h – отклонение задержки; Δh – отклонение джиттера; p_{LR} и p_{ER} – отклонения вероятностей потери пакетов и повторного заказывания пакетов; C_b, C_d, C_n – стоимости базового и дополнительного оборудования, подключения к внешней сети.

Предложенный обобщенный критерий оптимизации целесообразно использовать на начальном этапе построения телекоммуникационной сети или планирования деятельности предприятия, для того, чтобы обеспечить максимальную эффективность работы с учетом стоимости работ, потраченных на построение сети, и качества обслуживания пользователей. Данный критерий также позволяет осуществить оценку и выбор рационального из возможных вариантов построения сети с учетом требований пользователей, и технических возможностей применяемого оборудования.

Список литературы

1. ITU-T Recommendation M.3050.1. Enhanced Telecom Operations Map – The business process framework. – 06-2004.
2. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации / Я.З.Цыпкин. – М.: Наука, 1995. – 336 с.
3. Михнов Д.К. Обобщенный критерий эффективности беспроводного сегмента информационной системы предприятия / Михнов Д.К., Михнова А.В., Мохаммед К. Мохаммед // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2010, вип.3(25), с.174–176.

МОДЕЛЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ЗАДАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

В распределенных системах высока степень автономности узлов, а на различных кластерах Grid-среды могут устанавливаться свои системы управления ресурсами с разными локальными планировщиками, что приводит к отсутствию единой политики выделения ресурсов. Поэтому в распределенных средах должен существовать не один, а множество вариантов распределения ресурсов в зависимости от наступления внешних по отношению к программе событий, динамично меняющегося окружения из-за пространственно-временной конкуренции различных программ. Предложенная в работе модель поддерживает полный цикл обработки пользовательских заданий рис. 1.

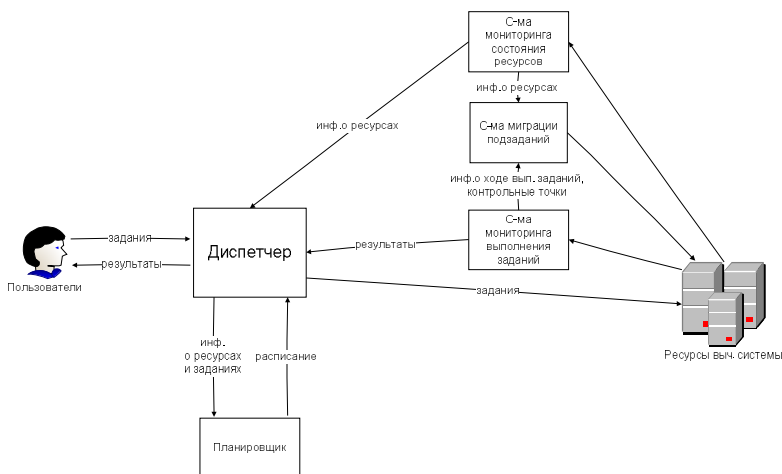


Рис. 1. Модель обслуживания пользовательского задания

Диспетчер выполняет распределение поступающих заданий по ресурсам с учетом данных ресурсного запроса. Предлагается централизованная схема обслуживания, так как в ограниченных масштабах централизованная схема дает более широкие возможности и, обладая полной информацией, может осуществлять эффективное планирование. В аспекте разделения ресурсов между пользователями стратегией планирования

¹ ассистент каф. КСС ЗНТУ

выбрано приоритетное обслуживание заданий, что также обуславливает выбор централизованной архитектуры с общей очередью заданий. Задания доставляются на вычислительные ресурсы непосредственно перед запланированным запуском, ожидая в специальной очереди заданий. Так как доставка необходимых файлов занимает определенное время, то пересылка осуществляется с некоторым упреждением, достаточным для доставки необходимых входных файлов. Упреждение основывается на механизме прогнозирования освобождения/занятия ресурсов.

Эффективное и гибкое планирование вычислений в распределенных системах требует комбинирования различных алгоритмов, учета динамики загрузки ресурсов, введения совокупности критериев использования ресурсов. Программа-планировщик должна иметь возможность влиять на реальную производительность системы через управляемые параметры.

Системы мониторинга необходимы для получения представления о состоянии системы для принятия управленческих решений. Например, принятия решения о необходимости миграции какого-либо запущенного подзадания. Выполнение подзадания возобновляется с последней сохраненной контрольной точки. Возможные причины миграции подзаданий:

- 1) так как ресурсы не отчуждаются от собственника и могут одновременно использоваться как рабочие станции, то в случае если владельцу необходимо монопольно занять ресурс для своих нужд, возникает необходимость мигрировать уже выполняющееся на данном ресурсе подзадание;

- 2) в случае выхода из строя ресурса, запущенное на нем подзадание вынуждено будет мигрировать, с последующим возобновлением на другом ресурсе с контрольной точки;

- 3) если миграция позволит получить большую прибыль за счет освобождения данного ресурса, и будут выполнены условия по времени для уже запущенного задания;

- 4) если преждевременно освободятся более производительные ресурсы, и во избежание их простоя, будет осуществлена миграция, которая позволит получить выигрыш по времени для задания в рамках предложенной платы.

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В работе решена важная научно-практическая задача разработки методов и моделей для раннего диагностирования возникновения и развития дефектов деталей и узлов газотурбинного двигателя (ГТД) путем спектрального анализа их вибрационных сигналов [1].

Результаты проведенного практического исследования показали значительные преимущества и большую чувствительность непрерывного вейвлет-анализа при решении задач спектрального анализа вибрационных сигналов. Для разработки эффективного метода оценки технического состояния узлов ГТД предложено использовать непрерывное вейвлет-преобразование, трактуя его как операцию фильтрации анализируемого сигнала. Такой подход позволяет интерпретировать результаты анализа наилучшим образом с физической точки зрения.

Обосновано, что наиболее эффективным типом вейвлета для анализа вибрационных сигналов является комплексный вейвлет Морле. Для данного вейвлета предложен метод уменьшения влияния краевых эффектов на результаты анализа сигналов. Предложенный метод сочетает в себе дополнение анализируемого сигнала нулями до двойной длины с последующим отсечением области, содержащей искаженные значения вейвлет-коэффициентов. Для определения границ области, подверженной краевым эффектам, впервые предложено аналитическое выражение, учитывающее параметры анализирующего вейвлета Морле и анализируемого сигнала. Предложенный метод является универсальным и может быть применен для всех вейвлетов, относящихся семейству Гауссовых.

Для определения технического состояния узлов ГТД предложен усовершенствованный метод анализа огибающей высокочастотной случайной вибрации, который отличается от существующего применением банков вейвлетных фильтров и кросс-спектрального анализа. Такое усовершенствование позволило повысить эффективность определения характеристических частотных особенностей сигналов за счет выделения не только гармонических, но и импульсных составляющих, повысить соотношение сигнал/шум в результатах спектрального анализа и получать более четкие признаки отклонения текущего состояния узлов двигателя от нормального состояния.

¹старший преподаватель кафедры программных средств ЗНТУ

Эффективность разработанных методов спектрального анализа сигналов исследована при решении задачи диагностирования состояния подшипников качения. Техническое состояние подшипников качения является определяющим при диагностировании состояния двигателя в целом и является наиболее сложным при диагностировании. Результаты практического исследования показали, что применение усовершенствованного метода анализа огибающей высокочастотной случайной вибрации увеличивает быстродействие и надежность постановки диагноза при оценке технического состояния подшипников на ранних стадиях развития дефекта.

Для создания метода первичной экспресс-диагностики отклонения технического состояния двигателя от нормального был усовершенствован статистический метод анализа вибрационных сигналов за счет применения безразмерного параметра S-дискриминанта.

Исследования характеристик разработанных методов оценки технического состояния узлов ГТД были проведены путем решения практических задач диагностирования для данных стендовых испытаний двигателей.

Полученные результаты позволяют сделать вывод об универсальности предложенных методов и возможности их эффективного применения для анализа других типов нестационарных сигналов с целью выделения их характеристических особенностей и идентификации дефектов оборудования.

На основании проведенных исследований получили дальнейшее развитие модели диагностирования узлов ГТД, которые отличаются от существующих применением усовершенствованного метода анализа огибающей высокочастотной случайной вибрации и статистического параметра S-дискриминанта [2]. Предложенные модели позволяют выявлять и следить за износом деталей двигателя, а также могут быть использованы при построении перспективных систем управления и диагностики силовых установок современных летательных аппаратов.

Список литературы

1. Юр Т.В. Моделі і методи спектрального аналізу технічного стану вузлів газотурбінних двигунів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02 / Т.В. Юр; Харків. нац. ун-т радіоел. – Харків., 2012. – 19 с.
2. Юр Т.В. Модель диагностирования узлов газотурбинных двигателей с применением вейвлет-преобразования и S-дискриминанта / Т.В. Юр, В.Н. Харитонов, В.И. Дубровин // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2011. – № 2 (25). – С. 60–64.

ПОТОКОВА МОДЕЛЬ МАРШРУТИЗАЦІЇ НА ОСНОВІ БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ

В умовах розвитку телекомунікаційних мереж (ТКМ) питання по забезпеченню необхідного рівня якості обслуговування (Quality of Service, QoS) є актуальними. Рівень QoS залежить від ефективності розв'язання задач маршрутизації, в основу протоколів якої покладені математичні моделі. Найбільш відповідною до характеру трафіку сучасних ТКМ є модель маршрутизації з балансуванням навантаження [1]. Дослідження якої показали, що рівень QoS покращується за рахунок балансування навантаження з мінімізацією максимальної завантаженості каналів ТКМ [2]. Але в деяких випадках балансування навантаження за цим критерієм не дозволяє отримати найбільш можливий рівень QoS. Це спостерігається у випадках: в ТКМ з неоднорідною структурою; в мережах з дуплексними та напівдуплексними каналами. Тому в основу балансування навантаження повинні бути покладені інші критерії, які пов'язані з показниками QoS (часовими, швидкісними та показниками надійності).

Пропонується наступна модель, в рамках якої структура ТКМ представлена за допомогою графу $G = (V, E)$, де V – це множина вузлів, E – множина каналів мережі. Для кожної дуги $(i, j) \in E$ характерна її пропускна здатність c_{ij} . Кожному трафіку з множини K відповідає ряд параметрів: d_k , s_k , t_k – інтенсивність k -го трафіка, вузол-джерело та вузол-отримувач. Керуючою змінною виступає вектор X , координати якого x_{ij}^k характеризують долю k -го трафіка, що протікає у каналі $(i, j) \in E$. При розв'язанні задачі маршрутизації враховуються умови:

$$\begin{cases} \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = 0, & k \in K, i \neq s_k, t_k, \\ \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = 1, & k \in K, i = s_k, \\ \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = -1, & k \in K, i = t_k. \end{cases} \quad (1)$$

¹ Вавенко Т.В., аспірант, кафедра телекомунікаційних систем ХНУРЕ

$$\sum_{k \in K} d_k x_{ij}^k \leq c_{ij}, \quad (i, j) \in E. \quad (2)$$

$$0 \leq x_{ij}^k \leq 1, \quad (3)$$

де (1) – це умова збереження потоку, (2) – умова запобігання перевантаження каналів зв'язку мережі, (3) – обмеження, що накладаються на змінні x_{ij}^k . Щоб врахувати показники якості обслуговування, в модель маршрутизації (1)–(3) вводиться додаткова умова:

$$\bar{\tau}_k = 0 \quad (4)$$

де $\bar{\tau}_k$ – вектор, координати якого визначаються сумою затримок вздовж кожного незалежного контуру, який є у структурі ТКМ. Кількість незалежних контурів визначається за наступним виразом:

$$r = n + m - 1, \quad (5)$$

де n – кількість каналів зв'язку, m – кількість вузлів ТКМ. Для реалізації поставленої задачі пропонується використовувати інший критерій оптимальності, наприклад, мінімум квадратичної цільової функції:

$$\min_X [X^T H X] \quad (6)$$

де H – діагональна матриця, на діагоналі якої розташовані маршрутні метрики каналів ТКМ.

Як показав аналіз, вдосконалення моделі за рахунок введення в неї додаткових умов (4) та зміни критерію оптимізації (6), хоча й знижує рівень балансування навантаження, проте покращує показники QoS в мережі в цілому: гарантує мінімальне та однакове значення величини середньої затримки пакетів, що сприяє мінімізації джиттеру пакетів.

Список літератури

1. Wang Y., Wang Z. Explicit routing algorithms for Internet Traffic Engineering // Proc. of 8th International Conference on Computer Communications and Networks. Paris, 1999. – P. 582–588.
2. Лемешко А.В. Усовершенствование потоковой модели многопутевой маршрутизации на основе балансировки нагрузки [Электронный ресурс] / А.В. Лемешко, Т.В. Вавенко // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – № 1(6). – С. 12 – 29. – Режим доступа к журн. http://pt.journal.kh.ua/2012/1/1/121_lemeshko_multipath.pdf.
3. Лемешко А. В., Евсеева О. Ю. Тензорная геометризация структурно-функционального представления телекоммуникационной системы в базисе межполюсных путей и внутренних разрезов // Наукові записки УНДІЗ. – Вип. 1(13). – 2010. – С. 14–26.

ПРОБЛЕМА ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКОЙ НЕСОГЛАСОВАННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Решение большинства задач, возникающих в различных областях деятельности человека, опирается на данные, полученные от экспертов. От качества полученной экспертной информации и методов ее обработки зависит работа информационных интеллектуальных систем обработки данных, в основу работы которых заложены знания экспертов. Применение таких систем актуально при решении широкого круга задач. В частности, в таможенной службе Украины актуальным является внедрение интеллектуальных автоматизированных систем для решения таких задач как классификация объектов таможенного контроля, классификация документов, определение культурной и исторической ценности предметов искусства [1].

Экспертная информация, как правило, является совокупностью количественных и качественных данных и характеризуется нечеткостью и неполнотой. На сегодняшний день для различных типов экспертной информации разработаны соответствующие методы ее обработки [2]. Однако вопрос неполноты и нечеткости рассмотрен не достаточно.

В частности, не достаточно разработаны методы сравнительной оценки результатов экспертного оценивания, для нечетких моделей требуют развития методы построения множеств лингвистических значений признаков. При определении итогового мнения группы экспертов часто происходит формальное усреднение результатов экспертного опроса, применяется классическая теория вероятности и методы математической статистики. Этот подход не всегда дает адекватный результат. Это обусловлено тем, что в случае небольшого различия во мнениях экспертов усреднение позволит выделить общее, отбросив случайные отклонения. В случае большого разброса усреднение даст результат, далекий от истины.

В данной работе автором предлагается метод получения групповой оценки альтернатив в случае, когда экспертная информация представлена в нечетком виде.

Пусть имеется n экспертов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Экспертам предлагается оценить множество $\Xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n\}$ альтернатив (объектов) определяя

¹к.т.н., доцент кафедры информационных систем и технологий Академии таможенной службы Украины

их значениями терм – множества $T=\{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$. Пусть для примера оценивается важность признака для идентификации, тогда $T=\{\text{не важно (НВ)}, \text{важность ниже среднего (ВНС)}, \text{средняя важность (СВ)}, \text{важность выше среднего (ВВС)}, \text{высокая важность (ВВ)}\}$. При этом эксперт указывает число μ из интервала $[0;1]$, характеризующее степень соответствия альтернативы ξ_i выбранному терму t_i . Таким образом, каждая оценка x_j –го эксперта альтернативы ξ_i будет задана точкой ξ_{ij}^{μ} в пространстве $T \times [0;1]$.

К полученным при этом множествам для каждой альтернативы применим метод кластерного анализа. В случае одного центра мнения экспертов можно считать согласованными. Рассмотрим способ выбора итогового мнения для случая нескольких согласованных групп экспертов. Это может быть метод медианы или среднего арифметического. Пусть в группе из n экспертов $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ выделены группы X_1, X_2, \dots, X_r экспертов, мнения которых согласованы. Для каждой из m групп вычислим вес коллективного мнения как среднее значение компетентности экспертов, входящих в группу. Обозначим через k_i – компетентность x_i экс-

перта. Тогда вес K_j группы X_j будет вычисляться как $K_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} k_i}{m_j}$, где m_j – количество экспертов X_j группы.

Таким образом, предложен метод обработки нечеткой экспертной информации при оценке альтернатив группой экспертов. В качестве дополнительного параметра, влияющего на результат оценивания, был предложен усредненный вес компетентности группы экспертов. Перспективным является дальнейшее исследование и разработка методов обработки нечетких несогласованных экспертных данных.

Список литературы

1. Ульяновская Ю.В. Анализ мер близости объектов для различных типов экспертной информации [Текст] / Мороз Борис Иванович, Ульяновская Юлия Викторовна // АСУ и приборы автоматики. – 2008. – Вып 144. – С. 194–198.
2. Статистические методы анализа экспертных оценок // Сб. науч. ст. Ученые записки по статистике/ [редкол. : Т.В. Рябушкин (отв. ред.), Г.И. Бакланов, А.Г. Волков и др.] – М.: Наука, 1997. – Т.29. – 385 с.

АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ЧАСТИН СИМВОЛЬНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ

При вирішенні задач класифікації символьних послідовностей врахування їх довжини в моделі розпізнавання часто призводить до перевищення допустимого рівня обчислювальної складності в задачах з великою розмірністю алфавіту, до яких, зокрема, належать задачі класифікації текстів та їх частин, користувачів за послідовністю запитів до бази даних та ін.

Задача класифікації символьних послідовностей (з вчителем) має наступне формулювання: дана множина $P = \{p\}$ послідовностей та кінцева множина класів $Y = \{y_j, j = \overline{1, J}\}$. Існує невідома функція $f: P \rightarrow Y$ значення якої визначені тільки на об'єктах кінцевої навчальної вибірки $P^m = \{(p_1, y_s), \dots, (p_i, y_j), \dots, (p_m, y_l)\}$, де $p_i \in P, i = \overline{1, m}$ та $y_s, y_j, y_l \in Y$. Необхідно побудувати алгоритм $cl(d): P \rightarrow Y$, що дозволяє визначити клас довільної послідовності з множини P . При цьому d – вектор параметрів алгоритму класифікації, значення яких отримані в результаті навчання.

Нехай d^* – значення вектору, отримане в результаті навчання по вибірці P^m . Виходячи з цього, задача розпізнавання частин символьних послідовностей різної довжини має наступне формулювання: побудувати множину значень вектора параметрів $D = \{d_j, j = \overline{1, s}\}$ та відображення $r: T \rightarrow D$, де множина $T = \{t = \overline{T_{\min}, T_{\max}}\}$, T_{\min}, T_{\max} – мінімальна та максимальна довжина послідовностей множини P^m . При цьому r повинен задовольняти наступним умовам:

$$E_k^* > E_k,$$

де E_k^* – середня похибка розпізнавання при застосуванні алгоритму $cl(d^*)$ до контрольної вибірки, E_k – середня похибка розпізнавання при виборі для розпізнавання кожної з послідовностей контрольної вибірки значення $d_j = r(t)$, де t – довжина послідовності.

¹аспірант кафедри математичного моделювання ДВНЗ «Запорізький національний університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Нехай середня похибка розпізнавання E має нормальний розподіл, тоді для вирішення задачі розпізнавання частин символьних послідовностей різної довжини застосуємо наступний алгоритм. Випадковим чином розділимо вибірку P^m на n груп на основі яких розрахуємо еталонні значення середнього μ^* та незміщеної оцінки дисперсії D^* середньої похибки розпізнавання на основі вибірки $\{E_s, s = \overline{1, n}\}$. Далі розділимо відрізок $[T_{\min}, T_{\max}]$ на дві частини: $[T_{\min}, \lfloor (T_{\max} - T_{\min})/2 \rfloor]$ та $[\lfloor (T_{\max} - T_{\min})/2 \rfloor + 1, T_{\max}]$ і виконаємо для кожної з них наступні дії:

1. Оберемо випадковим чином n груп послідовностей з $P^h \subset P^m$, P^h – множина частин послідовностей навчальної вибірки, довжина яких належить відрізку $[m_0, m_1]$ та для кожної з груп розрахуємо $E_s^h, s = \overline{1, n}$ шляхом застосування алгоритму $cl(d^*)$ до вибірки P_s^h .

2. Перевіримо за критерієм Стюдента для ступенів вільності $n - 1$ та рівня значущості α рівність математичних сподівань вибірки $\{E_s^h, s = \overline{1, n}\}$ та вибірки з характеристиками μ^* та D^* . Якщо гіпотеза H_0 відкидається, то а на відрізку $[m_0, m_1]$ будується алгоритм розпізнавання $cl(d^h)$ на основі P^h та переходимо до пункту 3. В зворотному випадку завершуємо роботу алгоритму для відрізка $[m_0, m_1]$.

3. Ділимо відрізок $[m_0, m_1]$ на частини $[m_0, \lfloor (m_1 - m_0)/2 \rfloor]$ та $[\lfloor (m_1 - m_0)/2 \rfloor + 1, m_1]$, якщо довжина нових відрізків не менше ω , то встановимо $d^* = d^h$, $\mu^* = \mu^h$, $D^* = D^h$ та для кожної з частин відрізка $[m_0, m_1]$ виконуємо даний алгоритм починаючи з пункту 1, в іншому випадку завершуємо роботу алгоритму для відрізка $[m_0, m_1]$.

Параметри n , ω та α налаштовуються шляхом дослідження поведінки відгуку (відгук – середня похибка розпізнавання контрольної вибірки) на основі ітеративних повторень вищеописаного алгоритму. Таким чином, запропонований алгоритм дозволяє врахувати довжину послідовності при її розпізнаванні та, завдяки можливості налаштування алгоритму, встановити певний рівень його точності.

АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МАГНЕТНОЇ СПРИЙНЯТЛИВОСТІ КРИЦЬ ТА СТОПІВ

Для вимірювання магнетної сприйнятливості, яка має високу інформативність при проведенні досліджень структурного стану матеріалів, широко використовують метод Фарадея. Особливістю різних установок є способи реєстрації величини відхилення від нульового положення зразка, наприклад, магнетометричні терези з реєстрацією нульового положення на основі визначення зміни частоти LC-генератора [1].

Знаючи температурну залежність магнетної сприйнятливості, можна вирішувати питання обмінної взаємодії між парамагнетними частками в кластерах і їм подібних системах. Однак відомо, що корисний сигнал, з точки зору інформативності, істотно залежить від закону зміни швидкості нагріву об'єкта дослідження. Особливо це актуально для нестабільних або метастабільних фаз в певних крицях та стопах. У цьому випадку будь-які особливості температурної залежності магнетної сприйнятливості будуть також пов'язані з режимом нагріву. Таким чином, для забезпечення хорошої якості визначення магнетної сприйнятливості досліджуваних металів, слід забезпечити точність вимірювання температури в режимі лінійного нагрівання не гірше 0,1 К.

Блок схема розробленої автоматизованої установці для вимірювання магнетної сприйнятливості приведена на рис. 1.

В основі установки лежить мікропроцесорна система, що базується на трьох восьмирозрядних мікроконтролерах фірми ATMEL. При створенні мікропроцесорної системи застосовано блочний принцип конструювання, що дозволило забезпечити достатню продуктивність при великій кількості виконуваних функцій: зміну із наперед заданою швидкістю температури в термостабілізованій зоні для зразка автоматичну зміну струму обмотки силового магніту, підбір струму обмотки електромагніту для компенсації зсуву зразка від положення рівноваги та передачу цих даних на комп'ютер. Роль датчика зсуву зразка грає осердя котушки індуктивності, що закріплена на рухомому стрижні.

¹ к.ф.-м.н, доцент, Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

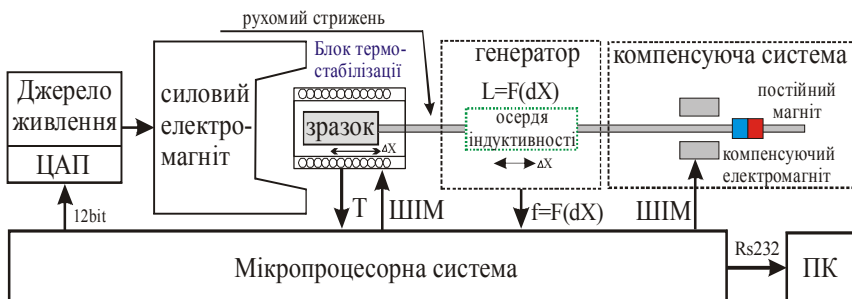


Рис. 1. Блок схема установки для автоматичного керування процесом вимірювання магнітної сприйнятливості

Перед початком роботи за необхідності дослідження температурної залежності магнетної сприйнятливості оператор задає режим роботи температурного блоку шляхом вказівки ключових точок: початкова і кінцева температури, швидкість нагріву та крок по температурі для вимірювання магнітної сприйнятливості). Далі при роботі температурний блок забезпечує автоматичну зміну або підтримку заданої температури та передачу значення температури на персональний комп'ютер в режимі реального часу. По досягненню заданої температури зразка мікропроцесорна система автоматично визначає положення зразку – за зміною частоти генератора, пов'язаного із рухомих стрижнем. При досягненні положення рівноваги зразку мікропроцесорна система виконує посилку даних на персональний комп'ютер, де відбувається запис даних у текстовий файл.

Автоматизована установка була використана для досліджень нержавіючих криць [2].

Список літератури

1. Сніжної Г.В. Автоматизована установка для визначення магнетної сприйнятливості криць та стопів / Г.В. Сніжної, Є.Л. Жавжаров // збірник наукових праць «Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування». – 2012. – №49. – С. 136–141.
2. Snizhnoi G.V. Formation of strain-induced martensite in chromium–nickel steels of the austenitic class / G.V. Snizhnoi // Materials Science. – 2011. – Т.47. – №3. – С. 363–369.

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ САПР AUTOCAD З ВИКОРИСТАННЯМ ЇЇ ВБУДОВАНИХ ЗАСОБІВ

Однією з сучасних, найбільш розповсюджених САПР, що постійно розвиваються, є AutoCAD. Це потужна, динамічна інженерна система автоматизації проектування різноманітних об'єктів. Вона складається з трьох основних компонентів: графічного редактора AutoCAD, мови програмування високого рівня AutoLISP та інструментальних засобів створення графічного інтерфейсу користувача.

Одним з характерних класів застосувань AutoLISP є програмна реалізація технології багатоваріантного конструювання. Вона базується на використанні параметрично заданих моделей (за допомогою завдання значень параметрів можна змінити їх розміри та геометричну форму, розташувати в необхідному місці креслення під заданим кутом). Реалізація цієї технології дозволяє модифікувати системи середнього та низького рівня (AutoCAD) під сучасні вимоги та потреби конструкторсько-технологічної діяльності.

Для реалізації технології багатоваріантного конструювання застосовується метод поопераційної обробки деталі. Суть цього методу полягає в тому, що заготовка за допомогою механічної обробки (свердління, фрезерування, точення, тощо) перетворюється в виріб. Тому, на основі креслення однієї заготовки можна отримувати креслення багатьох різних деталей. Щоб одержати набір команд формування креслень відповідного класу деталей, спочатку треба вибрати із існуючих креслень найбільш складні. Потім на їх основі розробити креслення типової деталі. Всі його розміри повинні бути виражені у параметрах. Функціональний елемент з точки зору розробника програмного забезпечення – це одна параметрична обробка заготовки. Для користувача функціональний елемент – це програма чи команда, яка модифікує креслення у повній відповідності з деякою технологічною обробкою деталі заготовки.

В якості прикладу реалізації технології багатоваріантного конструювання представлено розробку сервісних бібліотек стандартних елементів в САПР AutoCAD. Сервісні бібліотеки надають можливість використовувати їх елементи при розробці конструкторських креслень в середовищі AutoCAD, при цьому зменшується кількість рутинних операцій,

¹ ст. викладач каф. ПЗ, ЗНТУ,

² інженер-програміст

що виконуються інженером-конструктором. Розроблені сервісні бібліотеки призначені для креслення прокатних елементів двох видів: основного та виду збоку, а також в залежності від основних параметрів деталі: товщину полиць та довжину деталі. Вихідними даними є створені в системі AutoCAD креслення відповідних деталей з їхніми розмірами та розташуванням у системі координат. Дані про розміри усіх деталей зберігаються у виді списків. Кожному номеру деталі відповідають певні параметри згідно держстандартів. Алгоритм створення сервісної бібліотеки стандартних елементів складається з наступних етапів.

1. Етап розробки LISP-програми.
2. Етап створення слайдів.
3. Етап створення файлу меню середовища.
4. Етап підключення файлу меню до середовища AutoCAD.

Програми для креслення елементів прокату (двотаврів, швелерів, кутиків рівнополичних; кутиків нерівнополичних) складаються з основних функцій `dvutavr`, `shveller`, `ugol_r`, `ugol_nr` відповідно. Ці функції можна використовувати як будь-яку команду AutoCAD.

Перед кресленням елементу відключається координатна й об'єктна прив'язки. Креслення прокату виконується в чотирьох шарах: базовий шар креслення (OSN), шар для креслення осьової лінії (OSI), шар для створення розмірів (HTCH). Вони створюються перед початком креслення деталей та обираються в процесі креслення. При кресленні основного виду та виду збоку прораховуються координати допоміжних точок, на основі яких робиться креслення деталі.

При розробці інтерфейсу було забезпечено ефективну діалогову взаємодію з користувачем, яка дозволяє ефективно використовувати розроблені сервісні бібліотеки.

Розроблені сервісні бібліотеки є прикладом доповнення САПР AutoCAD новими можливостями з використанням внутрішніх засобів системи (мови AutoLISP). Бібліотеки мають приєднуватись до системного меню середовища системи AutoCAD і являють собою структуровані і легкі в розумінні та використанні додатки для розширення можливостей AutoCAD.

Представлене використання вбудованих засобів дозволяє адаптувати САПР, що впроваджені на сучасних промислових підприємствах, під потреби конкретної галузі чи самого підприємства.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Проблема раціонального використання енергетичних ресурсів набуває державного значення для України, яка знаходиться у складній ситуації щодо енергетики й економіки в цілому. На сучасному етапі розвитку електроенергетичних систем, для якого характерне зростання потужності і протяжності, стрімко виросли обсяги та складність проектних, дослідницьких та експлуатаційних задач, з якими доводиться стикатись спеціалісту. Їх успішне вирішення потребує комплексного аналізу дуже широкого кола технічних та економічних питань. Одним з них є задача про джерела живлення електричної мережі: визначення їх кількості, потужності, місць розташування, розподіл за ними приймачів електроенергії, питання компенсації реактивної потужності, резервування за низькою стороною, улаштування проміжних вузлів навантаження (рівнів розподільчої мережі).

Аналіз результатів, отриманих за допомогою тензорного методу побудови структури мережі, показав, що такий підхід лише уточнює задані координати джерел живлення при їх кількості, заданій проектувальником. Окрім того, на результат розрахунку суттєво впливає значення коефіцієнту k (характеризує ступінь зваженості функціоналу витрат за потужністю), що також задається проектувальником [1].

Частина цих недоліків (задання кількості та початкових координат джерел живлення) відсутня в методі екіпотенційних контурів. Але в ньому присутні параметри, які повинні також задаватись проектувальником (α -коефіцієнт контрастності рельєфу та алгоритм формування екіпотенційних контурів). Тому цей метод був удосконалений. Окрім того, в запропонованому підході при рішенні оптимізаційної задачі створена можливість враховувати граничні умови конструктивного виконання сформованих вузлів навантаження (потужність трансформаторів та силових пунктів).

У результаті було вирішено створити автоматизовану систему проектування структури електропостачання промислового підприємства, що виконує розрахунки з використанням вдосконаленого методу екіпотенційної поверхні [2].

На основі удосконаленого методу було створено наступний алгоритм функціонування системи:

¹ к.т.н., доцент кафедри програмних засобів, ЗНТУ

² асистент кафедри програмних засобів, ЗНТУ

- 1) формування потенціальної поверхні;
- 2) відбір приймачів за «потенційним» критерієм, якщо приймач не задовольняє умовам, то його виключаємо, перехід на п.1;
- 3) відбір приймачів за «технічним» критерієм, якщо приймач не задовольняє умовам, то його виключаємо, перехід на п.1;
- 4) уточнення центрів електричних навантажень;
- 5) додатковий техніко-економічний розрахунок.

За даним алгоритмом було створено програмний продукт, написаний на об'єктно-орієнтованій мові програмування C++. При розробці даного програмного продукту було використано архітектурний шаблон MVC (Model-View-Controller), який застосовується для відокремлення даних(модель) від інтерфейсу користувача(вигляду) так, щоб зміни в інтерфейсі або в моделі мінімально впливали на роботу з даними. Це дозволяє полегшити подальші зміни чи розширення програми, надає можливість повторного використання окремих компонентів. Застосування даного шаблону приводить до певної впорядкованої структури та зменшенню складності [3].

Можливості програмного продукту включають поетапну ілюстрацію роботи алгоритму, що дозволяє спостерігати за формуванням структури систем електропостачання. Рішення щодо реалізації компонентів дозволили підвищити якість та швидкість розробки системи, а також зробили її ергономічною для користувача.

Застосування вдосконаленого методу еквіпотенційної поверхні дозволяє більш ефективно враховувати граничні умови конструктивного виконання сформованих вузлів навантаження.

Список літератури

1. Алгоритм визначення оптимальної топології розподільчої мережі / А.П. Заболотний, Д.В. Федоша, Н.А. Кучерук, А.В. Присяжний // Запоріжжя – 2009. – С. 13.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Саати – М.: Радио и связь. – 1993. – 315 с.
3. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений / М. Фаулер. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 544 с.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ТЕСТИРОВАНИЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Тестирование является неотъемлемым этапом жизненного цикла программного обеспечения (ПО). Его цель – всестороннее исследование ПО с целью получения данных о его качестве. Существуют различные подходы к тестированию ПО, однако ни один из них не может гарантировать выявление абсолютно всех дефектов [1]. Целью данной работы является анализ преимуществ и недостатков наиболее распространенных подходов к тестированию ПО.

По уровню критичности дефекты ПО можно условно разделить на критические, грубые, средние и легкие. Критические и грубые – приводят к неустранимому нарушению функционирования ПО в процессе его работы. Средние и легкие дефекты снижают удобство использования ПО, при этом не приводят к нарушению логики его функционирования. Уровень критичности дефекта не влияет на сложность его выявления, но устанавливает приоритет его устранения: чем критичнее дефект, тем быстрее его нужно устранить.

По степени автоматизации тестирование можно разделить на автоматизированное и ручное. К преимуществам первого подхода отнесем скорость выполнения тестов, возможность верификации реакции ПО на большой набор входных воздействий, выполнение многочисленных рутинных операций. Основные недостатки подхода – затраты времени на написание автоматизированных тестов, отсутствие возможности автоматизировать абсолютно все этапы тестирования. Ручное тестирование, кроме прочего, позволяет выявить дефекты дизайна, оценить удобство использования, т.е. протестировать ПО в таких аспектах, которые невозможно автоматизировать. Основным недостатком подхода – большие затраты времени на выполнение рутинных операций.

По степени открытости принципов функционирования ПО можно выделить следующие подходы к тестированию: «белый ящик», «черный ящик», «серый ящик». Использование подхода «белый ящик» позволяет выявить логические ошибки и неоптимизированные участки кода ПО, однако, затраты времени на такое тестирование велики. Подход «черный ящик», предполагающий тестирование скомпилированного и скомпонован-

¹ Аспирант ЗНТУ

² Руководитель отдела тестирования веб-приложений Cupid Plc

ного кода, позволяет верифицировать получаемые отклики ПО на входные воздействия без знания самого кода. Подход характеризуется простотой выполнения тестов и отсутствием возможности проверки за приемлемое время реакций на абсолютно все входные воздействия. Комбинацией этих двух подходов является «серый ящик», предполагающий тестирование открытых участков кода «белым ящиком», а закрытых – «черным».

По глубине тестирования подходы можно разделить на «дымовый» и полный. «Дымовый» подход предполагает неглубокое поверхностное тестирование ПО на предмет выявления критических и грубых дефектов за небольшой промежуток времени. Подход не предусматривает тестирование редко используемых функциональных возможностей ПО. В отличие от последнего, полный тест позволяет выявить практически все типы ошибок ПО, однако затраты времени на такое тестирование значительно выше.

По степени изолированности компонентов ПО подходы к тестированию можно разделить на модульный и системный. Модульный подход предполагает тестирование отдельных модулей ПО и позволяет сделать вывод о том, что эти модули работоспособны. Системное тестирование выполняется на полной системе, включающей взаимодействующие модули, и позволяет сделать вывод о работоспособности ПО в целом. Преимущество модульного подхода – время выполнения теста, является недостатком системного. В то же время, только системный подход позволяет протестировать процесс взаимодействия модулей.

В результате данной работы можно сформулировать рекомендации по использованию подходов к тестированию ПО. Временные затраты на подготовку автоматизированного тестирования оправданы при автоматизации большого числа рутинных операций. Если их число не велико, или не все операции возможно автоматизировать, то предпочтительнее ручное тестирование. Подход «белый ящик» целесообразно применять для тестирования отдельных модулей ПО, «черный ящик» – для тестирования на системном уровне. На завершающих этапах разработки ПО целесообразен «дымовый» подход к тестированию, позволяющий быстро выявить дефекты. После этого в случае необходимости выполняется полный тест.

Список литературы

1. Strategic QA. Steps to Effective Software Quality Assurance / Dominic Tavassoli, Telelogic. – Режим доступа: \www/ URL: http://www.meritalk.com/uploads_legacy/whitepapers/Change_WP_Strategic_QA_26-2007-03.pdf – Загл. с экрана.

ЗНАЧЕНИЕ НАРЕЧИЙ В КОНТЕКСТЕ OPINION MINING

Развитие информационных систем тесно связано с развитием интернета. Именно в интернете, на сегодняшний день, хранится наибольшая часть данных, с которыми нам приходится работать. Огромное их количество не позволяет нам обрабатывать их в ручном режиме, что привело к построению множеству систем анализа данных. Существуют различные системы для анализа текстовых, числовых данных, с общей задачей выявления знаний в структурах данных. Такие системы называют часто Data Mining, частью которого является Text Mining.

Особый интерес вызывают данные текстовые, т.к. они представлены на естественном языке, а качественный их анализ является пока задачей не решенной. Этот интерес вызван тем, что имеется огромная сфера практического применения для анализа таких данных: повышение качества результата поиска данных в интернете и других источниках путем подбора наиболее актуальных результатов по смыслу фразы, а не только по ключевым словам; продвижение сайтов; интеллектуальная аналитика текстовых данных по заданным параметрам; качественный, осмысленный перевод текстов и т.д. Однако, подобный глубокий, контекстный анализ возможен лишь при наличии качественных моделей естественных языков, на которых данная информация записана. Применяемые сегодня методы позволяют определять с некоторой точностью о чем идет речь в том или ином наборе текстовых данных. Они, в основном, базируются на выявлении и анализе наиболее существенных частях речи: существительных, прилагательных и глаголах. Однако данные части речи не позволяют полностью определить контекст текста, а лишь выявить связь данного текста с запросом. Во многих случаях этого бывает и достаточно, однако, при наличии задачи не только найти данные, но еще проанализировать и оценить полученную информацию, широко применяемых методов становится явно не достаточно. Указанная задача относится к так называемому Opinion Mining, «анализу высказываний».

Opinion Mining находит свое применение в социологии, политологии, а также в сфере анализа любых текстовых данных, где присутствуют признаки суждения о чем-либо. Opinion Mining также оперирует ключевыми словам, элементами грамматики и синтаксиса естественного языка, и здесь мы вновь возвращаемся к проблеме автоматизированного анализа

¹ аспирант каф. Программной инженерии, ХНУРЕ

текстов на основе моделей естественного языка. При построении суждений и оценок в текстовом виде, в частности в русском языке, помимо указанных выше частей речи, широко используются наречия, отвечающие на вопросы «как?», «куда?», «когда?», «где?», «зачем?», «с какой целью?», «в какой степени?». Наречия обозначают признак действия, признак состояния, признак предмета. Однако данной части речи мало уделяется внимания, т.к. принято считать, что все можно описать и с помощью указанных выше частей речи.

В связи с этим ведется работа по моделированию словообразования мотивированных наречий русского языка с использованием алгебры конечных предикатов. Ряд полученных результатов, в том числе и уже опубликованных в работах [1]–[2], дает возможность определять более глубокий семантический смысл, вид речи (художественная, официальная и т.д.) и т.д. по словоформам анализируемых наречий. Подобные результаты гармонично вписываются в направление интеллектуального автоматического анализа данных Opinion Mining и позволяют производить их более качественный семантический анализ.

В перспективе, применение моделей наречий позволит в значительной мере перефокусировать анализ текстовых данных, основанный на ключевых словах, на анализ, построенный на смысловых свойствах текста в целом и его частей в частности.

Список литературы

1. Шабанов-Кушнаренко С.Ю., Поляков Д.А., Петрова Л.Г. О построении базовой алгебро-логической модели образования наречий русского языка // Системи обробки інформації. – Харьков: изд-во ХУПС, 2011, 5(95). – С. 143–146.
2. Поляков Д.А. О формальной модели образования наречий русского языка (тези доповіді) // Матеріали ІІІ міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії», Системи обробки інформації, 7(97). Харьков. – 2011
3. Шведова, Н.Ю. и др. Русская грамматика, т.1; Академия наук русского языка. Институт русского языка. – Москва: Наука, 1980. – 789 с.

COMPUTER SUPPORT FOR TRAINING OF DETERMINING THE PARAMETERS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS STABILITY

Increasing of requirements for complex technical control systems defines the necessity of search more universal and improved methods of determining the parameters of their stability, in particular, on the basis of the formed characteristic equation of the system [1].

For the solution of this problem the training computer system was developed, which allows to determine the stability of the system using the selected numerical method, as well as carrying out fault finding of trained person while the solution process.

Search for mistakes in the answers of students in solving specific mathematical problems using a computer-based training programs, as well as the formation of a feedback of the learning process is one of the most complex and less formalized problems of developing such systems [2].

Feedback, which includes the procedure for errors diagnosing, should contain not only information about the correct answer, but also reflect the place in the algorithm of the solution, where a mistake was made, and to indicate its class and type.

Formation of the diagnosis algorithm is made taking into calculation the features of specific mathematical or technical problems on the basis of decomposition of answers sequence while its decision on the right (1) and false (0) as a dichotomic tree.

As a result of analytical studies of the structure of curriculum as a subject area for developing computer training program a numerical method of Lobachevsky-Greff-Dandalen was chosen. It allows to find the real and imaginary roots of the characteristic equation while determining of system stability and due to our statistic researches causes difficulties in perception in 60% of the trainees.

This method consists in the application of the process of quadrature to the original equation, resulting in a transition to a new equation whose roots are the squares of the roots of the previous one.

The transition is performed by the recurrence formulas, for maximum accuracy of the roots a trainee must perform seven iterations, which was found experimentally.

¹ к.т.н., доцент, НАУ им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

² ассистент, НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Algorithm for diagnosing errors in the solution of equations by chosen numerical method is formed as a dichotomic tree [3].

Using the offered algorithm a computer training program software is developed for solving the characteristic equation by the Lobachevsky-Greff-Dandalen method, which is used for training students in technical disciplines associated with the study of basic theory and control systems design.

The peculiarity of this algorithm that takes into account the feedback of the learning process, is the step by step control while assimilation of information, the formation of the wrong messages about passing a certain stage of the algorithm after the error, which is more efficient and desirable from an educational point of view, and also helps the student to self-correct the error and understand the reasons of its occurrence.

Thus, depending on the detected error and its classification system makes the choice of method of failure recovery knowledge by the student.

An iterative approach to learning implemented in the system allows to formalize the learning process, improve efficiency and reduce the amount of time for student spent on learning.

The proposed technology is implemented at the Department of Aircraft Control Systems of the National Aerospace University in the frame of development of computer programs on the basis of the formed software for training of students studied such specialty as «Avionics», «Aeronavigation» and «Systems Engineering».

List of sources

1. Піщухіна О.О., Ключок А.Ю. Моделі та алгоритми пошуку помилок при розв'язанні задач з використанням комп'ютерних засобів навчання. – Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя: ЗНТУ. – 2012. – №1. – С. 94–98.

2. О.А. Pishchukhina, А.Yu. Klochok. Algorithm of computer learning programs with feedback development //Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні: ІКТМ-2011». – Харків: Нац. аерокосм. ун – тет. – 2011. – Т.2 – С. 123.

3. Kulik A. Development of the universal environment for creation and translation of intelligent tutoring programs / A. Kulik, A. Chukhray, S. Pedan, T. Kulik // In Proceedings of the International Conference of «Interactive computer aided learning» ICL 2009: EPortfolio and Quality in e-Learning, Austria, Villach, 2009. – P. 579–588.

РАДИАЛЬНО-БАЗИСНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДЕФЕКТОСКОПИИ

При сканировании композитных материалов, в том числе углерод-содержащих, важно выявлять поверхностные дефекты сплошности, от их размеров зависят дальнейшие разрушения материалов. При этом следует учитывать сложный рельеф поверхности композитных материалов. Технология их изготовления обычно не предусматривает механической обработки, это усложняет процесс сканирования поверхности и добавляет различные виды шумов. Возникает задача, анализируя сигналы, получить информацию о наличии и размерах дефектов.

Типичными дефектами для углеродных композитов являются тонкие трещины: расслоения и разрывы волокон. При сканировании поверхности изделия вдоль направления армирования трещины поперечные (разрывы) и продольные (расслоения) порождают, соответственно, уни-модальные гауссоподобные и бимодальные импульсы. С уменьшением глубины дефекта уменьшается и амплитуда импульса. При сокращении длины поперечной трещины импульс становится бимодальным.

Для решения таких задач предлагается использовать нейронные сети, которые активно развиваются в последнее время, обладают универсальными и адаптивными свойствами и обеспечивают высокую эффективность распознавания. Важнейшая особенность сети состоит в параллельной обработке информации всеми звеньями, что позволяет значительно ускорить процесс обработки. Кроме того, при большом числе межнейронных соединений сеть приобретает устойчивость к ошибкам, возникающим на некоторых линиях. Нейронные сети также характеризуются способностью к обучению и обобщению накопленных знаний. Натренированная на ограниченном множестве данных сеть способна обобщать полученную информацию и показывать хорошие результаты на данных, не использовавшихся при ее обучении [1].

Перспективными отмечаются радиально-базисные сети, отличающиеся высокой скоростью обучения и универсальными аппроксимирующими возможностями [2]. В работе предлагается использовать такие нейронные сети.

¹ Канд. техн. наук, доцент каф. ЭВМ ДНУ

Используя аппарат обобщенной регрессионной сети (GRNN – Generalized Regression Neural Network), вначале выполняется сглаживание зашумленных сигналов, а затем распознавание и их классификация.

В задачах регрессии выход сети может рассматриваться как ожидаемое значение модели в данной точке пространства входов. Это ожидаемое значение связано с плотностью вероятности совместного распределения входных и выходных данных. GRNN-сеть имеет два скрытых слоя: слой радиальных элементов и слой элементов, которые формируют взвешенную сумму для соответствующего элемента выходного слоя. В выходном слое определяется взвешенное среднее путем деления взвешенной суммы на сумму весов и выдается окончательный прогноз. В качестве радиальной функции применяется функция Гаусса.

Для моделирования входных выборок используем дискретную функцию, заданную выражение [3] на интервале $[-2, 2]$ с шагом 0,1

$$y(x) = \exp(-1,5x^2) - k \cdot \exp(-3x^2), \quad (1)$$

где x – удаленность от дефекта, $y(x)$ – амплитуда, приведенная к величине динамического диапазона АЦП, а $k = 0 \dots 1$.

Для зашумления сигналов к выражению (1) добавляем белый гауссов шум со стандартным отклонением σ в диапазоне $[0, 05 \div 0,3]$.

На выходе нейронной сети получаем такие типы сигналов: унимодальный, пологий унимодальный и бимодальный.

Достоинством сети GRNN является определенность структуры: сеть фактически вмещает в себя все обучающие данные. С другой стороны, при большом объеме обучающих данных скорость работы сети падает, иногда очень существенно, по причине заметного увеличения сложности архитектуры. Выходное значение сети имеет вероятностный смысл, поэтому его легче интерпретировать. При небольшом объеме входных данных сеть очень быстро обучается.

Список литературы

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
2. Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронных сетей. А.Н. Горбань. Сибирский журнал вычислительной математики, 1998. Т.1, №1, С. 12–24
3. Хандецкий В. С. Спектральная идентификация сигналов в дефектоскопии композитов с использованием теории статистических испытаний / Хандецкий В. С., Герасимов В. В. // Вісник ДНУ: Фізика. Радіоелектроніка. – Дніпропетровськ: – 2003. № 10. – С. 128–132.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫБОРА К ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГРАФА К-БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ

На данный момент весьма активно исследуются различные методы кластеризации. К наиболее актуальным алгоритмам относятся: BIRCH, CURE, CHAMELEON, ROCK [1–3]. Хамелеон представляет объекты посредством часто используемого графа k - ближайших соседей (k -nearest neighbor graph). Для снижения времени построения графа на необходимо определение k на основании характеристик выборки данных. При решении поставленной задачи при построении графа k должно быть выбрано таким образом, чтобы соблюдалось условие связности построенного графа. Граф называется *связным*, если в нем для любых двух вершин имеется маршрут, соединяющий эти вершины. На практике применяется два принципиально различных порядка обхода, основанных на поиске в глубину и поиске в ширину соответственно. Общая сложность алгоритмов может быть приблизительно оценена значением $\frac{N^3}{8}$.

Таким образом значение k последовательно увеличивается, пока граф не станет связным. Так как данная операция трудоемка и длительна, она нуждается в оптимизации.

Для проверки результатов исследования необходимо большое количество выборок. Отсутствие реального источника данных требуемого объема, разнообразия и качества вынуждает обратиться к альтернативному источнику. Так как, используя различные входные данные с определенными статистическими характеристиками, производительность и качество кластеризации может сильно отличаться, то необходимо проводить анализ на синтетических выборках, созданных специально для данной задачи [1].

В данной работе создание 3D фигур выполняется посредством 3D s max studio. Данное приложение позволяет сгенерировать трехмерную фигуру необходимой плотности и с необходимым количеством точек. Далее фигура может быть экспортирована. Статистические характеристики полученной выборки будут зависеть от характера фигур, их размера, плотности и расположения. Данные параметры подбираются при создании фигур. Добавление шума в выборку производится непосредственно перед

¹ мнс, ХНУ

проведением анализа. Для проведения экспериментов было сгенерировано различных 34 выборки. Каждая из выборок исследовалась в 4 вариантах: без добавления шума, с добавлением 20 %, 40 % и 60 % шума [2].

Для оптимизации выбора начального параметра k при построении k -nn графа необходимо построить математическую модель зависимости k от характеристик обрабатываемой выборки.

Целью данной работы был выбор управляемых параметров данной модели зависимости способных отобразить необходимые характеристики выборки данных. В рамках работы было проведено 3 эксперимента для выбора управляемых параметров.

1. В первом эксперименте анализировались такие характеристики как количество объектов в выборке, минимальные и максимальные значения матожидания, дисперсии и разброса. Зависимости между данными параметрами и значением k не выявлено [3].

2. Во втором эксперименте в качестве управляемого параметра были выбраны длина наибольшего остоного ребра полносвязного графа и среднее значение длины всех остальных ребер остова. Данные характеристики показывают зависимость, но использование данного подхода не является целесообразным в связи с трудоемкостью построения остова полносвязного графа.

3. В третьем эксперименте в качестве характеристики использовались количество объектов в выборке и максимальное расстояние между компонентами связности за вычетом средних значений. Данные характеристики нетрудоемкие в расчете и существует зависимость между ними и значением k .

Следовательно, данные характеристики могут быть использованы для построения математической модели зависимости k от характеристик выборки.

Список литературы

1. Matthias Hein and Ulrike von Luxburg Similarity Graphs in Machine Learning MLSS 2007 Practical Session on Graph Based Algorithms for Machine Learning August 2007.

2. Modeling and Data Mining in Blogosphere (Synthesis Lectures on Data Mining and Knowledge Discovery) by Huan Liu and Nitin Agarwal (Paperback – Jul 30, 2009).

3. Parul Agarwal¹, M. Afshar Alam², Ranjit Biswas³ Issues, Challenges and Tools of Clustering Algorithms IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 3, No. 2, May 2011.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ НА СКОРОСТЬ И КАЧЕСТВО РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

Веб – самый современный, самый быстрый и самый глобальный способ распространения информации. При помощи веба любая мысль, идея, любая гипотеза может мгновенно распространиться на весь мир. Веб – это самое большое хранилище знаний, которое когда либо было доступно человеку. Но, на самом деле веб находится только лишь на начальной стадии своего развития. Не смотря на это, спустя всего лишь 20 лет с момента своего зарождения, веб смог весьма преуспеть в своих начинаниях.

На сегодняшний день мы имеем огромные развлекательные порталы, новостные сервисы, информационные сервисы о культуре, научные сообщества, правительственные организации. Бурное развитие интернет технологий как в телекоммуникационной плоскости, так и в области программирования дают все новые и новые возможности для веб. Хотя, конечно, иногда хотелось бы, чтоб некоторые технологии развивались немного быстрее. Технологии, которые всего несколько лет назад считались фантастическими (например, GoogleWebFonts), сейчас используются повсеместно. Однако это обилие возможностей не дает ответа на вопрос о том, как создать успешный интернет-сервис.

Совершенно ясно, что в основе должна лежать хорошая идея, которую необходимо грамотно реализовать. В данном докладе не буду затрагивать тему того, откуда взять хорошую идею. Но, будет рассмотрена проблема грамотной и четкой реализации этой самой идеи. Главный критерия оценки успешности продукта является его востребованность. Вы можете делать самый лучший в мире продукт, но грош цена вашим стараниям, если он никем не востребован. Так что же все таки делает продукт востребованным?

Первое – простота освоения. То, что Алан Купер называет когнитивным сопротивлением. Это не говорит о том, что продукт должен быть простым в смысле примитивным. Пользователь должен легко осваивать управление вашим продуктом.

Второе – полезность. Успешный продукт должен удовлетворять потребности пользователей. Причем под этим подразумеваются не только

¹Аспирант ЗНТУ

выраженные потребности, в которых пользователи отдадут себе отчет. Здесь учитываются и скрытые потребности, которые пользователи, по сути, не осознают как таковые.

Третье – доступность. Доступность и полезность продукта – это разные вещи. Пользователь может отказаться от использования даже очень полезного продукта, если столкнется с трудностями при доступе к нему или при установке. Доступность связана с указанием кратчайшего пути к продукту, а полезность – непосредственно с функциями продукта и его контентом. Чтобы избежать проблем, связанных с доступностью, разработчикам необходимо принимать в расчет то, в какой ситуации пользователь впервые сталкивается с их продуктом и как это может повлиять на процесс установки.

Четвертая – привлекательность. До сих пор мы обсуждали только когнитивные, то есть рациональные аспекты пользовательского опыта. В отличие от них привлекательность относится к эмоциональной сфере. Зачастую удобные и функциональные продукты не находят спроса на рынке просто потому, что они недостаточно привлекательны для пользователей.

Как мы видим, задача создания успешного продукта не столь тривиальна, как может показаться на первый взгляд. Мы можем нанять лучших программистов, использовать лучшие дата-центры, но все наши усилия сойдут на нет, если мы неправильно спроектируем взаимодействие пользователя с продуктом. Цель данного доклада – анализ влияния проектирования пользовательского взаимодействия для создания программного продукта.

Список литературы

1. Купер А. Психобольница в руках пациентов. Алан Купер об интерфейсах: почему высокие технологии сводят нас с ума и как восстановить душевное равновесие, издание исправленное. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2011. – 366 с. ил.
2. Гарретт Дж. Веб-дизайн: книга Джесса Гарретта. Элементы опыта взаимодействия». – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2008. – 192 с.: ил.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ НОВІТНІХ МЕРЕЖНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасний стан підготовки фахівців за напрямом «Комп'ютерна інженерія» у вищих навчальних закладах вимагає досить динамічних змін майже кожні 3–4 роки. Адже інформаційні технології є однією з молодих та найбільш прогресивних галузей у світі. Для знаходження шляхів підвищення конкурентоздатності вітчизняних випускників на міжнародному ринку праці авторами було детально проаналізовано актуальне питання – цілісність та структура галузі мережних інформаційних технологій (МІТ). Це обґрунтовано значним попитом та досить високою заробітною платою у даній сфері (від 200 до 2500 USD).

Традиційно склалося так, що під терміном «МІТ» часто розуміють сукупність знань у галузі комп'ютерних мереж. Але, як показує аналіз (рис. 1), значна частка вмінь повинна охоплювати Web-розробку, мережні операційні системи та програмування клієнт-серверних додатків різного призначення, зокрема із використанням систем управління базами даних (СУБД) [1]. Програмування інтернет-додатків на сьогодні вимагає від спеціаліста не тільки ґрунтовних знань таких мов, як HTML, CSS, PHP, ASP.NET, JavaScript, Flash, а й вмінь освоювати нові системи управління контентом (CMS), фреймворки, платіжні системи та ін. Як бачимо, фундаментом МІТ є програмування та проектування архітектури інформаційних систем. Виходячи з цього, на думку авторів, галузь мережних інформаційних технологій повинна цілісно інтегруватися з програмуванням, зокрема об'єктно-орієнтовним на мовах C++, C#, налаштуванням комп'ютерних мереж та операційних систем. Якість наступництва навчальних дисциплін для галузі МІТ доцільно забезпечити за допомогою відповідних стандартів у галузі освіти.

Отже, поглиблення знань за рахунок включення до навчального процесу найновіших розробок та розширення меж галузі мережних інформаційних технологій дає змогу істотно підвищити якість підготовки вітчизняних фахівців.

¹ Д.т.н., проф., зав. кафедри КСМ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

² Асистент кафедри КСМ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

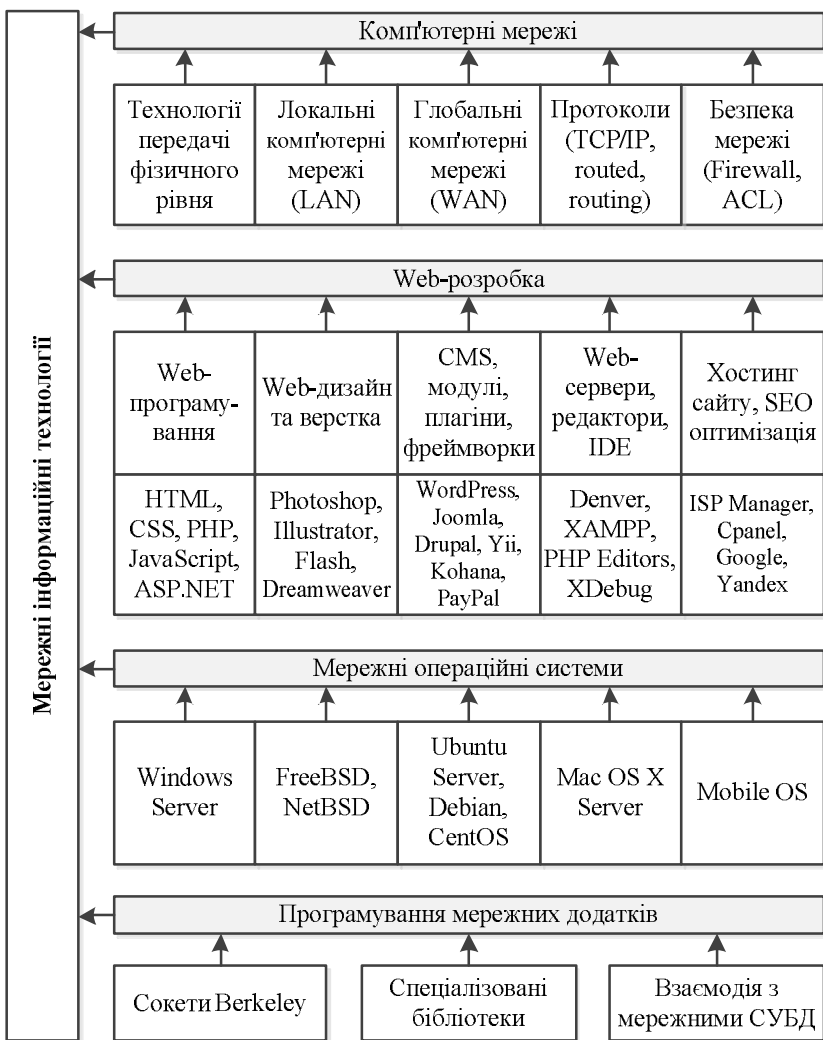


Рис. 1. Деякі елементи «Мережних інформаційних технологій»

Список літератури

1. Избачков Ю. С. Информационные системы: учебник для вузов / Ю. С. Избачков, В. Н. Петров. – [2-е изд.]. – СПб.: Питер, 2006. – 656 с.

О ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ НА ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЯХ

Конечной целью обучения в ВУЗе является конкурентоспособность выпускников на рынке труда. Качество учебного процесса зависит как от уровня преподавания, так и, в большей мере, от готовности и возможности студента получать знания. Низкий уровень самосознания и личной ответственности студентов, зачастую объясняется не столько объективными причинами, сколько психологической неподготовленностью и моральной незрелостью, свойственных молодому возрасту. Хотя молодость, как известно, недостаток, который быстро проходит, именно на этот период жизни, в большинстве случаев, приходится процесс получения образования.

В соответствии с парадигмой болонского процесса, с точки зрения студента все европейские университеты выглядят как один распределенный университет. Возможность самостоятельно выбирать курсы и преподавателей в рамках определенной специализации повышает личную ответственность студента за уровень собственного образования и является одним из основных мотивирующих факторов для повышения качества образования.

Первостепенной задачей наших ВУЗов для включения в общеевропейское пространство является согласование учебных планов и рабочих программ соответствующих дисциплин, а также согласование методики расчета кредитов ECTS. Важным моментом является то, что кредиты должен вырабатывать студент, а не преподаватель. Большая часть кредитных часов отводится на самостоятельную работу студента, тщательно контролируруемую преподавателем. В настоящее время, на наш взгляд, этому вопросу уделяется недостаточно внимания.

Согласно декларации Глазго «Сильные университеты для сильной Европы» [2005 год], университеты выражают решимость удвоить свои усилия по разработке и введению инновационных методик преподавания, переориентации учебных планов в согласовании с работодателями, а также принять на себя решение проблем высшего и профессионального

¹ зав. каф. комп'ютерных систем та мереж ЗНТУ

² проф. каф. программных средств ЗНТУ

³ доц. каф. программных средств ЗНТУ

образования, «пожизненного образования», а также признания полученного ранее образования.

Для повышения уровня социальной ответственности и воспитания коммуникативных и лидерских качеств в учебные планы всех инженерных специальностей рекомендуется включать курс «Soft Skills для инженеров».

Результаты участия нашего университета в проекте TEMPUS PROMENG (PRACTICE Oriented Master Programmes in ENGINEERING in RU, UA, UZ) :

1. В план подготовки магистров по специальности «Программное обеспечение систем» включены дисциплины: «Soft Skills для инженеров» – 2 кредита, ТРИЗ – 2 кредита, «Инженерия качества» – 3 кредита, «Аудит и сертификация в соответствии с ISO» 2 кредита.

2. В план подготовки магистров по специальности «Информационные технологии проектирования» включены дисциплины: «CAD/CAM/CAE-системы в проектировании и производстве наукоемкой продукции» – 10 кредитов, «Реинжиниринг существующих механических цехов» – 2 кредита, «Моделирование производственных систем» – 3 кредита.

3. В планы подготовки магистров по специальностям «Компьютерные системы и сети» и «Специализированные компьютерные системы» введена дисциплина «Прикладная информатика и цифровые системы передачи данных» – 5 кредитов, «Моделирование производственных систем» – 3 кредита.

4. Преподавателями изучены материалы, предоставленные европейскими партнерами.[2]

5. Разработаны и утверждены на соответствующих уровнях рабочие программы внедряемых дисциплин

6. Подготовлены пробные варианты конспектов лекций по внедряемым дисциплинам.

7. Дисциплина «Факторы успешного трудоустройства по специальности» (1 кредит) внедрена в планы подготовки специалистов и магистров на всех специальностях университета (51 специальность).

Список литературы

1. PRACTICE Oriented Master Programmes in ENGINEERING in RU, UA, UZ [Электронный ресурс], доступ <http://www.promeng.eu/>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В СППР ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ПОДРЯДЧИКОВ

В работе рассмотрен пример проведения строительного тендера с помощью системы поддержки принятия решений, которая объединяет весь процесс принятия решений в тендере от формирования тендера и подачи заявок потенциальных подрядчиков до вынесения окончательного решения.

Процесс проведения тендеров состоит из следующих этапов [1]:

- 1) организация тендерной комиссии, состоящей из экспертов-специалистов компании, консультантов и представителя заказчика;
- 2) разработка тендерного задания, которое формируется на основе пожеланий заказчика;
- 3) выбор потенциальных подрядчиков. Тендерное задание рассылается потенциальным исполнителям и публикуется в интернете на специально предназначенных для этого ресурсах;
- 4) структурирование и анализ полученных предложений.
- 5) оценивание подрядчиков относительно требований заказчика;
- 6) принятие окончательного решения.

По окончании каждого из этапов 1–3 в базу системы вносятся данные, необходимые для дальнейшей работы.

После первого этапа создаются учетные записи для экспертов. После второго – создается новый тендер и формируется список критериев, а также формируется список оптимальных, по мнению заказчика, решений. В результате третьего этапа в систему вносятся потенциальные подрядчики (альтернативы).

Четвертый этап требует обработки предложений, полученных от потенциальных подрядчиков. Значения по качественным критериям формализуются, после чего параметры предложений вносятся в систему.

Оценивание подрядчиков возможно проводить в два этапа:

- 1) оценка уровня соответствия заявки требованиям заказчика по каждому критерию (абсолютная оценка);
- 2) оценка заявок друг относительно друга по каждому из критериев (относительная оценка).

¹ асп. ЗНТУ

Первый этап выполняется путем выставления абсолютной оценки в процентах предложения каждого подрядчика по каждому критерию в сравнении с требованиями заказчика.

Для относительной оценки заявок используется метод анализа иерархий (МАИ) [2]. Сравнение элементов относительно друг друга осуществляется методом попарных сравнений. На этом же этапе проводится определение коэффициента доверия к оценке эксперта. Для каждого эксперта определяются векторы оценок альтернатив по критериям, вектор оценок критериев, вектор глобальных приоритетов и коэффициент доверия к мнению эксперта.

На этапе оценивания формируется рейтинг подрядчиков. Использование трехслойной нейронной сети позволяет определить, какие из них удовлетворяют основным требованиям заказчика, а каких стоит отсеять как неподходящих для дальнейшего сотрудничества [3].

Нейронная сеть выполняет классификацию на основе оценок каждого из экспертов, формируя локальные списки: список соответствующих подрядчиков и список несоответствующих подрядчиков.

После этого каждая альтернатива оценивается согласно количеству ее попадания в локальные списки несоответствия экспертов. Чем больше оценка несоответствия, тем ниже эта альтернатива опустится в общем рейтинге, и при достижении порогового значения E она должна быть полностью исключена из рейтинга как несоответствующая тендерному заданию.

Расчет суммарной оценки каждой альтернативы включает суммирование глобальных оценок, присвоенных ей каждым экспертом, умноженных на коэффициент доверия к мнению эксперта. Суммарные оценки нормализуются, после чего альтернативы упорядочиваются по убыванию суммарной оценки. Лучшей считается альтернатива, чья оценка является наибольшей.

Список литературы

1. Noor N.M.M., Decision Support for Web-based Prequalification Tender Management System in Construction Projects / Noor N.M.M., Mohamad R. // Decision Support Systems. – 2010. – P. 359–370.
2. Колпакова Т.А., Использование многокритериального принятия групповых решений в Web-ориентированной СППР для проведения тендеров / Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг (ІУС КМ – 2011) : II Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених : зб. доп. у 2 т. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Т.1. – С. 69–73.
3. Kar, A. K., Using Fuzzy Neural Networks and Analytic Hierarchy Process for Supplier Classification in e-Procurement / Kar A.K. // Sprouts: Working Papers on Information Systems. – 2009. – 9(28).

ОЦІНКА ВИТРАТ НА РОБОТУ З ІНФОРМАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

Найбільш вживаним є метод пошукового запиту за ключовими словами, він може використовуватись з іншими критеріями пошуку [1]. Крім того, у нашому випадку, до критеріїв інформаційного пошуку додаємо пошукові запити за дисципліною та кафедрою ВНЗ [2]. Проведемо оцінку загальних витрат на одержання інформації при дослідженні роботи пошукового модуля інформаційної системи.

Загальні витрати $T_{\Sigma inf}$ на роботу з інформаційною системою визначаються виразом:

$$T_{\Sigma inf} = T_{inf} n . \quad (1)$$

У той же час витрати на навчання будуть визначатися виразом:

$$T_{навч} = T_0 n = \sigma \frac{\alpha}{\mu \lambda} n . \quad (2)$$

Це приводить до наступного виразу для витрат на навчання з урахуванням використання інформаційної системи:

$$T_{\Sigma навч} = T_0 n + T_{\Sigma inf} = (\sigma \frac{\alpha}{\mu \lambda} + T_{inf}) n . \quad (3)$$

Таким чином, вплив інформаційних систем на процес навчання буде визначено на кожному етапі навчання двома величинами μ і T_{inf} .

Доцільність використання інформаційної системи визначиться співвідношенням:

$$\sigma \frac{\alpha}{\lambda} > \sigma \frac{\alpha}{\mu \lambda} + T_{inf} . \quad (4)$$

$$\text{Звідси будемо мати } \sigma \frac{\alpha}{\lambda} (1 - \frac{1}{\mu}) . \quad (5)$$

Ефективність впровадження розроблювальної інформаційної системи залежить, насамперед, від відповідності функціональних характери-

¹ канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

стик системи конкретним цілям і завданням впровадження. Складність – у правильному виборі факторів ефективності. Для визначення ефективності впровадження системи порівняли надані витрати з базовими.

У загальному вигляді формула може бути такою [3]:

$$E = E_{piч} - П * K, \quad (6)$$

Показник ефективності є відносною величиною, що порівнює результати впровадження з витратами та задається формулою:

$$K_E = \frac{C}{K}, \quad (7)$$

Впровадження нової ІС вважаємо ефективним, якщо $K_E > 0,15$.

Оцінимо результати поетапно для 6 дипломних проектів у процесі їхньої підготовки, після видачі технічного завдання. Основні часові витрати беремо на пошук і одержання інформації. Три перших проектанти скористалися методом пошуку текстової інформації в традиційній бібліотеці, а три других – пошуком інформації в електронній бібліотеці.

Навчальні ресурси, які представлені у вигляді інформаційних об'єктів, у сполученні з індивідуальними завданнями і засобами тестування дозволяють контролювати рівень знань студентів, оперативно здійснюючи зворотний зв'язок, що стимулює студентів до більше активних занять [4].

Список літератури

1. Пасічник В.В. Організація баз даних та знань: підручник для студ. вищ. навч. закл./ В.В.Пасічник, В.А.Резніченко // за ред. М.З. Згуровського. – К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 384 с.
2. Киричек Г.Г. Формування та ефективність впровадження інформаційної системи ВНЗ / Г.Г. Киричек // Науковий вісник Чернівецького національного університету. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. – Т. 2. – Вип.4. – Чернівці: ЧНУ, 2011. – С. 95–100.
3. Пьявченко Т.А., Финаев В.И. Автоматизированные информационно-управляющие системы: Монография / Т.А. Пьявченко, В.И.Финаев. – Таганрог: из-во ТРТУ, 2007. – 271 с.
4. Вершина А.И. Модель взаимного влияния дисциплин в процессе обучения / А.И. Вершина, Г.Г. Киричек // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Проблеми моделювання та автоматизації проектування (МАП-2011). Випуск 10(197). – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – С. 208–217.

КЛАСТЕРНА ПЛАТФОРМА СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ НАВЧАННЯ

На даний час у вищих навчальних закладах (ВНЗ) збільшилася кількість web-сервісів, які надаються студентам. Одночасний доступ до сукупності web-сервісів і систем, інтеграція їх в рамках єдиної платформи викликає певні збої в комп'ютерній мережі, тому вимагає нового підходу до реалізації засобів сучасного доступу методом забезпечення кластерної платформи центру інформаційної підтримки навчального процесу.

Для уникнення таких неприємностей вирішено на базі Запорізького національного технічного університету (ЗНТУ) реорганізувати мережу, зробити її здатною витримувати досить великі навантаження, забезпечити більш високий ступінь захищеності та стійкість до відмов. Для зменшення навантаження на головний сервер запропоновано перенести його на кластер серверів. Це дозволить підвищити продуктивність інформаційної мережі та забезпечити більш високу відмовостійкість на апаратному рівні.

У мережі вузу розміщуємо комутатори з функціями маршрутизації (L2/3) та принципом налаштування: VLAN кожного сервісу на один вузол рівня Access. Головна інформаційна магістраль включає сім комутаторів CISCO 2960 (по одному на кожен інститут і бібліотеку).

Даний системний підхід та методи застосуємо при забезпеченні доступу до інформаційних масивів в процесі отримання знань для одного з шести інститутів ЗНТУ, як сегменту даної моделі. За основу візьмемо інститут інформатики і радіоелектроніки, який нараховує 2 факультети і 8 кафедр. Побудуємо для цієї навчальної структури модель доступу до інформаційних масивів у процесі навчання, де: InstN – маршрутизатор інституту; Fak (1, ..., N) – комутатори факультетів; Caf (1, ..., N) – комутатори кафедр; CafWi-Fi – бездротова точка доступу для кожної кафедри; AudN – комутатори аудиторій.

Одним із методів досліджень функціонування інформаційної мережі вузу було імітаційне моделювання її роботи у програмному середовищі Packet Tracer 5.3. Це забезпечило можливість моделювання колізій та затримок у часі, які стали ключовими факторами при проведенні досліджень та оцінки існуючої ситуації при проектуванні реальної мережі. З одержаних при проведенні аналізу графіків маємо, що при максималь-

¹ канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

² студ. гр. ІОТ-618 ЗНТУ

ному навантаженні, в мережі даної конфігурації, ми втрачаємо доступ до web-серверу. Кластеризація дозволяє досягти більшої працездатності рівня доступу та поширення. Для перевірки ефективності роботи файл- та WEB-серверів при доступі до інформації в процесі навчання з максимальним навантаженням проведено тестування (табл. 1).

Таблиця 1. Результати тестування при навантаженні на оптимізовану мережу ЗНТУ

Навантаження на сервер, байт/0.25сек	Доступ із аудиторії до Internet, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до Internet, %	Доступ із аудиторії до серверу, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до серверу, %	Доступ із аудиторії до бібліотеки, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до бібліотеки, %	Доступ із Internet до серверу, мс	Втрати пакетів при доступі із Internet до серверу, %	Доступ із Internet до бібліотеки, мс	Втрати пакетів при доступі із Internet до бібліотеки, %
0	14	0	16	0	19	0	13	0	17	0
15000	15	0	19	0	20	0	17	0	17	0
30000	17	0	21	0	18	0	24	0	20	0
45000	25	0	39	0	19	0	40	0	31	0
60000	60	0	39	0	27	0	52	0	31	0
75000	100	0	774	50	255	0	181	0	72	0
90000	276	0	927	80	295	0	290	0	189	0

З наведених даних можна зробити висновки, що після проведених змін покращено стійкість web-серверу при доступі з Інтернет. Виходячи з цього, отримали загальну схему мережі інформаційного забезпечення навчального процесу вузу, яка базується на кластерній платформі з можливістю динамічного додавання та видалення елементів кластера. Доступ до інформації здійснюється за єдиною віртуальною адресою.

Список літератури

1. Киричек Г.Г. Оптимизация мультисервисной сети вуза / Г.Г. Киричек, А.О. Лаврищева, Е.А. Севрюк // III Всеукраинская науч.-техн. конф. студ., асп. и молодых ученых «Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг – 2012». 16–18 квіт. 2012 р.: тези доп. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 78–82.

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ЧАСТЬЮ В СИСТЕМЕ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Системы полунатурного моделирования являются модельной базой для обоснованного проектирования систем управления динамическими объектами. Одним из путей достижения высоких показателей эффективности, как моделей, так и реальных алгоритмов, является оптимальное управление программными средствами.

В работе рассматривается создание моделей жесткого реального времени [1], для которых все параметры вычислительного процесса известны заранее. Поэтому будем рассматривать offline расписания [2], которые позволяют выполнить построение расписания один раз, до начала вычислительного процесса.

Предлагается алгоритм разработки многопоточного планировщика, который включает несколько этапов: разработка функций обработки (ФО) потока, профилирование ФО, построение расписания [3], разработка событийного графа управления, модификация ФО. Если разработанный много-частотный подход к организации вычислений не может быть использован, возникает необходимость в повторном выполнении этапов проектирования, начиная с построения расписаний, иначе разработка алгоритма планирования считается завершенной. После чего выполняется программирование планировщика на целевой платформе и последующий запуск.

Для исследования предложенного подхода к созданию модели была выполнена разработка планировщика простого динамического объекта. В качестве модели рассмотрен приведенный в монографии [4] пример колебаний корпуса автомобиля.

При создании модели системы был использован метод Рунге-Кутты 4-го порядка. Также получено аналитическое решение системы, которое показало, что система имеет две отличающие собственные частоты. Для исследования двухчастотной модели была выполнена разработка на компьютере x86 с операционной системой Windows 7 Pro. Согласно предложенной схеме проектирования, первым шагом был реализован метод Рунге-Кутты 4-го порядка для рассматриваемой задачи средствами MS Visual Studio'12 RC C++. Далее определено время выполнения для каждой ФО с помощью встроенных утилит MVS, которое составило 40 нс. Приняв это

¹аспирант кафедры «Компьютерной инженерии», ДонНТУ

время за τ_i , построено расписание, в результате которого получено значение периода переключения между задачами, равное 68 мкс, согласно алгоритму[3]. На основании выбора в ФО была выполнена, уточненная модификация обращения переменных к общей памяти. Повторное профилирование показало, что модифицированные ФО могут быть использованы для построенного расписания. Каждая ФО реализована как отдельный поток, запуск которых выполняется в бесконечном цикле реального времени с задержками соответствующими построенному расписанию.

Исследование разработанной модели дало результаты, которые демонстрируют правильность моделирования в сравнении с решениями, полученными для данной модели разработанной в пакете Matlab. Собственные частоты обеих реализаций совпадают с аналитическим решением системы. Это доказывает работоспособность разработанного планировщика.

В работе предложена методика разработки цифровой части модели системы полунатурного моделирования динамического объекта. Также получены экспериментальные результаты на основании программной реализации, демонстрирующие, что ОС Windows не может быть в полной мере применена для создания жестких моделей реального времени. Для создания многочастотных моделей динамических систем жесткого реального времени необходима разработка специализированных ОС и методов многоядерного программирования.

Список литературы

1. Иванов Ю.А. Анализ выполнения программ при моделировании динамических систем / Ю.А. Иванов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем» (МАП-2011). Випуск 1. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ». – 2011.
2. Fohler G. How Different are Offline and Online Scheduling? / Gerhard Fohler, RTSOPS 2011: 2nd International Real-Time Scheduling Open Problems Seminar, ECRTS, 2011, 2 p.
3. Иванов Ю.А. Алгоритм оптимизации цикла реального времени при моделировании динамических систем / Ю.А. Иванов, Радіоелектронні р комп'ютерні системи 6(58), Харків, «ХАІ», 2012р, с. 135–138.
4. Francis S. Tse Mechanical Vibrations / Francis S. Tse, Ivan E. Morse, Rolland T. Hinkle. Allyn And Bacon, Inc. Boston, 1963. p.11, p.107–109.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТІВ ІЗ ЛАНКАМИ ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТА MATLAB SIMMECHANICS

Одним з найперспективніших напрямків розвитку сучасного електронного обладнання є виробництво високоефективних промислових роботів. В цьому аспекті інформаційні технології, згідно із сучасними вимогами, відіграють вирішальну роль. На даний час при проектуванні електронних роботів використовуються різноманітні програмні пакети, зокрема розглянемо моделювання робота за допомогою Matlab Simmechanics. Цей програмний пакет є популярним та застосовується при виготовленні продуктів фірми Siemens – одного з лідерів робототехніки.

Одним з найактуальніших питань робототехніки є інтегрування у структуру роботів модулів із змінною жорсткістю. Класична будова робота-маніпулятора припускає високу жорсткість ланок, що є необхідним для точного їх позиціонування в просторі. Однак, в останній час вчені зацікавилися актуаторами [1], що повторюють природні конструкції, такі як м'язи. М'язи людини мають високу реакцію, ефективні співвідношення сила/маса, потужність/маса, широкий діапазон регулювання. Більшість моделей актуатора складаються з 2-х ланок і модулю зі змінною жорсткістю. Такі конструкції легкі в налаштуванні і конфігуруванні. Ці технології використовують при проектуванні медичних протезів, зовнішніх скелетів (так званих екзоскелетів), андроїдів, та в інших перспективних напрямках розвитку науково-технічного прогресу. Також модулі зі змінною жорсткістю можна вживлювати в кінематичну схему промислових роботів, завдяки чому з'являється можливість використовувати їх для виконання більш широкого кола завдань. Наприклад, для рішення задачі точного позиціонування необхідна висока жорсткість ланок робота водночас із їх гнучкістю, а також податливість для захвату крихких предметів [2]. Промислові роботи, обладнані модулями змінної жорсткості, можуть бути використані для роботи поруч із людьми, тому що завдяки гнучкості своїх ланок, вони не спричинять ушкоджень персоналу, що знаходиться поруч.

Пропонується розглянути процес рішення задачі моделювання актуатора на прикладі проектування моделі ланки зі змінною жорсткістю,

¹ магістрант кафедри СПУіМ, ДонНТУ, Україна

² к.т.н., доцент кафедри МСМО, ДонНТУ, Україна

³ к.т.н., доцент кафедри комп. інженерії, ДонНТУ, Україна

що складається з циліндричної пружини, плоскої пружини та шарнірно закріплених направляючих. Плоска пружина знаходиться всередині циліндричної. Жорсткість механізму регулюється шляхом повороту пластинчатої пружини на певний кут [2]. Для побудови моделі необхідно завдати параметри, що обчислюються попередньо за допомогою відповідних математичних залежностей.

Розглянемо одну комплексну ланку робота-маніпулятора. Вона складається з 2-х кінцевих ланок з постійною жорсткістю та модулю зі змінною жорсткістю. Спочатку побудуємо спрощену модель. Для цього замінимо пружини шарніром, що характеризується певними коефіцієнтами пружності та демпфування. Одним кінцем балка шарнірно закріплена з «землею», а з іншого боку на ній закріплено тіло, що має масу, еквівалентну масі модуля [1, 2].

Наступним кроком буде симуляція моделі, представленій двома жорсткими ланками, що з'єднані шарнірно. З'єднання має коефіцієнти пружності та демпфування із попередньої моделі. В результаті моделювання в програмному пакеті Matlab Simmechanics [3] отримаємо модель ланки зі змінною жорсткістю (рис. 1), яку далі можливо інтегрувати до складу комплексної моделі робота.

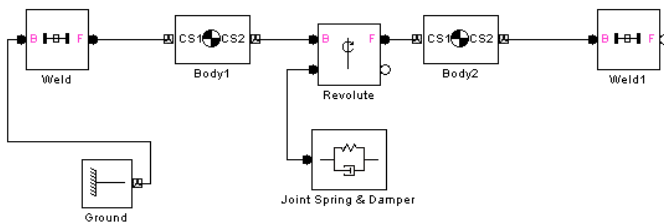


Рис. 1. Модель ланки із змінною жорсткістю.

Наступні етапи розробки спрямовані на побудову повної моделі робота із метою дослідження його працездатності, надійності та ефективності.

Список літератури

1. Ronald Van Ham, Thomas G. Sugar, Bram Vanderborght, Kevin W. Hollander, Dirk Lefeber// IEEE Robotics & Automation Magazine. – 2009. – №9. pp. 81–94.
2. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1988. – 392 с.
3. Matlab Solutions. Електронний ресурс. <http://www.mathworks.com/solutions/>

МЕТОДИ ПОШУКУ АСОЦІАТИВНИХ ПРАВИЛ В ТРАНЗАКЦІЙНИХ БАЗАХ ДАНИХ

Збільшення обсягів зберігаємих даних викликає проблеми, пов'язані з необхідністю їх аналізу, дослідження та виявлення нових знань з необроблених даних [1]. Для оброблення великих масивів неструктурованих даних доцільно використовувати методи пошуку асоціативних правил (АП), що дозволяють отримувати нові закономірності вигляду «Якщо умова, то дія» [2].

Асоціативним правилом називається імплікація $X \rightarrow Y$, у якій набори X та Y не перетинаються [3]: $X \rightarrow Y: X \subset I, Y \subset I, X \cap Y = \emptyset$.

Завдання пошуку асоціативних правил полягає в тому, щоб на основі заданого набору даних D (транзакційної бази даних) знайти закономірності між певними подіями.

В наш час запропоновано досить велику кількість методів виявлення АП, основними з яких є: Apriori, AprioriTid, Apriori Hybrid, DHP, Partition, Eclat, Hybrid, FPG [2–4].

Методи витягання АП можуть бути класифіковані за наступними критеріями:

- за способом зберігання проміжних результатів. Для зберігання проміжних результатів пошуку (множини кандидатів, їх підтримок, частих наборів) використовуються: хеш-дерево, хеш-таблиці, префіксні дерева. Кожний вузол хеш-дерева містить або список наборів, і тоді він є листом, або містить хеш-таблицю (у такому випадку він є внутрішнім вузлом). У хеш-таблиці записи внутрішніх вузлів містять посилання на вузли-нащадки. У префіксному дереві в кожному вузлі зберігається тільки t -й елемент набору, а інші елементи визначаються через батьківські вузли даного;

- за способом підрахунку підтримок при пошуку потенційно частих наборів елементів (кандидатів): перетинання й інкремент. При використанні перетинання значення підтримки $\text{supp}(X)$ кандидатів X визначаються шляхом знаходження перетинання множин ідентифікаторів tid_j транзакцій T_j , що містять елементи множини X . Застосування інкремента відповідає безпосередньому обчисленню кількості входжень набору елементів X у базу даних D ;

¹ аспірантка, Запорізький національний технічний університет

² канд. техн. наук, доцент, Запорізький національний технічний університет

– за способом проходження по базі: завширшки й у глибину. При проході завширшки спочатку перевіряються всі одноелементні набори, потім двоелементні й так доти, поки не будуть сформовані всі набори. Таким чином, кількість сканувань бази даних D дорівнює кількості елементів у самому довгому частому наборі. При використанні проходження у глибину виконується розширення набору елементів X , поки не буде досягнута границя між частим і рідким набором елементів, після цього відбувається перехід до наступного елемента τ_a , при цьому перед роботою методу елементи $\tau_a \in I$ впорядковують у лексикографічному порядку.

Результати проведеного аналізу показали, що основними проблемами методів витягу АП є:

- значна часова складність пошуку АП;
- високі вимоги до обсягів пам'яті, пов'язані зі значними розмірами аналізованих баз даних. У деяких випадках обсяг досліджуваних даних D може в рази перевищувати обсяг доступної оперативної пам'яті;
- необхідність декількох проходів по досліджуваних базах даних;
- необхідність забезпечення пошуку цікавих і нетривіальних правил. Більшість методів витягу АП враховують тільки рівень підтримки й вірогідності правил, при цьому не аналізується цікавість правил для досліджуваної предметної області;
- проблеми вибору граничних значень підтримки й вірогідності.

Крім того, проаналізовані методи дозволяють витягати АП, однак не дозволяють вирішувати завдання інтелектуального аналізу даних (відбір інформативних ознак, кластерний аналіз, побудова моделей на основі великих масивів неструктурованих даних і ін.), що виникають у реальних практичних завданнях прогнозування, класифікації й кластеризації даних.

Таким чином, виявлені проблеми існуючих методів синтезу АП обумовлюють необхідність розробки нових методів, що виключають недоліки існуючих.

Список літератури

1. Engelbrecht A. Computational intelligence: an introduction / A. Engelbrecht. – Sidney : John Wiley & Sons, 2007. – 597 p.
2. Zhang C. Association rule mining: models and algorithms / C. Zhang, S. Zhang. – Berlin : Springer-Verlag. – 2002. – 238 p.
3. Gkoulalas-Divanis A. Association Rule Hiding for Data Mining / A. Gkoulalas-Divanis, V.S. Verykios. – New York : Springer-Verlag. – 2010. – 150 p.
4. Zhao Y. Post-mining of association rules: techniques for effective knowledge extraction / Y. Zhao, C. Zhang, L. Cao. – New York : Information Science Reference. – 2009. – 372 p.

НЕЧЕТКИЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ СОСТОЯНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Учитывая необходимость интегрироваться в реалии современных умных сетей [1], представляется необходимым использовать новые взаимосвязи в будущей энергосистеме. В данной работе рассматривается взаимосвязь силового трансформатора (СТ) и сети потребителей (П). На данном этапе достаточно сложно моделировать различные условия СТ, так как вариативность П более чем велика. Предлагается детализировать предложенную в [2] модель взаимосвязи СТ-П, моделью нечеткого контроллера для соответствующего реагирования энергосистемы на различные типы запросов П в зависимости от состояния изоляции СТ. Цель работы: снизить скорость износа СТ, путем откладывания запросов П, используя логику назначения штрафов.

Для выбора и разработки методов управления электропотреблением исходя из задач экономии ресурса изоляции СТ, предложена классификация запросов П на предоставление электроэнергии. На основе классификационных признаков и вариантов значений запросов П по ним, разработаны входные, выходные лингвистические переменные и база правил нечеткого контроллера. Причем, выходная лингвистическая переменная характеризует возможность откладывания запроса П или уровень штрафа, если П настаивает на исполнении запроса, что лежит в основе управления электропотреблением. Условно все запросы были поделены на запросы обязательные всегда, и запросы обязательные в некоторых условиях, запросы, которые нуждаются в обработке после назначенных штрафов. Структура нечеткого контроллера приведена на рис. 1.

Данная логика реализована в модели управления электропотреблением в среде Simulink, которая содержит блок формирования потока запросов, блок оценки состояния изоляции СТ и предложенный нечеткий контроллер. В результате моделирования были получены следующие результаты: 96 % запросов П за суточный интервал были удовлетворены, несмотря на ограничение их штрафами, в тоже время благодаря этой модели скорость износа СТ была сокращена до 65 %. Таким образом, изменение моментов включения нагрузки позволяет увеличить срок действия

¹доцент кафедры «Электрические и электронные аппараты»

²студентка 4го курса специальности «Электрические машины и аппараты»

трансформаторного оборудования. Полученные результаты предполагается использовать в системах мониторинга силовых подстанций.

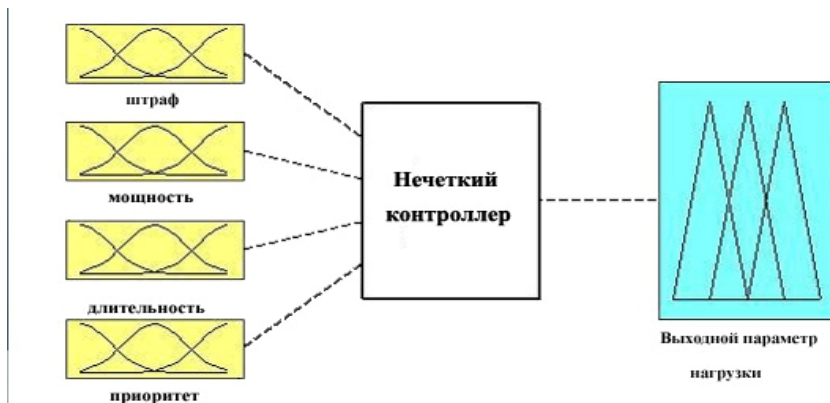


Рис. 1. Структура нечеткого контроллера

Список литературы

1. IEC 61970 –301 (2009-04) Ed. 2.0 Energy management system application program interface (EMS-API). – 2009. – 267p
2. Л. А. Аскерова, М.А.Поляков «Модель управления электропотреблением на основе оценки текущей нагрузочной способности силового трансформатора», XVII Всеукраинская студенческая научно-техническая конференция «Электротехнические и электромеханические системы», Сев. НТУ, Севастополь, март 2012г.

УДК 681.5

Жолдошов Т.М.¹, Кожекова Г.А.², Оморов Т.Т.³

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЙ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Создание информационной системы управления (ИСУ) предусматривает наличие полной информации о векторе состояния $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$ управляемого объекта. Практически в ИСУ измеряются лишь компоненты вектора выхода системы $y(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_m(t)]^T$. При этом $y(t) = Cx(t)$, где $C - N \times n$ – мерная ве-

¹ инженер, Инст. физико-технических проблем иматериаловедения НАН КР

² канд.техн.наук, зав.каф. Центра научно-образовательных программ НАН КР

³ доктор техн.наук, член-корр. НАН КР, вице-президент НАН КР

щественная матрица. В результате возникает проблема идентификации состояния $x(t)$ по измерениям $y(t)$, что обеспечивается введением в состав проектируемой ИСУ идентификатора состояния, для синтеза которого используются, в частности, методы модального управления [1]. В [2] предложена процедура идентификации для стационарных систем. В данной работе предлагается алгоритм синтеза идентификаторов для линейных нестационарных объектов управления.

Рассматривается многомерная нестационарная система, динамика которой описывается векторным уравнением

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t), t \in [t_0, \infty), \quad (1)$$

где $u(t)$ – m -мерный вектор управляющих воздействий на объект; $A(t)$ и $B(t)$ – матрицы соответствующих размерностей; t_0 – начальный момент управления.

Математическая модель линейного идентификатора полного порядка дается следующим векторным уравнением [1]:

$$\dot{\hat{x}}(t) = A(t)\hat{x}(t) + B(t)u(t) + K(t)[y(t) - C\hat{x}(t)], \quad (2)$$

где $\hat{x}(t)$ – n -мерный вектор состояния идентификатора; $K(t)$ – $n \times N$ -мерная матрица идентификатора.

Задача идентификации состоит в определении матрицы $K(t)$, обеспечивающей близость к нулю компонентов $e_i(t)$ вектора ошибки идентификации $e(t) = x(t) - \hat{x}(t)$. Ее решение осуществляется на основе предложенного в [3] критериальных условий для синтеза систем управления, определяемых следующей теоремой.

Теорема 1. Пусть $e_i(t_0) = 0, i = \overline{1, n}$, и для каждого t_0 и $t > t_0$

выполняются условия: $\int_{t_0}^t e_i(\tau) \dot{e}_i(\tau) d\tau < 0, i = \overline{1, n}$. (3)

Тогда модули невязок $|e_i(t)|$ с течением времени убывают и $e_i(t) \rightarrow 0$.

Вначале определяется уравнение динамики вектора невязки $e(t)$:

$$\dot{e}(t) = S(t)e(t), \quad (4)$$

где матрица:

$$S(t) = A(t) - K(t)C. \quad (5)$$

Основной результат дается следующей теоремой.

Теорема 2. Пусть управляемый объект и идентификатор описываются соответственно соотношениями (1) и (2). Тогда, для выполнения

критериальных условий (3) элементы матрицы $S(t)$ должны определяться по следующим формулам:

$$s_{ij}(t) = s_{ij}^* \text{sign}[s_i(t)s_j(t)], L, j = \overline{1, n} \quad (6)$$

где s_{ij}^* – параметры, имеющие отрицательные значения ($s_{ij}^* < 0$).

В результате по найденной матрице $S(t)$ искомую матрицу $K(t)$ идентификатора можно определить из соотношения (5):

$$B(t)K(t) = S(t) - A(t). \quad (7)$$

В случае, когда $m = n$, а $B(t)$ имеет обратную матрицу (t) , искомая матрица идентификатора

$$K(t) = B^{-1}(t)[S(t) - A(t)]. \quad (8)$$

В других случаях можно определить квазирешение уравнения (7) на основе обобщенного обращения матрицы $B(t)$ [4].

Рассмотренная процедура проектирования идентификаторов линейных многомерных нестационарных систем с переменными параметрами можно использовать и для синтеза ИСУ в классе систем с переменной структурой (СПС). В отличие от методов теории СПС предложенный подход не предполагает организацию в системе режима скольжения. При этом достижение цели идентификации состояния управляемой системы обеспечивается за определенное количество переключений структуры идентификатора, техническая реализация которого не представляет особых проблем.

Список литературы

1. Кузовков, Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства//М.: Машиностроение. – 1976. – 184 с.
2. Omorov T.T., Kojekova G.A. Synthesis of the identifiers of linear controlled systems // Actual Problems of Control Theory, Topology and Operator Equations. Germany, Shaker Verlag, Aachen. – 2009.
3. Оморов Т.Т., Кожекова Г.А. Синтез систем управления многомерными объектами по критериальным ограничениям // Известия НАН КР, Бишкек: Илим. – 2009. – № 1.
4. Анджело Г.Д. Линейные системы с переменными параметрами. – М.: Машиностроение. – 1974. – 288 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ИЕРАРХИЧЕСКИХ И ГЕТЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Актуальность автоматизированного анализа иерархии динамически развивающихся систем [1, 2] обусловлена в равной мере широким и частично определенным спектром эндогенных и экзогенных системообразующих приложений на протяжении цикла жизни, от эскизного проекта системы до вывода ее из эксплуатации.

Постановка проблемы. Дана система, образованная на множестве узлов $U = \{a_i\}$, $i = 0 \dots u$. Между узлами системы установлены каналы однородного подчинения, заданные парами (a_s, a_d) , где a_s – *узел-источник*, a_d – *узел-получатель*. Совокупность всех каналов подчинения образует таблицу $T = \{(a_s, a_d)_{j\}$, $a_s \in U$, $a_d \in U$, $j = 0 \dots t$. Задан узел a_0 , являющийся корнем дерева иерархии и определено непустое множество финальных узлов R , $R \subset U$. Необходимо выполнить сортировку элементов *таблицы каналов* T таким образом, чтобы возможно было установить внешний вид дерева иерархии системы.

Структура данных. Начальный этап исследования связан с заполнением линейной структуры данных. Элементы этой структуры перечислены в таблице 1.

Перспективы. Комплементарным к иерархии является понятие *гетерархия*. Гетерархическая система [2] образуется пересекающимися, взаимодействующими структурами управления. Координация взаимодействия множества иерархических построений в рамках единой синергетической системы представляет сложную, в настоящее время решаемую эмпирическим путем, задачу.

Дальнейшие исследования в области автоматизированного анализа иерархии систем предполагается вести в контексте многоагентного образования гетерархических управляющих структур. Эта работа содержит результаты научных исследований в данном перспективном направлении.

¹ ассистент кафедры КСС, ЗНТУ

Таблица 1. Структура данных

№	Описание	Имя	Тип	Организация	Элементов
<u>Числовые параметры</u>					
1	Количество узлов	u	int	переменная	
2	Количество начальных узлов	b	int	переменная	
3	Количество финальных узлов	h	int	переменная	
4	Количество каналов	t	int	переменная	
5	Индекс актуальной строки	y	int	переменная	
6	Индекс источника	s	int	элемент объединения	объ-
7	Индекс получателя	d	int	элемент объединения	объ-
8	Индекс актуального наследника	q	int	переменная	
9	Индекс актуальной позиции	c	int	переменная	
10	Первый индекс поля финальных узлов	v	int	переменная	

Список литературы

1. Квазигомоморфное преобразование гиперграфов в автоматизации проектирования устройств управления / А.А. Голдобин // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2006. – №1. – С. 41–48.
2. Угольников Г.А. Линейная теория иерархических систем. Препринт. – М.: ИСА РАН, 1996. – 55 с.

УДК 519.711

Мальчева Р.В.¹, Кривошеев С.В.² Водолазский Д.С.³

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ РАСЧЕТА КООРДИНАТ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ NVIDIA CUDA

Введение

Использование математических моделей в контуре управления предоставляет возможность исследования и анализа различных состояний объекта, прогнозирования его поведения в зависимости от управляющих воздействий и внешних факторов, действующих на управляемый объект.

¹ к.т.н., доцент кафедры компьютерной инженерии ДонНТУ, Украина;

² ассистент кафедры компьютерной инженерии ДонНТУ, Украина;

³ магистрант кафедры компьютерной инженерии ДонНТУ, Украина;

1 Основная идея предлагаемого метода

Предложенная модель криволинейного движения судна позволяет иметь стабильный радиус траектории корабля. Модель описывается уравнениями (1)–(3).

$$m(1 + k_{11}) \frac{dV_x}{dt} - mV_y w = -X_r - \sum_{i=1}^{Z_p} T_{E_i}, \quad (1)$$

$$m(1 + k_{22}) \frac{dV_y}{dt} + mV_x w = Y_r + \sum_{i=1}^{Z_p} Y_{R_i}, \quad (2)$$

$$J_z m(1 + k_{66}) \frac{dw}{dt} = M_r + l_R \sum_{i=1}^{Z_p} Y_{R_i}. \quad (3)$$

2 Пример применения предложенного метода

Пусть корабль имеет следующие характеристики: осадка $T = 4$ м, длина $L = 80$ м, ширина $B = 15$ м, расстояние между центром судна и движителем $l_R = 35$ м, угол перекладки руля 20° , $\delta_R = 0,349$, коэффициент общей полноты $\delta = 0,7$, начальные скорости движения составляют $V_x = 5$ м/с, $V_y = 0$ м/с, $w = 0$ (по осям OX , OY и угловая соответственно), корабль имеет два винта.

Модель написана на языке программирования С. Расчет осуществляется с помощью 4-го порядка точности интегрирования Рунге-Кутты.

Моделирование судна выполнено в следующих режимах: без распараллеливания, выполнение с использованием распараллеливания на 4 процессорных ядра и с использованием технологии NVIDIA CUDA. Для каждого варианта построены графики зависимости производительности от числа потоков (рис. 1).

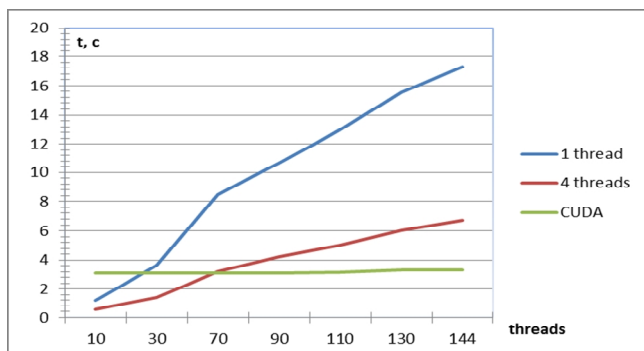


Рис. 1. Зависимость длительности процесса моделирования от количества потоков, запущенных в системе

Исследования были проведены на процессоре Intel i5-2430M процессором 2,40 ГГц (поддерживает 4 потока) и графическом процессоре NVIDIA GeForce GT 555M 144 ядер CUDA (144 потока).

Исследования показали достоверность предложенной математической модели криволинейного движения судна. Различные методы реализации модели имеют разное время обработки данных. Результаты исследований позволяют выбрать наиболее эффективный вариант обработки данных. Эта работа показывает преимущества использования технологии NVIDIA CUDA для большого количества потоков.

Список литературы

1. Ivar-André Flakstad Ihle / Guidance and Control / Norwegian University of Science and Technology (NTNU) NO-7491 Trondheim, Norway . – 2006.
2. Thor I. Fossen Marine Control Systems / Norwegian University of Science and Technology / Trondheim, Norway. – 2002.
3. NVIDIA CUDA C Programming Guide / Version 4.0 / 6.5.211. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: http://developer.download.nvidia.com/compute/DevZone/docs/html/C/doc/CUDA_C_Programming_Guide.pdf

УДК 004.272.2:519.63

Дмитриева О.А.¹

ГЕНЕРАЦИЯ ОПЕРАТОРОВ ПЕРЕХОДА ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ШАГОМ

Наибольшая необходимость в эффективных параллельных вычислениях возникает при моделировании динамических процессов, описываемых системами обыкновенных дифференциальных уравнений большой размерности [1]. Такие задачи возникают как непосредственно в процессе математического моделирования [2], так и при генерации вторичных систем уравнений, например, при дискретизации задач математической физики методом прямых [3]. Эффективность численных методов моделирования динамических систем может быть значительно повышена за счет автоматического изменения шага интегрирования.

Управление шагом в работе осуществляется за счет использования вложенных стадийных методов порядка p , которые кроме численного приближения значений вектора неизвестных x^{n+l} на $n+l$ шаге, содержат

¹ К.т.н., докторант, Донецкий национальный технический университет

некоторые выражения \tilde{x}^{n+l} более высокого порядка, как правило, $p+1$. Пусть математическую модель динамической системы можно представить в виде системы с постоянными коэффициентами и начальными условиями

$$x' = Ax + f(t), \quad x(t_0) = x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_m^0)^t. \quad (1)$$

Здесь вычисление значения вектора неизвестных на очередном шаге требует предварительного определения значений x^n . В [4] рассмотрены вопросы, связанные с возможностью параллельной реализации таких алгоритмов. В частности, если система (1) является однородной, т.е. $f_i(t) = 0$, $i=1, 2, \dots, m$, тогда, в зависимости от выбранного метода интегрирования, можно искать решения в виде

$$x^{n+1} = Qx^n, \quad \tilde{x}^{n+1} = \tilde{Q}x^n, \quad (2)$$

где Q, \tilde{Q} – операторы (матрицы) переходов.

Полученные операторы перехода, которые необходимо определить один раз до начала вычислений, позволяют находить значения вектора неизвестных параллельно. Добавленный в расчетную схему оператор более высокого порядка \tilde{Q} может служить для управления погрешностью и длиной шага. В работе предлагаются подходы, которые позволяют генерировать параллельные расчетные схемы, содержащие операторы перехода и вложенные операторы, для любых известных стадийных методов. Так, например, для четырехстадийного метода Ческино 4-го порядка оператор перехода может быть представлен как

$$Q = \left(E + \tau A \left(E + \frac{1}{2} \tau A \left(E + \frac{1}{2} \tau A \right) \right) \right).$$

Вложенный оператор для управления шагом

$$\tilde{Q} = \left(E + \tau A \left(E + \frac{1}{2} \tau A \left(E + \frac{1}{3} \tau A \left(E + \frac{1}{4} \tau A \right) \right) \right) \right).$$

На каждом шаге определяется погрешность на основе соотношения

$$\varepsilon = \frac{1}{2^p - 1} \max \frac{|x^{n+1} - \tilde{x}^{n+1}|}{|\tilde{x}^{n+1}|}.$$

Если полученная погрешность на шаге не превышает заданную точность tol , рассчитывается новая длина шага

$$\tau_{n+1} = \tau_n \min \left(fac \max, \max \left(fac \min, \omega \left(\frac{tol}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{p+1}} \right) \right).$$

Параметры $facmin$, $facmax$, ω выбираются, исходя из соображений, приведенных в [1]. При решении неоднородной системы необходимо дополнительно вычислить на каждом шаге значения всех функций $f_i(t)$, $i = \overline{1, m}$ в нескольких стадийных точках.

В работе предлагаются два различных подхода, позволяющих избежать последовательных участков счета. Первый из них основан на предварительном вычислении функций $f_i(t)$, второй базируется на интерполировании правых частей.

Список литературы

1. Хайрер Э., Ваннер. Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие задачи. – М.: Мир, 1999. – 685с.
2. Дмитриева О.А Параллельное моделирование динамических объектов с выбором шага на основе экстраполяционных методов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 6 (58). – С. 312–317.
3. Firsova A, Dmitrieva O. Dynamic System Simulation. Robust algorithms of state estimation of dynamic lumped parameters systems. – LAPublishing, 2011. – 92 p.
4. Дмитрієва О.А. Паралельні різницеві методи розв'язання задачі Коші – Донецьк: ДонНТУ, 2011. 265 с.

УДК 004.272.2:519.63

Дмитриева О.А.¹, Гуськова В.Г.²

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ШАГОМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РУДНИЧНОЙ АЭРОЛОГИИ

При моделировании аэрогазодинамических процессов в шахтных вентиляционных сетях возникает необходимость в эффективных параллельных вычислениях, описываемых системами обыкновенных дифференциальных уравнений большой размерности [1]. Структура шахтной вентиляционной сети представляется в виде объекта, формальное описание которого может быть выполнено с помощью графа с m ветвями и n

¹ К.т.н., докторант, Донецкий национальный технический университет

² Студент, Донецкий национальный технический университет

узлами. При этом сетевой объект шахтной вентиляционной сети считается сложной динамической системой, так как обладает большой размерностью ($m > 100$, $n > 50$), нелинейностью статических характеристик ветвей и расположенных в них регулирующих органов, распределенностью таких параметров, как расходы воздуха и концентрации метана, многосвязностью взаимного влияния динамических процессов, иерархичностью уровней управления процессами [2]. Математическая модель шахтной вентиляционной сети представляет собой систему, содержащую $n-1$ узловых алгебраических уравнений и $\gamma = m - n + 1$ контурных дифференциальных уравнений, отличается значительной размерностью, нелинейностью и невозможностью разрешения аналитическими методами. Для решения таких задач разработаны генераторы уравнений, параллельные модели сетевых объектов, предложены варианты ситуационного качественного моделирования [3], однако численное решение всех систем дифференциальных уравнений, построенных модифицированных моделей, возвращается к методам, изначально ориентированным на вычислительные системы с последовательной обработкой, что резко снижает показатели параллелизма в связи с замедлением времени счета. Эффективность моделирования таких динамических систем может быть значительно повышена за счет использования численных методов, разработанных для реализации в параллельных вычислительных системах [4], а также за счет автоматического изменения шага интегрирования.

Для параллельного управления размером шага интегрирования в работе генерировались вложенные многостадийные явные методы с числом расчетных точек s по основному методу

$$x_{n+1} = x_n + \tau_n \sum_{i=1}^s b_i k_i, \quad k_i = f \left(t_n + c_i \tau_n, x_n + \tau_n \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij} k_j \right), \quad i = 1, 2, \dots, s,$$

и $s+1$ по вложенному

$$\tilde{x}_{n+1} = x_n + \tau_n \sum_{i=1}^{s+1} \tilde{b}_i k_i.$$

На кластере выделялась система процессорных узлов размерностью $s+1$ с топологией 1D тор, на которых запускались параллельные процессы. Первые s узлов рассчитывали значения промежуточных векторов в s стадийных точках в соответствии со сгенерированным параллельным численным методом для расчета x_{n+1} . Эти же значения использовались и

вложенным стадийным методом. Дополнительно для вложенного метода при вычислении элементов поправочного вектора \tilde{x}_{n+1} генерировались значения k_{s+1} . Определенные для одной и той же точки с разными порядками точности p и $p+1$ значения x_{n+1} и \tilde{x}_{n+1} позволяли оценить норму вектора расхождений $\|x_{n+1} - \tilde{x}_{n+1}\|$ и погрешность ε на шаге. Если на шаге значение ε не превышало заданную точность tol , рассчитывалась новая длина шага

$$\tau_{n+1} = \tau_n \Psi(fax \max, fax \min, \omega, \varepsilon, tol).$$

В противном случае от шага отказывались и повторяли просчет с шагом $\tau_n = \tau_n fax \min$.

Список литературы

1. Feldman L. P., Svjatnyj V. A., Resch M., Zeitz M. Forschungsgebiet: parallele Simulationstechnik// / Наукові праці ДонНТУ. Серія МАП–2008. Випуск 7(150). – Донецьк, ДонНТУ, 2008. – С. 9–39.
2. Абрамов Ф. А., Фельдман Л.П., Святный В.А.. Моделирование динамических процессов рудничной аэрологии. – Киев: «Наукова думка», 1981. – 284 с.
3. Святный В. А Проблемы параллельного моделювання складних динамічних систем. Научн. тр. ДонГТУ. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, выпуск 6: – Донецк:, 1999, С. 6–14.
4. Дмитрієва О.А. Паралельні різницеві методи розв’язання задачі Коші. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. 265 с.

УДК 004.8

Гонтарь Н.А.¹

ФОРМАЛИЗАЦИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

ССОА (семантическая сервис-ориентированная архитектура) представляет собой структуру из сервисов, с их семантическим описанием, семантического сервиса и реестра сервисов [1]. Под семантикой мы предполагаем формальное описание функциональных и не функциональных характеристик и данных сервиса.

ССОА возможно использовать при разработке различных систем таких как, например, системы антиплагиат или электронные библиотеки. Семантический аспект архитектуры структурирует информацию, специ-

¹ аспирант каф КСС ЗНТУ

фицирует и ориентирует на конкретную предметную область и задачу, а сервисная структура имеет такие преимущества как использование Web-технологий, работа в распределенной среде, оперативность и масштабируемость. Таким образом, антиплагиат система, построенная на ССОА, может эффективно и точно определять заимствованную информацию из сети Интернет и других источников. ССОА, положенная в основе электронных библиотек, самоорганизуется внутри системы информацию и автоматически обрабатывает новые данные, так как построение связей между ресурсами можно рассматривать как запуск сервиса, поиск сходных ему ресурсов, изменения исходной информации при правильном нахождении и включении в библиотеку.

Рассмотрев базовые составляющие сервис-ориентированных вычислений в распределенной среде Интернет (WSDL, UDDI, SOAP) и проанализировав перспективы их развития, можно сделать вывод о том, что для повышения интероперабельности сервисов, которая обеспечит их значительно более широкое применение, они должны содержать семантическое описание их функциональных и нефункциональных характеристик.

Сегодня описание семантики сервисов, как и многих других информационных ресурсов распределенной гетерогенной среды Интернет, связывают с онтологическим подходом к представлению знаний [2]. Предлагаемая формализация заключается в разработке онтологической структуры сервиса, которая позволит систематизировать и стандартизировать предоставляемую сервисом информацию о своих функциональных и нефункциональных характеристиках. Предполагаемая онтологическая структура сервиса состоит из двух онтологий:

- 1) онтология верхнего уровня, которая отражает основные данные сервиса. Для создания данной онтологии предлагается использовать онтологию PROV [3]. PROV Ontology (Онтология PROV) описывает онтологию при помощи языка веб-онтологий OWL2 . В ней содержится набор классов, свойств и ограничений, которые могут быть использованы для представления и обмена информацией о происхождении, сгенерированной в различных системах и в различных контекстах;

- 2) специфицирующая онтология, которая отражает нефункциональные свойства и уникальные характеристики сервиса. В создании такой онтологии возможно использовать PROV-N [3]. Онтология Provenance Notation (Нотация происхождения) обеспечивает сериализацию элементов PROV компактным методом, облегчает соответствие PROV конкретному синтаксису и используется в качестве основы для официальной семантики PROV.

Семантический сервис, один из основных элементов ССОА, проверяет согласованность, разрешимость и эквивалентность предоставляемых сервисом онтологических структур, выполняет семантический поиск, а также может задействовать дополнительные онтологии верхнего уровня, информацию из других реестров и Интернет.

Таким образом, предполагаемая формализация семантического аспекта ССОА путем введения семантической структуры сервиса и семантического сервиса позволит создавать полнофункциональные эффективные информационные системы на основе сервисов, которые будут иметь ряд конкурентных преимуществ в распределенной гетерогенной среде.

Список литературы

1. Гонтарь, Н. А., Кудерметов, Р. К. Организация семантической сервис-ориентированной архитектуры [Текст] / Н. А. Гонтарь, Р. К. Кудерметов // «Системный анализ и информационные технологии»: 14-й Международной научно-технической конференции SAIT 2012, Киев, 24 апреля 2012 г. / УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ». – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2012. – С. 337–339.
2. Дерещкий, В. А. Разработка приложений в сервис-ориентированной архитектуре семантического Веб [Текст] / В. А. Дерещкий // Проблемы программирования. – 2010. – № 1. – С. 66–78.
3. Электронный ресурс: www.w3.org.

УДК 378:004

Герасимчук О.О.¹, Олексів Н.А.²

АКТУАЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «SOFT SKILLS» ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ

У наш час глобалізації, викликаній, перш за все, безпрецедентним розвитком інформаційних технологій у всьому світі, інженерна освіта переживає процеси інтернаціоналізації і розширення взаємодії з промисловими структурами і економічними системами. Сучасні інженери є творцями своєї професійної кар'єри вже не в локальному, а в міжнародному масштабі [2]. Професіограму сучасного інженера складають не лише спеціальні технічні знання і уміння, але і ряд «нетрадиційних» для інженерної освіти, так званих «м'яких» або «м'яких» навиків (soft skills), тобто таких якостей і компетенцій соціально-гуманітарного характеру, як уміння працювати в

¹ к.т.н., доцент, зав. каф. комп'ютерних технологій ЛНТУ

² асистент каф. комп'ютерних технологій ЛНТУ

багатопрофільній команді, володіння прийомами ефективної аргументації і комунікативною компетенцією в цілому, розуміння професійної та етичної відповідальності ухвалення інженерних рішень, здібність до аналізу і критики прийнятих рішень, мистецтво управління людьми і розуміння необхідності навчання протягом всього життя. Ці здібності і уміння ведуть до високих показників ефективності роботи людей – прикладом тому може стати вивчення успішних компаній. Ряд досліджень показав, що організації, які не припинили розвиток soft skills у своїх співробітників навіть в умовах кризи, продемонстрували вищі фінансові досягнення, ніж ті, хто не порухав дану сферу особливо важливою [3].

Саме не володіння інженером вказаними вище якостями і уміннями, разом з технологіями, що нестримно розвиваються, може пояснити кризу інженерної професії, що назрівала в останні десятиліття. У відповідь на вимоги часу до підготовки інженера майбутнього в глобальному контексті розробляються і активно упроваджуються навчальні курси, націлені на розвиток у майбутніх інженерів додаткових професійних якостей гуманітарно-соціального характеру, що формують висококваліфікованого фахівця, який володіє не лише професійно-технічними знаннями та уміннями, а й здатний реалізувати себе в таких важливих для інженера компетенціях як кар'єра, комунікації, лідерство. Soft skills не лише доповнюють hard skills (технічні навички) і створюють нові можливості, але й допомагають особистому розвитку і формуванню професіоналізму.

Прагнення України до інтеграції в європейський освітній простір зумовлює необхідність розв'язання комплексу завдань, пов'язаних з реформуванням національної вищої технічної школи та створенням якісної системи освіти, яка б відповідала світовим стандартам [1]. В рамках реалізації проекту міжнародного проекту TEMPUS «Професійно-орієнтовані магістерські програми з інжинірингу в Росії, Україні, Узбекистані» в Луцькому національному технічному університеті з 2011 року в освітню програму підготовки інженерів введено дисципліну «Soft skills для інженерів», зокрема, особливу увагу присвячено розгляду наступних питань:

1. Комунікабельність і лідерські якості.

1.1 Лідерські якості (напрацювання лідерських навичок, формальне і неформальне керівництво, ситуативне управління).

1.2 Основні аспекти спілкування (комунікативна відповідальність, базові навички, необхідні для продуктивного спілкування, управління процесом спілкування, проведення ділових бесід, проведення інтерв'ю та співбесіди).

1.3 Цілі (правильна постановка цілей і завдань, підхід до вирішення основного завдання).

2. Управління конфліктами і PlatformSkills.
- 2.1 Мотивація (види та ефективне використання мотивації, етика, мораль, цінності, потреби).
- 2.2 Виникнення, види та розвиток конфліктів (позитивна сторона конфліктів, причини і способи усунення конфліктів, рівні наростання конфліктних ситуацій, вирішення конфліктів).
- 2.3 PlatformSkills (стресостійкість, сила переконання).
3. Планування (бізнес-планування, індивідуальне планування, планування особистого часу, планування особистого розвитку).

Список літератури

1. Горбатюк Р.М. Система професійної підготовки майбутніх фахівців інженерно-педагогічного профілю: Монографія. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2009. – 400 с.
2. Blaetter zur Berufskunde. Diplom-Ingenieur / Diplom – Ingenieurin (Fachhochschule) Bauingenieurwesen. – W. Bertelsmann Verlag Bielefeld – 2. Auflage – 1993.
3. I.Warnecke. Warum Professoren mehr «Soft Skills» lehren sollen // DUZ Nachrichten № 01.

УДК 519.2:681.3

Бахрушин В.Е.¹

АЛГОРИТМЫ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗ О НЕЛИНЕЙНЫХ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВЯЗЯХ

Развитие современных информационных технологий требует решения проблемы автоматизированной обработки и анализа больших объемов информации. Одним из путей ее решения является поиск различного рода связей между рядами данных. В современной математической статистике хорошо разработаны методы проверки гипотез о наличии линейной связи [1]. Соответствующие средства присутствуют во всех пакетах статистического и общематематического программного обеспечения, а также в специализированных библиотеках компьютерных программ. Они также используются как составные элементы в средствах, предназначенных для решения других задач, в частности задач авто- и кросс-корреляционного анализа временных рядов. На сегодня разработан ряд критериев, предназначенных для проверки гипотез о наличии нелинейных свя-

¹ д.ф.-м.н., профессор кафедры системного анализа и программной инженерии Классического приватного университета

зей в рядах числовых данных, а также связей между порядковыми, качественными и смешанными данными. Однако их использование в практике анализа данных и соответствующем программном обеспечении является значительно более ограниченным. Целью данной работы является изложение ряда новых критериев и алгоритмов проверки гипотез о нелинейных и дифференциальных связях, а также примеров их применения при анализе реальных и модельных данных.

Наиболее универсальным показателем связи между количественными данными является выборочный коэффициент детерминации, характеризующий долю дисперсии зависимой переменной, которая объясняется рассматриваемой моделью связи [1]. При этом традиционно используются два подхода к его расчету. Первый из них базируется на задании явной модели связи и применяется, главным образом, в регрессионном анализе. Второй подход основан на аппроксимации неизвестной модели некоторой кусочно-постоянной функций. В обоих случаях используется предварительное упорядочение данных и имеется неопределенность результатов, обусловленная субъективизмом выбора модели связи или группирования данных. В [2] предложено использовать в качестве оценок значений модели данные, получаемые при сглаживании методом скользящего среднего. Такой алгоритм позволяет существенно снизить неопределенность и повысить устойчивость оценок силы связи. Его дополнительным преимуществом является возможность оценивания неоднозначных и немонотонных моделей связи. Вместе с тем этот алгоритм оказался непригодным для решения другой важной задачи – построения авто- и кросс-корреляционных функций временных рядов, основанных на использовании показателей нелинейной связи. Сглаживание данных при оценивании коэффициента детерминации приводит к размытию максимумов на соответствующих функциях, что делает невозможным их последующее использование. Поэтому в данном случае более целесообразно применять обычную форму выборочного коэффициента детерминации, как это было предложено ранее [3].

Еще одной актуальной и нерешенной до настоящего времени проблемой является разработка методов проверки гипотез о наличии дифференциальных связей между показателями динамических систем. В [4] предложен соответствующий критерий, основанный на численном интегрировании $f_1(x)$ и расчете коэффициента корреляции Пирсона между полученным рядом и значениями $f_2(x)$.

Анализ применимости рассмотренных показателей связи на модельных и реальных данных показывает, что в целом они позволяют решать поставленные задачи и существенно расширяют возможности совре-

менных методов анализа связей в больших объемах данных. Вместе с тем, сохраняется ряд проблем, которые требуют дальнейшего изучения и решения. В первую очередь, это проблема статистического обоснования предлагаемых критериев, в частности, определение доверительных интервалов и уровней значимости при принятии решений.

Список литературы

1. Бахрушин В.Є. Методи аналізу даних / В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – 268 с.
2. Бахрушин В.Е. Методы оценивания характеристик нелинейных статистических связей / В.Е. Бахрушин // Системные технологии. – 2011. – № 2(73). – С. 9–14.
3. Бахрушин В.Є. Застосування показників нелінійної кореляції для побудови й аналізу крос-кореляційних функцій / В.Є. Бахрушин, В.Є. Павленко, С.В. Петрова // Складні системи і процеси. – 2009. – № 2. – С. 78–85.
4. Бахрушин В.Є. Критерій для перевірки гіпотези про наявність зв'язку типу $f_1(x) = kf_2(x)$ / В.Є. Бахрушин // Складні системи і процеси. – 2010. – № 1. – С. 3–5.

УДК 007.52

Антипин А.Ф.¹, Шишкина А.Ф.²

СПОСОБ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ СЛИТНОЙ РЕЧИ

В эпоху стремительного развития средств вычислительной техники и мультимедиа-технологий как никогда остро чувствуется необходимость в постоянном повышении скорости обмена информацией между машиной и человеком, а, следовательно, и между людьми, находящимися в разных точках земного шара. Решению данной задачи способствует и постоянное совершенствование технологий обработки аудио и видеoinформации и, в частности, распознавания слитной речи.

Известные российские системы распознавания слитной речи, такие как Цезарь, Нестор, Горыныч и т.п. далеки от совершенства, особенно при распознавании речи в условиях повышенного уровня шума (например, на улице, в цехах и т.д.). Поэтому в большинстве случаев данные программы используются в процессе подготовки стенограмм совещаний, переговоров

¹ канд. техн. наук, старший преподаватель, Стерлитамакский филиал БГУ

² канд. техн. наук, старший преподаватель, филиал УГАТУ в г. Стерлитамаке

и т.д., хотя потенциальная сфера применения данной технологии очень и очень высока.

Известно [1, 2], что качество распознавания слитной русской речи определяет качество акустических и языковых моделей, используемых в системе распознавания, где не последнюю роль играет структура самой системы, которую в свою очередь определяют различные функциональные модули и блоки, входящие в ее состав.

Не секрет, что существуют и абстрактные математические модели, описывающие речь, поэтому к ее анализу можно подходить с физических позиций. То есть, можно исследовать звуковую волну, преобразованную математическими методами, не задумываясь о ее эмоциональной, а также смысловой нагрузке. Эта возможность уже реализована в автоматических и полуавтоматических системах идентификации голосов людей.

Задача идентификации голоса заключается в том, чтобы сравнить неизвестный речевой сигнал с имеющимися сигналами из базы данных. В результате анализа характеристик выносится решение о том, чей голос звучит. Если при сравнении с голосом из базы данных система показывает достаточную близость, речевой сигнал приписывается диктору из базы.

Авторами предлагается структура системы распознавания слитной речи, ядром которой служит блок преобразования речи в текст, на вход которого поступает звуковой сигнал, очищенный от помех и искажений в отдельном блоке выделения полезного речевого сигнала (шумоподавитель [3]). Процесс распознавания речи включает использование информации, содержащейся в акустических и языковых моделях, подключаемых извне (выбор модели зависит от языка).

Для описания данных моделей предлагается использовать элементы теории нечеткой логики, а в частности, систему многомерных логических регуляторов с переменными в виде совокупности аргументов двузначной логики [4], которые являются альтернативой нечетким регуляторам, где основной упор делается на повышение быстродействия автоматического регулирования и компенсацию взаимного влияния смежных контуров, что позволяет повысить эффективность распознавания речи и, как следствие, качество самой системы распознавания.

Качество распознавания речи непосредственно зависит от качества и объемов словарей, используемых в языковых моделях. В большинстве систем распознавания слитной речи используются гибридные языковые модели, основанные на синтаксисе языка и классических статистических моделях, что обусловлено высокой сложностью построения адекватной языковой модели. В связи с этим, авторами предполагается составление тематических словарей и включение их в гибридную языковую модель.

В заключение необходимо отметить, что предложенная авторами структура системы распознавания слитной речи в перспективе позволит сделать систему независимой от конкретного языка.

Список литературы

1. Нейман Л.В., Богомильский М.Р. Анатомия, физиология и патология органов слуха и речи: Учеб. для студ. высш. пед. учеб. заведений / Под ред. В.И. Селиверстова. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 224 с.
2. Центр речевых технологий | ЦРТ. URL: <http://www.speechpro.ru/> (дата обращения: 28.03.2012).
3. Шишкина А.Ф. Шумоподаватель в импульсных усилителях с инейной дельта-модуляцией // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: труды Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2 т. – Томск, 6–8 октября 2011 г.: Томский политехнический университет. Т.1. – Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. – 340 с. – С. 56–60.
4. Антипин А.Ф. Система автоматизированной разработки многомерных логических регуляторов с переменными в виде совокупности аргументов двужансной логики // Автоматизация в промышленности. 2011. № 3.

УДК 004.75

Тягунова М.Ю.¹

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА

Вычислительная сложность алгоритмов является существенным показателем эффективности разработанного подхода по сравнению с существующими. Поэтому, находя метод или алгоритм решения той или иной задачи, необходимо определить его вычислительную сложность.

В [1] детально описан гибридный алгоритм, реализующий гибридный метод диспетчеризации заданий в распределенных компьютерных системах. При этом, для оценки эффективности разработанного алгоритма, была поставлена задача определить его вычислительную сложность.

Решение поставленной задачи было найдено следующим образом.

Найдем зависимость времени работы разработанного гибридного алгоритма, реализующего гибридный метод, от числа заданий и числа компьютеров, участвующих при диспетчеризации. Для подтверждения правильности полученной вычислительной сложности, сравним теоретически рассчитанное время выполнения алгоритма с результатами времени работы гибридного алгоритма, полученными экспериментальным путем.

¹ к.т.н., доцент кафедры Компьютерных систем и сетей ЗНТУ

Теоретически рассчитанное время выполнения алгоритма найдем следующим образом. Для этого определим количество элементарных операций, приходящихся на каждый пункт алгоритма, а затем, в зависимости от хода алгоритма, сложим или перемножим их между собой. Умножение будем применять к тем пунктам, которые повторяются в цикле, на количество повторяемых циклов. Во всех остальных случаях применим сложение. При расчете будем учитывать наихудшие ситуации, определяющие вычислительную сложность пункта.

В результате было получено следующее выражение, определяющее теоретически рассчитанную вычислительную сложность алгоритма:

$$\begin{aligned} n \cdot \log n + m \cdot \log m + 3n + m/3 + 9 + (2 \cdot m + m/3 + 5n + 4) \cdot h + ((2n + \\ + 4m + 2m \cdot n - 2) \cdot m^d + 4n + 2) \cdot (k + 1) + (3n + 3m + 2m \cdot n + 2) \cdot m^d + \\ + 2n + 2m + 2m \cdot n + p + 1. \end{aligned} \quad (1)$$

Таким образом, теоретически рассчитанное время выполнения алгоритма порядка $O(m^{d+1} \cdot n)$. Параметр d – параметр точности метода – может быть установлен по желанию, но рекомендуемые значения один или два. Однако, его значение может варьироваться от единицы до n ($d = \overline{1, n}$). Оптимальное значение параметра, найденное экспериментальным путем, равно двум.

Проведенные исследования показали, что если изменить вычислительную сложность алгоритма с $O(m^3 \cdot n)$ на $O(m^2 \cdot n)$, точность полученных результатов уменьшится в среднем на 10 %. Такое изменение параметра d (с двух до одного) приемлемо в случаях, когда суммарная длительность заданий, рассчитанная по наиболее мощному компьютеру и разделенная на число используемых компьютеров, меньше рассчитанного теоретическим путем времени.

Сравнивая время работы алгоритма, замеренное экспериментальным путем, с теоретически вычисленным временем работы алгоритма, значение, полученное при помощи выражения (1), было поделено на 8 300 000. Результаты сравнения экспериментальной и теоретической оценки времени выполнения алгоритма сравнивались в виде графиков. При этом была построена зависимость времени выполнения алгоритма от количества заданий при константном числе компьютеров, равном пяти, и от количества компьютеров при постоянном числе заданий, равном 200.

На графиках кривые, отображающие теоретически рассчитанное и полученное практическим путем время, почти совпали.

Таким образом, проведенные исследования показали, что теоретически рассчитанное и полученное практическим путем время выполнения гибридного алгоритма почти совпали, что указывает на достоверность теоретически полученной оценки вычислительной сложности алгоритма.

Список литературы

1. Юрич М.Ю. Гибридный алгоритм распределения задач в вычислительной системе / М.Ю. Юрич // Сборник научных трудов Донецкого национального технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника. – 2010. – Выпуск 12 (165). – С. 66–72.

УДК 004.732.52, 004.023, 004.822

Тягунов Д.В.¹

АЛГОРИТМ ПОИСКА НЕЧЕТКИХ ДУБЛИКАТОВ ТЕКСТОВ В ЗАДАЧАХ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОИСКОВЫХ ЗАПРОСОВ

Семантический анализ поисковых запросов – один из главных вопросов при решении задачи выдачи релевантных результатов пользователю в рамках семантического Web (направление развития Всемирной паутины, целью которого является представление информации в виде, пригодном для машинной обработки [1]). Главным недостатком семантического анализа является низкая скорость работы и большое потребление вычислительных ресурсов особенно в случаях, когда количество таких запросов исчисляется тысячами и десятками тысяч в секунду.

Для систем, где, во-первых, список возможных поисковых запросов заранее известен, а, во-вторых, критична скорость обработки запросов, предлагается использовать алгоритмы поиска нечетких дубликатов текстов, в качестве замены полному семантическому анализу пользовательского запроса. Для проведения экспериментов и практической реализации предложено использовать алгоритм шинглов [2].

Данный алгоритм на основании обработки двух текстов позволяет определить, являются ли они почти дубликатами. Реализация алгоритма подразумевает несколько этапов [3]: канонизация текстов, разбиение текста на шинглы, нахождение контрольных сумм, поиск одинаковых подпоследовательностей.

На этапе канонизации происходит очистка текстов от не несущих смысла элементов (знаков препинания, предлогов и т.п.); на этапе разбиения на шинглы оба текста разбиваются на подпоследовательности определенной длины, причем разбиение происходит не встык, а внахлест; на этапе

¹ аспирант кафедры Компьютерных систем и сетей ЗНТУ

нахождения контрольных сумм для каждого из шинглов рассчитывается несколько контрольных сумм на основании общепринятых алгоритмов (CRC32, MD5, SHA1); на заключительном этапе производится поиск подпоследовательностей, имеющих одинаковые контрольные суммы, на основании чего делается вывод о схожести или несхожести двух текстов.

Суть предложенного алгоритма заключается в формировании базы данных возможных пользовательских запросов (эталонных запросов) и расчета их контрольных сумм на основе алгоритма шинглов. При поступлении в систему пользовательского запроса для него так же проводится расчет контрольных сумм, после чего выполняется запрос к базе данных для ответа на вопрос «на какой из эталонов больше всего похож данный запрос?». В зависимости от результатов запроса к базе система может формировать дальнейшую логику своей работы: например, при нахождении совпадения, формировать релевантный ответ на пользовательский запрос, а при отсутствии совпадения проводить полный семантический анализ.

При поступлении поискового запроса от пользователя с целью поиска «похожих» на него эталонов система может определить смысл запроса, не проводя трудоемкие задачи семантического анализа поискового запроса; извлечения контекстно-зависимых лексических единиц; поиска латентных связей для классификации поискового запроса. Если же система не может сделать однозначный вывод о том, что ищет пользователь, она предлагает выбрать ему запрос из списка «наиболее похожих» эталонных запросов или же уточнить поисковый запрос.

При выборе пользователем одного из эталонных запросов его первоначальный запрос проходит процедуру проверки и исправления орфографических ошибок и заносится в базу как эталонный.

Проведенные исследования показали, что предложенный подход позволяет системе поиска быть адаптируемой и самообучаемой, что положительно влияет на увеличение скорости обработки пользовательских запросов при последующих обращениях к ней и снижает нагрузку на аппаратное обеспечение системы.

Список литературы

1. Семантическая паутина [Электронный ресурс] / Материал из Википедии – свободной энциклопедии // Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Семантическая_паутина
2. Сравнительный анализ методов определения нечетких дубликатов для Web-документов [Электронный ресурс] / Зеленков Ю.Г, Сегалович И.В. // http://rcdl2007.pereslavl.ru/papers/paper_65_v1.pdf
3. Python: Алгоритм Шинглов – поиск нечетких дубликатов текста [Электронный ресурс] / Родненко Виталий // Режим доступа: <http://www.codeisart.ru/python-shingles-algorithm/>.

ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ НЕЙРОКОНТРОЛЕРА ДЛЯ ПІДСИСТЕМИ КЛІМАТ КОНТРОЛЮ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БУДИНКУ

Вступ. На сьогоднішній день є багато проектних рішень інтелектуального будинку та його компонентів, створенні та реалізовані різноманітні систем для контролю побутової техніки за допомогою мережі Інтернет та мобільного зв'язку. Для проектування інтелектуальних будинків застосовують блочно-ієрархічний підхід. В даному випадку можна виокремити наступні рівні автоматизованого проектування інтелектуального міста: інтелектуальне місто; інтелектуальний будинок; підсистеми інтелектуального будинку (водозабезпечення, газозабезпечення, клімат контролю тощо); складові підсистеми (давачі, контролери та інші).

Для аналізу роботи цієї системи та підсистеми на системному рівні автоматизованого проектування використано моделі на основі мереж Петрі [1–3].

Особливості розробленої підсистеми клімат контролю

В якості прикладу візьмемо 2-кімнатну квартиру. Припустимо, що квартира складається з наступних приміщень: 1-а кімната; 2-а кімната; кухня; ванна кімната; гардероб(коридор). Кожне приміщення містить певний набір давачів з різною функціональністю і сферою застосування.

Підсистема має містити давачі та виконуючі пристрої: обігрівач, кондиціонер, давач температури, давач вологості, витяжка, нейроконтролер.

Для підсистеми клімат контролю розроблено наступні сценарії роботи. При спрацюванні давача температури (занизька температура) необхідно включити обігрівач. При спрацюванні давача вологості необхідно включити кондиціонер/витяжку для провітрювання приміщення.

Структура нейроконтролера управління підсистемою клімат контролю на базі мікроконтролерів сімейства Arduino

Нейроконтроллер, використовує нейронну мережу багатoshарового Парцептрона для керування підсистемою кліматконтролю в кімнаті. Для контролю в інших приміщення запропоновано використовувати аналогічні проектні рішення. Нейроконтролер виконує вкладену логіку керування пристроями в залежності від отриманих сигналів від давачів.

¹ Кафедра САПР, ІКІНІ, Національний університет «Львівська політехніка»

² Коледж електронних приладів, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Згідно з гігієнічними вимогами до мікроклімату житла [4] температура в приміщенні повинна бути в межах 18–22°C, а вологість в межах 30–60%. Тому при будь-якому відхиленні від зони комфорту необхідно коригувати мікроклімат у кімнаті.

Програма емалює просту мережу багат шарового Парсептрона, яка містить 3 шари з 12 нейронами в сумі. Мережа має 2 вхідні нейрони і 3 вихідні нейрони. Кількість шарів і нейронів у шарах визначалась експериментально так, щоб після навчання похибка результатів була прийнятною. Найкращим отриманим варіантом є мережа з одним внутрішнім шаром на 4 нейрони. Також необхідно 2 балансуєчі нейрони.

Апаратна реалізація нейроконтролера

Апаратна реалізація система містить в собі мікроконтролер, давач температури і вологості DT11, 3 світлодіоди і обмежуючі резистори. У мікроконтролері використовуються 4-ри порти для роботи з зовнішньою схемою. Крім того в мікроконтролері використовують розроблене програмне забезпечення.

Висновки

В роботі розроблено структуру та програмне забезпечення нейроеконтролера, яке ґрунтується на моделі штучної нейронної мережі типу багат шарового перцептрона. Реалізовано нейроконтролер на основі мікроконтролера Arduino.

Список літератури

1. Теслюк В.М., Денисюк П.Ю. Автоматизація проектування мікроелектромеханічних систем на компонентному рівні: Монографія. – Львів: В-во Львівської політехніки, 2011. – 192 с.
2. П.Ю. Денисюк, В.М. Теслюк, М.Є. Перейма, В.І. Олексин Модель для аналізу МЕМС з використанням теорії функціональних мереж Петрі. Технічні вісті: Науково-публіцистичний часопис «Львівська політехніка». Львів: В-во Львівської політехніки. – 2011/ 1(33), 2(34) – С. 94–95.
3. Денисюк П.Ю., Теслюк В.М., Перейма М.Є., Теслюк Т.В. Використання ієрархічних мереж Петрі для моделювання МЕМС // 36. наук.-техн. праць: Науковий вісник НЛТУ України. Вип. 21.17 – Львів : НЛТУ України, 2011. – С. 340–343.
4. Гололобов В.Н. «Умный дом» своими руками. – М.: NT Press, 2007. – 416 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРИ УСКЛАДНЕННІ АПРОКСИМУЮЧОЇ ФУНКЦІЇ В ЗАДАЧАХ НАБЛИЖЕННЯ ІЗ ЗАДАНОЮ ТОЧНІСТЮ

Задачам апроксимації таблично-заданих функцій присвячено достатньо велика кількість праць. При цьому важливе значення має вибір критерія оцінки якості апроксимації. На сьогоднішній день найбільшого поширення набули критерій мінімізації середньоквадратичного відхилення та критерій мінімізації максимального відхилення (модуля максимального відхилення) [1].

Для більш складніших задач застосування даного підходу пов'язане зі значними обчислювальними труднощами, великими похибками заокруглень. Тому метою даної праці є дослідження обчислювальних особливостей задачі апроксимації таблично-заданої функції методами аналізу інтервальних даних [2].

Доцільним є розробка нового методу побудови апроксимуючої функції, із застосуванням аналізу інтервальних даних, за двома критеріями: мінімізації складності апроксимуючої функції та забезпечення гарантованої точності у вузлах.

Розглянемо випадок задання таблично заданої функції $z(\vec{x})$ у вигляді:

$$\vec{x}_i \longrightarrow z_i, i = 1, \dots, N,$$

де \vec{x}_i – вектор значень аргументів таблично-заданої функції для фіксованого вузла; z_i – значення функції у вузлі.

Суть запропонованого методу полягає у початковому виборі деякої множини вузлів і побудові, на цій множині вузлів, функції

$$\tilde{z}(\vec{x}_i) = \vec{\varphi}^T(\vec{x}_i) \cdot \vec{\beta}, i = 1, \dots, N,$$

де $\vec{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_m)^T$ – вектор невідомих параметрів функції; – вектор відомих базисних функцій, яка з гарантованою точністю ξ_i апроксимує значення таблично-заданої функції $z(\vec{x}) : \vec{x}_i \longrightarrow z_i, \forall i = 1, \dots, N$, у вузлових точках.

¹аспірант кафедри КН, Тернопільського національного економічного університету

Якщо отримана функція не забезпечує заданої точності в межах усіх вузлів, то ускладнюємо апроксимуючу функцію і оцінюємо її параметри на цій же вибірці вузлових точок із доданою до неї ще однією точкою, в якій встановлена максимальна розбіжність $\delta(\bar{x}_i)$ між інтервальними значеннями апроксимуючої $[\tilde{z}(\bar{x}_i)]$ та таблично-заданої $[z_i - \xi_i; z_i + \xi_i] = [z_i^-; z_i^+]$ функцій. Апроксимуючу функцію ускладнюємо до тих пір, поки точність апроксимації у всіх вузлових точках не досягне заданої. Розроблені метод та схема було використано при розв'язуванні задачі апроксимації функції розподілу поля концентрацій шкідливих викидів.

В результаті досліджень, вище описана схема методу за умов вільного вибору поліному, без збільшення його степеня, але з додаванням будь якого члена, не забезпечує монотонного наближення до оптимального розв'язку (табл. 1). А при збільшенні степеня апроксимуючого поліному забезпечує монотонне наближення до оптимального розв'язку, оскільки досягнуто значення показника відхилень $\delta(\bar{x}_i) = 0$ (табл. 2).

Таблиця 1. Значення показника відхилень при додаванні до полінома будь якого члена

Поліном 3-го степеня		Поліном 4-го степеня	
5.8284	0.5100	2.4123	2.4539

Таблиця 2. Значення показника відхилень при збільшенні степеня полінома

Поліном 3-го степеня	Поліном 4-го степеня	Поліном 5-го степеня
5.8284	2.4539	0

Висновок

Застосовуючи інтервальний аналіз в задачах апроксимації таблично-заданих функцій, було розроблено новий метод синтезу апроксимуючої функції для наближення таблично-заданої функції із заданою точністю у вузлах, який на відміну від існуючих забезпечує знаходження загального вигляду апроксимуючої функції, яка забезпечує задану, причому різну на множині всіх вузлових точках, точність апроксимації.

Список літератури

1. Богачев К.Ю. Практикум на ЭВМ. Методы приближения функций. – М., 1998 – 129 с.
2. Дивак М. П. Задачі математичного моделювання статичних систем з інтервальними даними. – Тернопіль: Видавництво ТНЕУ «Економічна думка», 2011. – 216 с.

МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ДИСПЕТЧЕРА НЕФТЕПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Разработанный метод интеллектуальной поддержки диспетчера нефтепроводных систем (НС) состоит из: методики мониторинга осложнений технологических режимов (ТР) транспортирования нефти и отказов технологического оборудования резервуарных парков ОАО «Укртранс-нефть», комплекса информационных моделей в виде динамических мнемосхем и программного комплекса, реализующего методику.

Излагаемая методика является обобщением известных работ [1; 2] и учитывает особенности НС и резервуарных парков ОАО «Укртранс-нефть». Для формального описания значений технологических параметров на трассе нефтепроводов используются генетические алгоритмы. Каждому участку трассы между замерными пунктами поставлен в соответствие геном $\{W, D, U, A, L\}$, состоящий из пяти генов: W – скопления воды; A – газовые скопления; D – смолопарафиновые отложения; U – неподвижные объекты; L – утечки. Выполнение шагов методики, обеспечивает получение пяти решений, каждое из которых имеет свое максимальное значение функции пригодности $\text{fit}(\&S_{\max} |\{Gi\})$ в группе $\{W\}$, $\{A\}$, $\{D\}$, $\{L\}$, $\{U\}$, чем уточняются локальные максимумы функций пригодности по доминантному геному $\{Gi\}$.

Нормированные значения этих функций определяет вероятность адекватности интерпретации результатов диагностирования ТР. Окончательное решение (выбор варианта из предложенных альтернатив) принимает диспетчер. Сохранение в базе знаний хромосом (результатов предыдущих диагностирований), обеспечивает обучение системы мониторинга.

Для распознавания отказов оборудования, с использованием данных, поступающих с датчиков резервуарного парка, используется сеть Хопфилда. Набор входных сигналов от датчиков резервуарного парка описан вектором $x = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}^T$ с компонентами, принимающими двоичные значения. Для выявления случаев нарушений ТР были составлены описания (типовые карточки) ситуаций. Каждое новое состояние сравнивается с образцами. При их совпадении фиксируются его порядковый номер и время регистрации. Новая ситуация автоматически запоминается и с привлечением внимания оператора (с использованием кодирования цве-

¹ доц. каф. программных средств ЗНТУ

² студентка каф. программных средств ЗНТУ

том и частотой мельканий) предъявляется на экране монитора. Оператор, ознакомившись с ситуацией, дает ей название и заносит в каталог типовых ситуаций как новый прецедент.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

– разработана методика, позволяющая повысить эффективность оперативного принятия решений в различных ситуациях на основе раннего обнаружения осложнений ТР и обоснования методов принятия управленческих решений путем применения разработанных алгоритмов оперативной диагностики для каждого типа осложнения;

– разработана программная система АСУТП «Укртранснефть», позволяющая повысить эффективность и надежность работы диспетчера за счет исключения ошибок в принятии решений, снижения напряженности его работы посредством интеллектуальной поддержки его деятельности и разработанным информационным моделям. Программный модуль, реализующий сеть Хопфилда, позволяет распознавать типовые и не типовые сочетания переменных, характеризующих текущее состояние технологического процесса даже при некорректных сигналах с датчиков (например, в случае их неисправности).

Список литературы

1. Кенжебаева Ж.Е. Разработка методов и моделей оперативного управления сложными технологическими объектами на примере добычи и транспортировки нефти. Диссертация канд. техн. наук: 05.13.01/ Ж.Е. Кенжебаева. – Алматы: Казахский нац. техн. ун-т., 2010. – 215 с.

2. Токарев Д.В. Мониторинг отказов технологического оборудования резервуарных парков на основе нейросетевых технологий / Д.В. Токарев, Ю.И. Зозуля, Н.М. Зиятдинова // НТЖ. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2008. – № 4. – С. 29–33.

УДК 519.816

Миронова Н.О.¹, Дубровин В.И.²

МЕТОД СИНТЕЗА МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ ГРУППОВЫХ РЕШЕНИЙ

В настоящее время задачи принятия групповых решений (ПГР) характеризуются возрастающей сложностью: увеличением количества объектов сравнения (критериев относительно подкритериев, критериев для

¹ ассистент кафедры программных средств ЗНТУ

² к.т.н., профессор кафедры программных средств ЗНТУ

оценки альтернатив и т.д.); учетом зависимости объектов (необходимость построения иерархической или сетевой модели); а также необходимостью улучшения качества и точности обработки экспертных данных (получение согласованных оценок экспертов) [1].

Существующие методы ПГР ограничены для решения задач сложной структуры, характеризующихся большим количеством сравниваемых объектов в условиях неопределенности.

Модификации методов анализа иерархий (МАИ) [2] позволяют решать задачи принятия решений сложной иерархической или сетевой структуры большой размерности в условиях неопределенности. Однако данные модификации направлены на решение одной определенной задачи: построение задач сложной структуры, сравнение большого количества объектов, учет неопределенности, поддержка ПГР и др.

Внутреннее строение модификаций МАИ, входные и выходные данные алгоритмов (блоков) внутри методов предоставляют возможность их комбинировать и объединять в единый новый метод. Поэтому актуальной задачей является разработка новых и модификация существующих методов ПГР, что позволит усовершенствовать структуру базы моделей групповых систем поддержки принятия решений (ГСППР) и расширить возможности ГСППР для решения практических задач группового выбора в условиях неопределенности.

Целью работы является разработка метода синтеза моделей ПГР, который позволит синтезировать метод ПГР для решения многокритериальных иерархических задач большой размерности в условиях неопределенности с учетом несогласованности экспертных суждений.

Предлагаемый метод синтеза моделей принятия групповых решений состоит из следующих этапов [1–2]:

Этап 1. Анализ методов ПГР, выявление недостатков и преимуществ методов, выявление ограничений на применение.

Этап 2. Выявление системы классификационных признаков методов ПГР:

$$CL_P = \{TSP, TH, M, \theta, WPO, \xi, OA\}.$$

Этап 3. Формализация постановки задачи синтеза (выделение необходимых классификационных признаков из множества признаков).

Этап 4. Построение классификационной матрицы. Декомпозиция методов на блоки. Далее составление таблицы описания существующих модификаций МАИ с учетом выделенных признаков для выявления наилучших методов блоков для синтеза метода.

Етап 5. Визначення та формалізація вимог до методу ППР. Визначення правила вибору блоків методу.

Етап 6. Визначення необхідних вимог та обмежень. Визначення вектора вимог до нового методу.

Етап 7. Отримання нового методу з необхідними характеристиками та новими функціональними можливостями.

Таким чином, у роботі розв'язана актуальна задача в області підтримки ППР, яка полягає у розробці методу синтезу моделей ППР, який враховує сучасні вимоги до задач ППР, використовує комбінаторний метод для побудови множини можливих варіантів реалізації, і може бути використаний для синтезу нових методів ППР.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що отримано подальше розвиток методу системного синтезу проблемно- та об'єктно-орієнтованих методів прийняття рішень для підтримки задач групового вибору, який дозволяє синтезувати новий метод ППР.

Список литературы

1. Олейников, С. П. Системный синтез иерархических методов принятия решений [Текст]: автореф. дис. канд. техн наук: 05.13.01 / Олейников Сергей Петрович; Волгоградский государственный технический университет. – В., 2010. – 24 с.

2. Миронова, Н. А. Интеграция модификаций метода анализа иерархии для систем поддержки принятия групповых решений [Текст] / Н. А. Миронова // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2011. – №2. – С.47–54.

УДК 004.89:330.4:658

Льовкін В.М.¹

МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Обіг фінансового капіталу безпосередньо пов'язаний з функціонуванням реального капіталу, тобто портфельні інвестиції безпосередньо пов'язані з реальними, що обумовлює необхідність одночасного управління інвестиціями в проекти та портфелі і зокрема визначає важливість прийняття рішень про розподілення інвестиційних ресурсів між реальними інвестиціями та інвестиціями у портфелі цінних паперів. Однак існуючі постановки задач і відповідні їм методи прийняття інвестиційних рішень не дозволяють розподіляти кошти між реальними та портфельними інвестиціями і відповідно одночасно управляти ними. *Актуальність про-*

¹ аспірант кафедри програмних засобів ЗНТУ

блеми прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності полягає в тому, що розв'язання даної задачі дозволить обирати напрями інвестування коштів за їх ефективністю, порівнюючи запропоновані реальні та портфельні інвестиції.

Представлено математичну постановку задачі прийняття рішень при управлінні інвестиціями [1], яка полягає в розподілі наявних інвестиційних ресурсів між реальними інвестиціями та портфелями цінних паперів таким чином, що вкладання коштів у кожен з напрямів реального інвестування відбувається у випадку, якщо інвестування коштів, необхідних для реалізації відповідного інвестиційного проекту, на період часу, необхідний для його виконання, призводить до отримання більшого прибутку при неперевищенні максимально допустимого рівня ризику за інвестування рівного обсягу коштів у портфель цінних паперів на рівний проміжок часу, і відбувається у портфель цінних паперів у протилежному випадку.

Задача прийняття рішень при управлінні інвестиціями є задачею динамічного програмування, а тому передбачає виконання багатоетапних операцій, тобто знаходження розв'язання загальної задачі включає декілька етапів, на кожному з яких визначається розв'язання деякої часткової задачі, обумовленої вихідною.

Представлено математичні постановки локальних задач, необхідних для розв'язання загальної задачі: задачі прогнозування ризику неуспішності реального інвестування, задачі прогнозування відхилення фактичних результатів реального інвестування від запланованих та задачі прийняття рішень при управлінні інвестиційним портфелем. Для їх розв'язання використано відповідно метод прогнозування ризику неуспішності реального інвестування [2], метод прогнозування відхилення фактичних результатів реального інвестування від запланованих [3] і модифікований метод управління інвестиційним портфелем на основі D-оцінок Руссмана [4].

Для розв'язання представленої задачі прийняття рішень при управлінні інвестиціями запропоновано метод прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності, який визначає зокрема процедуру попереднього відбору реальних інвестицій серед набору наявних напрямів на основі прийняття групових рішень, процедури моніторингу поточного стану виконаних інвестицій, процедуру прийняття рішень щодо використання тимчасово вільних коштів.

У даній роботі представлено математичні постановки задачі прийняття рішень при управлінні інвестиціями, яка дозволяє розподіляти кошти між реальними та портфельними інвестиціями, і обумовлених нею локальних задач та метод прийняття інвестиційних рішень в умовах не-

визначеності, який дозволяє розв'язати поставлену задачу і визначає процедури підтримки прийняття групових рішень на всіх етапах процесу управління.

Список літератури

1. Льовкін, В.М. Прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності [Текст] / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін // Системи обробки інформації. – 2012. – № 2 (100). – С. 264–270.
2. Дубровін, В.І. Метод прогнозування ризику неуспішності проектів на стадії передпроектного планування [Текст] / В.І. Дубровін, В.М. Льовкін // Праці Одеського політехнічного університету. – 2011. – №1 (35). – С. 106–111.
3. Льовкін, В.М. Прогнозування фактичних результатів проекту на стадії передпроектного планування [Текст] / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін, В.Ф. Оніщенко // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2011. – №1 (24). – С. 44–51.
4. Льовкін, В.М. Формування інвестиційного портфеля в умовах нестабільного фондового ринку [Текст] / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – 2011. – № 51. – С. 145–149.

УДК 004.9

Козак О.Л.¹

ОПРАЦЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО СИГНАЛУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЕЛЕКТРО-ФІЗІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГОРТАННОГО НЕРВА

Однією з проблем, що виникає при проведенні хірургічних операцій на щитоподібній залозі та в області ший – є виявлення гортанних нервів та уникнення їх пошкодження, яке призводить до втрати пацієнтом голосу, а також до інших негативних наслідків, пов'язаних з функціонуванням дихальної системи людини. Для вирішення цієї проблеми у праці [1] запропоновано спосіб електро-фізіологічної ідентифікації гортанних нервів з інших тканин хірургічної рани. В основу способу поставлено підвищення точності виявлення та візуалізації місцезнаходження гортанного нерва в хірургічній рані, підвищення достовірності його ідентифікації.

При застосуванні електро-фізіологічного способу ідентифікації гортанних нервів подразнюються тканини в хірургічній рані змінним струмом фіксованої частоти, при якій забезпечується мала провідність електричного сигналу м'язовими тканинами і висока провідність електричного сигналу гортанним нервом та м'язами, які керують натягом голо-

¹к.т.н., доц. каф. КН Тернопільський національний економічний університет

сових зв'язок. Далі звуковим сенсором, встановленим у дихальній трубці, реєструється сигнал утворений в результаті скорочення голосових зв'язок. Вихідний інформаційний сигнал, який характеризує наближеність до гортанного нерва, визначають за зміною амплітуди зафіксованого сигналу в діапазоні частоти подразнення.

Методика визначення розміщення гортанного нерва складається з кількох основних кроків: подразнення тканин хірургічної рани електричним струмом; реєстрація фізіологічної реакції голосових зв'язок, у вигляді інформаційного сигналу; аналіз отриманого сигналу; візуалізація розміщення гортанного нерва.

Запропоноване в праці [2] технічне та програмне забезпечення, яке дозволяє визначити область для безпечного хірургічного втручання і знизити ризик пошкодження гортанного нерва потребує удосконалення програмної частини з метою автоматизації робіт при вивченні особливостей застосування методу ідентифікації гортанного нерва.

Перш за все, при проведенні досліджень характеристик отриманого сигналу потребує удосконалення спосіб збору та зберігання інформації про пацієнта (прізвище та ім'я, вік, діагноз і т.д.), час та дату проведення операції, реєстрацію звукового сигналу отриманого під час спостереження та методи аналіз отриманого інформаційного сигналу, з метою виявлення реакції на подразнення гортанного нерва та інформування хірурга про наближення до небезпечної ділянки.

Реєстрація сигналу включає запис частин сигналу (для дослідження з помітками про область зондування, частоту збудження) в медіа форматі та характеристик сигналу, таких як амплітуда, потужність, частота та характеристик сигналу подразнення (частота, вид сигналу) в сховище даних. При ідентифікації сигналу, отриманого при проведенні ідентифікації гортанного нерва під час операції на щитоподібній залозі, спочатку фіксується частота та вид сигналу подразнення. Тривалість сигналу буде дуже великою, то діагностика розміщення гортанного нерва потребуватиме більшої затрати часу, що не припустимо в умовах проведення хірургічного втручання. Недостатня тривалість сигналу, не дозволить виділити істинні інформативні характеристики сигналу. При проведенні досліджень інформативних характеристик сигналу та їх зв'язок з областю подразнення, важливою є реєстрація інформації про область подразнення. На наступному кроці робиться запис медіа файлу фіксованої тривалості, який можна використовувати в подальшому для встановлення закономірностей та інформативних характеристик результуючого сигналу. Далі проводиться аналіз сигналу – виділення інформативних характери-

стик сигналу, які зберігаються в сховищі та які буде використано для візуалізації розміщення гортанного нерва.

У роботі проведено дослідження проблеми опрацювання інформаційного сигналу отриманого в результаті електро-фізіологічної ідентифікації гортанного нерва та запропоновано спосіб реєстрації та опрацювання інформаційного сигналу.

Список літератури

1. Патент України на корисну модель №51174. Спосіб ідентифікації гортанного нерва з інших тканин хірургічної рани при проведенні хірургічних операцій на щитовидній залозі / Дивак М.П., Шідловський В.О., Козак О.Л. – Зар. 12.07.2010. Опубл. 12.07.2010. – Бюл. №13.

2. Козак О.Л. Застосування методів допускового еліпсоїдного оцінювання параметрів інтервальних моделей для задачі візуалізації гортанного нерва / Козак О.Л., Дивак М.П., Пукас А.В. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Радіoeлектроніка та телекомунікації. – 2010. – № 680. – С. 196–205.

УДК 004.7:519.2

Кириченко Л.О.¹, Радивилова Т.А.², Кайали Э.³

УПРАВЛЕНИЕ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫМ ТРАФИКОМ В СЕТИ MPLS

В настоящее время эффективным решением задачи обеспечения качества обслуживания сетей является технология многопротокольной коммутации пакетов MPLS (Multiprotocol Label Switching Protocol) Управление трафиком на основе дифференцированного обслуживания в сетях MPLS обеспечивает масштабируемость сетей с несколькими классами обслуживания, резервирование ресурсов, отказоустойчивость и оптимизацию передачи ресурсов.

В настоящее время стало общепризнанным, что трафик в мультимедийных сетях обладает свойствами самоподобия. Самоподобный трафик имеет особую структуру, сохраняющуюся на многих масштабах – в реализации всегда присутствует некоторое количество очень больших выбросов при относительно небольшом среднем уровне трафика. Эти выбросы вызывают значительные задержки и потери пакетов, даже когда суммарная потребность всех потоков далека от максимально допустимых значений.

¹к.т.н, доц. каф. прикладной математики ХНУРЭ

²к.т.н, доц. каф. телекоммуникационных систем ХНУРЭ

³аспирант каф. прикладной математики ХНУРЭ

В последнее десятилетие интенсивно изучаются мультифрактальные свойства трафика [1]. Мультифрактальный трафик определяется как расширение самоподобного трафика за счет учета скейлинговых свойств статистических характеристик высших порядков. Авторами данной работы предложена математическая модель мультифрактального трафика, основанная на биномиальном мультипликативном стохастическом каскаде. Параметрами модели являются интенсивность трафика, показатель Херста H , $0,5 \leq H < 1$, который определяет степень долгосрочной зависимости и скейлинговая экспонента $\tau(q)$, определяющая неоднородность (выбросы) реализации. Использование модели позволяет в реальном времени прогнозировать длину очереди, возникающей в буфере узла сети MPLS, при прохождении через него мультифрактального трафика.

В архитектуре MPLS возможен выбор маршрутов на основе отдельных потоков, причем различные потоки, связывающие одну и ту же пару конечных точек, могут следовать по разным маршрутам. Кроме того, при возникновении перегрузки проложенные архитектурой MPLS маршруты могут быть изменены [2].

Протокол маршрутизации, основываясь на данных о состоянии каналов, вычисляет кратчайшие пути (маршруты наименьшей стоимости) между входным граничным маршрутизатором и всеми остальными. В данной работе рассмотрен алгоритм расчета стоимости маршрутизации с учетом самоподобной структуры трафика, что позволяет предупреждать перегрузку сети при пиковых выбросах трафика.

Протокол на уровне маршрутизации является стандартным протоколом маршрутизации (OSPF, BGP и др.) и изменяется с учетом информации о самоподобии трафика из канального уровня и расчетом стоимости для каждого канала. Стоимость канала выбрана такой, что если трафик является обычным пуассоновским потоком с показателем Херста $H = 0,5$, алгоритм маршрутизации не изменяется. Оценивание параметра Херста осуществляется с помощью дискретного вейвлет-преобразования, что позволяет работать в реальном времени.

Стоимости каналов обновляются в регулярные промежутки времени, чтобы отразить изменение самоподобных свойств потоков и рассчитываются по формуле $C = C_1 + 2(H - 0,5)C_2$, где C_1 равно количеству переходов, полученному алгоритмом поиска кратчайшего маршрута, C_2 выбирается администратором с учетом топологии сети. При значении $H = 0,5$ получаем первоначально найденную стоимость C_1 , а при максимальном значении $H = 1$ получается стоимость $C_1 + C_2$ с максимальным

значением 65535. После расчета стоимости всех каналов, объявление о состоянии канала рассылается между маршрутизаторами.

Использование предложенных метода и модели трафика позволяют проводить имитационное моделирование функционирования телекоммуникационной сети для оптимизации сетевых ресурсов.

Список литературы

1. Шелухин О. И. Мультифракталы. Инфокоммуникационные приложения приложения / О. И. Шелухин . М.: Горячая Линия – Телеком, 2011. – 578 с.
2. Pathak A. Latency Inflation with MPLS-based Traffic Engineering / A. Pathak, M.Zhang, Y. C. Hu, R. Mahajan, D.Maltz // IMC'11, Berlin, Germany. 2011.

УДК 004.627: 004.272.26

Скрупский С.Ю.¹

МОДИФИКАЦИЯ БЛОЧНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ В ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ

Для устранения интеркадровой избыточности видеоинформации в современных системах сжатия применяется оценка движения (ОД) блоков кадров видеопоследовательности. Базовый блочный метод ОД [1] обладает высокой вычислительной сложностью, вследствие чего, его применение на видеоинформации в формате HDTV не позволяет сжимать такую видеоинформацию в реальном времени даже на распределенных компьютерных системах. В данной работе ставится задача разработать модификацию базового блочного метода ОД в видеопоследовательностях, обеспечивающую уменьшение времени сжатия.

Видеопоследовательности, сформированные анализатором видеоинформации для распределенных систем при помощи метода корреляционного анализа с динамической чувствительностью [2], ограничены одной сценой, характеризуются сильной корреляционной зависимостью между соседними кадрами и, как правило, короткие по продолжительности. «Скорость» движения блоков кадра между смежными кадрами в таких видеопоследовательностях изменяется незначительно. Поэтому начальное приближение для поиска векторов движения (ВД) для каждого блока кадра целесообразно выбрать в соответствии со значением функции «скорости» движения блоков в смежных кадрах видеопоследовательности (1). Затем, уточнить ВД по соседним блокам. Поскольку частота смены кадров в видеопоследовательности фиксирована, то значение «соро-

¹аспирант ЗНТУ

сти» движения блоков кадра между смежными кадрами можно вычислить следующим образом:

$$MS(C_n, C_k) = \sqrt{(C_n^x - C_k^x)^2 + (C_n^y - C_k^y)^2}, \quad (1)$$

где C_n^x, C_n^y – координаты x и y , соответственно, блока C_n на плоскости разбиения текущего кадра; C_k^x, C_k^y – координаты x и y , соответственно, блока C_k на плоскости разбиения восстановленного кадра.

Поскольку движение блоков кадров происходит с непостоянной скоростью, то предсказанное положение начального блока для поиска ВД может отличаться от реального положения блока, дающего лучший из возможных ВД, на величину отклонения найденного ВД от лучшего из возможных ВД, т.е. на межкадровое изменение «скорости» движения:

$$\Delta MS(C, C') = \sqrt{(C_x - C'_x)^2 + (C_y - C'_y)^2}, \quad (2)$$

где C'_x, C'_y – координаты x и y , соответственно, предсказанного блока; C_x, C_y – координаты x и y , соответственно, фактического блока, дающего лучший ВД.

Таким образом, модифицированный блочный метод заключается в том, что для первой пары кадров видеопоследовательности ОД блоков выполняется полным перебором в области фиксированного размера, который покрывает 128 пикселей около соответствующих блоков. Затем для каждого блока этих кадров видеопоследовательности вычисляется значение функции «скорости» движения $MS(C_n, C_k)$, предсказывающее соответствующий ВД для следующего кадра. Для каждого блока каждой следующей пары смежных кадров выполняется вычисление межкадрового изменения «скорости» движения $\Delta MS(C, C')$, а затем – поиск ВД на основе предсказанного ВД в окрестности $\Omega = \Delta MS(C, C')$.

Предложенный модифицированный блочный метод ОД, в отличие от базового метода, использует начальное приближение поиска и предсказываемое сокращение области поиска для каждого блока кадра. За счет этого кодеру необходимо выполнить значительно меньшее количество вычислений функции ОД, следовательно, затратить меньше времени на выполнение операции ОД по сравнению с базовым методом. Сравнение предложенного метода ОД с базовым по качеству сжатия и по времени сжатия видеопоследовательностей выполнено экспериментально на графическом процессоре (GPU). Предложенный метод сокращает время сжатия тестовой видеопоследовательности в формате HDTV на GPU относи-

тельно базового метода в середньому в 9,8 разів. При цьому – веде до деградації якості стиснення відеопослідовностей, яка в середньому становить 7,53 % відносно якості відеопослідовностей, стиснутих за допомогою базового методу ОД.

Список литературы

1. Гришин С.В. Обзор блочных методов оценки движения в цифровых видеосигналах / С.В. Гришин, Д.С. Ватолин, А.С. Лукин, С.Ю. Путилин, К.Н. Стрельников // Программные системы и инструменты. Тематический сборник №9. – 2008. – С. 50–62.

2. Скрупский С.Ю. Повышение эффективности сжатия видеoinформации в распределенных компьютерных системах / С.Ю. Скрупский // Электронное моделирование. – 2011, №6 (33). – С. 57–72.

УДК 621.391

Бойченко О.С.¹, Вороніков В.В.²

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ ЗА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИМ ПОКАЗНИКОМ ЯКОСТІ

Однією з найбільш актуальних тем у розвитку безпроводних інформаційно-комунікаційних мереж є використання й впровадження мережі MANET, mobile ad hoc networks.

У безпроводних інформаційно-комунікаційних мережах MANET немає різниці між хостами й маршрутизаторами за рахунок того, що кожен вузол може направляти пакети даних. Оскільки зв'язок між вузлами здійснюється по радіолініях, а вузли можуть бути як стаціонарні так і мобільні, то це призводить до швидких змін топології інформаційно-комунікаційної мережі на певному проміжку часу. Під час передачі даних між відповідними вузлами може змінюватись й маршрут, за яким передається відповідний пакет. Це зумовлює швидкий перерахунок маршруту й визначення оптимального маршруту за певними показниками, серед яких можуть виступати: кількість вузлів в маршруті, пропускна здатність каналу між вузлами, пропускна здатність вузла.

Тому питання визначення основних характеристик інформаційно-комунікаційної мережі має одне з найважливіших місць, а їх оптимізація

¹старший інженер навчально-лабораторного комплексу кафедри АСУ, Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова НАУ

²к.т.н., доц., доцент кафедри АСУ, Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова НАУ

визначає серед сукупності маршрутів один, який відповідає визначеним критеріям якості, що висуваються до інформаційно-комунікаційної мережі в цілому.

Для забезпечення необхідної якості обслуговування застосовується технологія визначення оптимального маршруту за багатокритеріальним показником якості, який має на меті обрання з сукупності маршрутів інформаційно-комунікаційної мережі лише одного, який забезпечує працездатність мережі.

Аналіз результатів свідчить про те, що застосування багатокритеріального показника якості маршруту надає змогу враховувати при визначенні оптимального маршруту передачі пакету даних не лише кількість вузлів у маршруті, але й такі показники, як пропускна здатність каналу між вузлами, пропускна здатність вузла інформаційно-комунікаційної мережі.

Список літератури

1. Слюсарь В.А. К вопросу об оценке некоторых критериев функционирования систем управления телекоммуникационными сетями // Наукові записки УНДІЗ. – Київ, 2007. – Вип. №1. – С. 20 – 24.
2. Романов О.І. Аналіз часу обробки повідомлень в системі управління телекомунікаційною мережею. / О. І. Романов, Є. В. М. М. Нестеренко, В. Б. Маньківський // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ «КПІ» № 1 – 2010, – С. 60–67.
3. Бойченко О. С. Методика знаходження основних характеристик перспективних автоматизованих систем управління підрозділів на базі бездротових інформаційно-комунікаційних мереж із динамічно-змінюваною топологією. / О. С. Бойченко, В. В. Воротніков, М. І. Сичевський // Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.1. – С. 366–372.

UDC 004.02

Shkarupylo V.V.¹

A BRIEF REVIEW ON MODEL CHECKING METHOD USAGE

Today the Software Engineering process can be significantly improved by Formal Methods usage [1]. In order to decrease testing costs and, at the same time, to guarantee that functional properties of Software System satisfy the requirements the Formal Verification can be performed. The way to do it in an automated manner is to use the Model Checking (MC) method: «MC as an exhaustive state space search» [2].

¹ PhD-student, ZNTU

The new trends and achievements in MC-domain were exhaustively analyzed and discussed at «MOD 2012» – International Summer School on Engineering Dependable Software Systems [3]. The topics, motivations and corresponding solutions are given in Table 1.

The corresponding theories and formalisms: CSP (Communicating Sequential Processes), Process Algebra, Timed Automata, LTL (Linear Temporal Logic), CTL (Computational Tree Logic), Buchi automaton, DTMC and CTMC (Discrete- and Continuous-time Markov Chains respectively)...

Table 1. The MC-inspired spheres

No	Topics	Motivations	The Solutions
1	«Model-based testing» (by E. Brinksma)	– to improve testing with formal «methods»;	– formal testing (implementation conformance checking);
2	«Requirements Engineering...» (by M. Broy)	– to specify the artifacts for «traceability» property satisfaction;	– the logical approach to artifacts contents representation;
3	«Abstraction, Refinement and Decomposition...» (by M. Butler)	– to refine formal models while preserving the consistency;	– Event-B formal method usage; – refinement checking + «gluing relations»;
4	«How to Verify Your Software?» (by E. Cohen)	– to verify not the algorithms but the code directly;	– use VCC – a verifier for concurrent C-programs [4];
5	«Families of Dependable Systems...» (by S. Gnesi)	– to specify and verify the variability among products;	– MHML as the base logic; – MC for MHML;
6	«Verifying Execution Traces» (by K. Havelund)	– to use Runtime Verification approach;	– AspectJ; – TraceMatches; – JavaMOP;
7	«Performance Analysis by MC» (by J-P. Katoen)	– to quantify system properties;	– LTL-inspired semantics; – DTMC and CTMC checking;
8	«Risk-driven Engineering...» (by A. van Lamsweerde)	– to achieve high-level goals basing on given constraints;	– a Model-based framework for probabilistic goals and obstacles capturing;
9	«Model-based Verification» (by K. Larsen)	– to find suboptimal solution;	– Timed Automata MC; – UPPAAL 4.0 tool for modeling and verification;
10	«Model-driven Engineering...» (by R. Paige)	– to do metamodeling and models transformation;	– UML Class Diagrams; – Epsilon MDE Toolset;
11	«Symbolic Execution...» (by C. Pasareanu)	– to perform programs analysis;	– Java PathFinder; – DART technique;
12	«Software Reliability Methods...» (by D. Peled)	– to verify the LTL-specification;	– shift to Buchi Automaton; – use Spin tool to automate the MC.

As a result, it is clear that Software Engineering process causes the plethora of problems to be solved, and, moreover, the Model Checking method is the live facility to solve these problems in an automated manner.

References

1. Grumberg O. 25 Years of Model Checking: History, Achievements, Perspectives / O. Grumberg, H. Veith. – Berlin.: Springer, 2008. – 231 p. – ISBN-10 3-540-69849-3.
2. Katoen J-P. Model Checking: One Can Do Much More Than You Think! / J-P. Katoen // Proceedings of the 4th IPM International Conference, FSEN 2011 (Tehran, Iran, April 20 – 22, 2011). – P. 1–14.
3. Engineering Dependable Software Systems [electronic resource]. – Access Mode : \www/ URL : <http://asimod.in.tum.de/>. – Screen title.
4. VCC Draft Manual [electronic resource]. – Режим доступа : \www/ URL : <http://vcc.codeplex.com/>. – Screen title.

УДК 681.3.07

Хандецький В.С.¹, Григор'єв В.М.², Хандецький П.В.³

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБМІНУ МАРШРУТНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ В ІЄРАРХІЧНИХ СТРУКТУРАХ OSPF-МЕРЕЖ

Технологія багатопроTOCOLьної комутації з використанням міток (MPLS) вважається сьогодні однією з найбільш перспективних транспортних технологій в комп'ютерних мережах. Ця технологія поєднує техніку віртуальних каналів з функціональністю стека TCP/IP. Об'єднання здійснюється за рахунок того, що один мережевий пристрій (LSR) виконує функції IP-маршрутизатора і комутатора віртуальних каналів [1]. В маршрутизаторах LSR необхідно заповнювати таблиці міток, які використовуються при маршрутизації пакетів по мережі MPLS. Для цього в кожному з вузлів мережі створюється база топологічної інформації о мережевих маршрутах. Разом з протоколами BGP-4, IS-IS для цієї мети використовується протокол маршрутизації за станом каналів OSPF. Він використовується найбільш часто [2].

В двохточчній мережі, чи мережі з зіркоподібною топологією суміжними становляться усі маршрутизатори. Але в мережі з чисельним доступом доцільно обрати назначений маршрутизатор DR і резервний

¹ докт. техн. наук, проф., зав. каф. ЕОМ ДНУ

² канд. техн. наук, доцент каф. ЕОМ ДНУ

³ інженер каф. ЕОМ ДНУ

назначений маршрутизатор BDR, а всі інші (підпорядковані) маршрутизатори установлюють відношення суміжності тільки з ними.

Розглянемо мережу, що містить 6 маршрутизаторів. Перший та другий маршрутизатори з'єднуються між собою, а також з третім і четвертим, використовуючи першу шину, третій і четвертий маршрутизатори з'єднуються між собою, а також з п'ятим і шостим, використовуючи другу шину. Розглянемо спочатку ситуацію, коли усі маршрутизатори є рівноправними, маршрутизатори DR і BDR не використовуються. При виникненні змін в мережі, наприклад, маршрутизатора 2, він передає оновлення по методу багатоадресної розсилки усім маршрутизаторам OSPF даної мережі (автономної системи AS). Вони, в свою чергу, транслюють за тим же методом одержане оновлення усім маршрутизаторам AS. У даному прикладі для передачі одного оновлення маршрутної інформації застосовується 8 багатоадресних пакетів. Припустимо, що четвертий маршрутизатор буде використовуватися як DR, а третій як BDR. В цьому випадку маршрутизатор 2 установлює відношення суміжності тільки з маршрутизаторами DR і BDR. Після виникнення змін у власній мережі маршрутизатор 2 виконує багатоадресну розсилку оновлення тільки маршрутизаторам DR і BDR. Потім маршрутизатор DR виконує багатоадресну розсилку оновлення в обидві підключені до нього мережі. При цьому об'єм даних, що передаються, скорочується до трьох пакетів.

Розширимо матричну топологію AS вправо на один стовпець. Таким чином, перший стовпець створюють маршрутизатори R1, R4, R7, між якими відповідно розташовані дві шини, другий – R2, R5, R8 і третій – R3, R6, R9. В даній мережі (AS) без маршрутизаторів DR і BDR для передачі одного оновлення маршрутної інформації, що виникло, наприклад, у власній мережі R3, знадобиться 12 багатоадресних пакетів. Якщо в якості маршрутизатора DR обрати один з R4, R5, R6, а BDR – відповідно один з двох, що залишилися, то знадобиться три багатоадресних пакета для передачі одного оновлення.

Здійснюючи збільшення кількості стовпців маршрутизаторів матричної топології автономної системи AS при збереженні кількості строк, одержимо результати, приведені нижче в табл. 1.

Як слідує з даних таблиці ефективність S збільшується лінійно із зростанням кількості маршрутизаторів в автономній OSPF системі: $S=0,44 \cdot n$.

Таблица 1. Эффективность обмѣну маршрутноу информациѣу

Кѣлькѣсть маршрутизаторѣв, n	Кѣлькѣсть багато-адресних пакетѣв AS без DR/BDR, p	Кѣлькѣсть багато-адресних пакетѣв в AS з DR/BDR, q	Ефективнѣсть, $S=p/q$
6	8	3	2,67
9	12	3	4,00
12	16	3	5,33
15	20	3	6,67
18	24	3	8,00
21	28	3	9,33

Список лѣтератури

1. Вивек Олвейн. Структура и реализация современной технологии MPLS. – М.: Вильямс, 2004. – 480 с.
2. Брайан Хилл. Полный справочник по Cisco. – М.: Вильямс, 2006. – 1088 с.

УДК 004.3

Баркалов А.А.¹, Мирошкин А.Н.², Зеленева И.Я.³, Перкин П.В.⁴

МОДИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ АДРЕСАЦИИ МИКРОКОМАНД В МИКРОПРОГРАММНОМ УСТРОЙСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ В БАЗИСЕ FPGA

Использование современных микросхем FPGA [1, 2], при проектировании цифровых устройств, позволяет получать многофункциональные, быстродействующие и надежные устройства. Стоимость изготовления и использования таких устройств зависит как от сложности решаемых ими задач, так и от их внутренней организации. Появление новых микросхем с архитектурой FPGA обуславливает актуальность разработки новых методов синтеза цифровых устройств, которые позволяли бы эффективно использовать особенности этих микросхем.

В работе рассматриваются новые методы синтеза композиционных микропрограммных устройств управления (КМУУ) [3], ориентированные на уменьшение аппаратных затрат в схеме устройства. КМУУ целесообразно использовать при интерпретации алгоритмов управления с долей операторных вершин 75 % и более [3].

¹ д.т.н., профессор университета Зеленогурского, г. Зеленая Гора, Польша;

² аспирант кафедры компьютерной инженерии ДонНТУ, Украина;

³ к.т.н., доцент кафедры компьютерной инженерии ДонНТУ, Украина;

⁴ магистрант кафедры компьютерной инженерии ДонНТУ, Украина.

Идея предлагаемого метода заключается в модификации системы адресации микрокоманд за счет использования кодов классов псевдоэквивалентных операторных линейных цепей (ПОЛЦ) [4] в качестве источника кодов для формирования адреса перехода между микрокомандами устройства. При этом предлагаются два подхода к размещению кода ПОЛЦ (рис. 1).

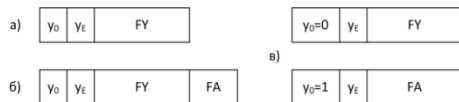


Рис. 1. Предлагаемые модификации формата микрокоманд

Первая модификация (рис. 1, б) заключается в добавлении поля с кодом ПОЛЦ к основному формату микрокоманд (рис. 1, а). Подход получил название «Расширение формата микрокоманд» и возможен при наличии незадействованных выходов блоков встроенной памяти микросхемы FPGA. Второй подход («Модификация ОЛЦ») заключается во введении специальных микрокоманд перехода (рис. 1, в) и возможен при наличии свободных ячеек в блоках встроенной памяти, однако требует дополнительные такты для интерпретации соответствующих дополнительных МК перехода. Для проведения исследований авторами разработан программный комплекс синтеза устройств управления, который также позволяет получать различную статистику по итогам синтеза. Некоторые результаты исследований приведены на рис. 2.

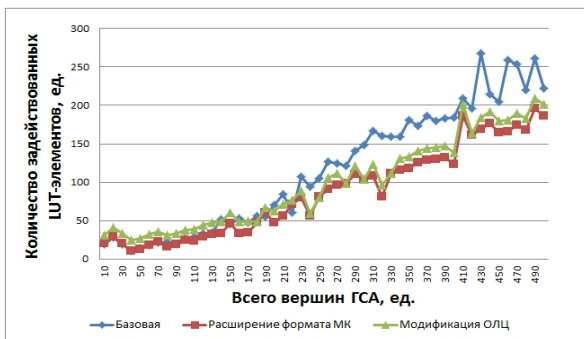


Рис. 2. Аппаратурные затраты для различных структур КМУУ в базисе Spartan6 при интерпретации ГСА с 80 % операторных вершин

Предложенные модификации системы адресации микрокоманд уменьшают количество аппаратурных затрат в схеме КМУУ в среднем на 26 %, а уменьшение при этом количества уровней в комбинационной ча-

сти устройства сокращает время формирования функций перехода в среднем в 2,5 раза. Исследования проводились для микросхем Spartan3, Spartan6 и Virtex6 фирмы Xilinx.

Список литературы

1. Spartan-6 Family Overview [Электронный ресурс] – Режим доступа: xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds160.pdf
2. 7 Series FPGAs Overview [Электронный ресурс] – Режим доступа: xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds180_7Series_Overview.pdf
3. Баркалов А.А. Синтез микропрограммных автоматов на заказных и программируемых СБИС / А.А. Баркалов, Л.А. Титаренко. – Донецк: ДонНТУ, Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2009. – 336 с.
4. Оптимизация схемы композиционного микропрограммного устройства управления с разделением кодов / А.А. Баркалов, Р.В. Мальчева, А.А. Красичков, Халед Баракат // Радиоэлектроника и информатика. – 2006. – №1. – С. 46–50.

УДК 671.771-3:658.52

Гусев Б.С.¹, Достлев Ю.С.², Краснокутский В.А.¹

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЕТО И ТЕПЛО ИЗЛУЧАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ

При проектировании систем автоматизации технологических процессов прокатного производства необходимо осуществлять измерение различных параметров проката: моментов времени прохождения слитка проката технологической зоны, скорости движения проката, геометрических размеров проката для определения количества слитков.

Для измерения параметров проката предлагается датчик на основе линейного фотоприемного устройства. Датчик предназначен для определения моментов времени прохождения слитков технологической зоны и количества слитков (раскатов) на рольганге. Для этого, с помощью фотодатчика, определяются моменты времени, в которые появляются передний и задний концы раската на линии измерения датчика, а также геометрические параметры раскатов.

Фотодатчик построен на базе фотодиодной ФУК1Л1, содержащей 512 линейно расположенных фотодиодов. Принцип работы фотодатчика основан на периодическом подсчете количества диодов, засвеченных излучением слитка. Управление фотодиодной осуществляется с помощью

¹ Канд. техн. наук, доцент, кафедра компьютерной инженерии, ДонНТУ

² Ст. преп., кафедра компьютерной инженерии, ДонНТУ

микроконтроллера ATmega. Фотолинейка периодически запускается на измерение. Временная диаграмма работы фотолинейки формируется контроллером с помощью таймеров. В каждом цикле измерения с выхода фотолинейки поступают 512 импульсов, соответствующие 512 фотодиодам, амплитуда которых зависит от уровня освещенности фотодиодов. Для формирования двухуровневого дискретного сигнала импульсы с выхода фотолинейки поступают на усилитель и компаратор. Импульсы, поступающие с компаратора, подсчитываются таймером микроконтроллера.

Программа микроконтроллера анализирует полученную информацию о количестве засвеченных диодов и определяет число слитков. Если количество слитков увеличивается или уменьшается, то выдаются импульсные выходные сигналы «передний фронт» или «задний фронт» соответственно. Длительность сигналов 100 мс.

Для подключения контрольных приборов для настройки параметров датчика, используется интерфейс RS-232.

Такой подход подсчета количества засвеченных диодов позволил обеспечить максимальное быстродействие работы датчика с фотолинейкой, что особенно важно при измерении величины скорости проката.

Количество засвеченных диодов, приходящихся на один слиток, зависит от многих факторов: места установки фотодатчика, угла линии визирования, температуры слитка, наличия затемненных областей слитка. Кроме того, условия эксплуатации изменяются и в некоторой мере зависят от внешних факторов периодического или случайного характера. В частности, от времени года изменяется температура подходящих раскатов, условия освещения и парообразования в месте измерений.

При установке фотодатчика на конкретном рабочем месте необходимо производить настройку его параметров и адаптацию алгоритма его работы к условиям работы. Одним из возможных путей решения данной проблемы является использование переносного персонального компьютера в качестве устройства настройки. С помощью статистических данных определяется среднее количество засвеченных диодов, приходящихся на один слиток, и на основе которого рассчитываются остальные параметры алгоритма распознавания количества слитков.

Однако в процессе эксплуатации изменяются условия, в которых работает датчик, это требует периодической подстройки параметров – адаптации параметров датчика к изменившимся условиям. Это можно осуществлять автоматически в режиме экспертной оценки параметров проката. Для исключения возможных ложных срабатываний датчика при возникновении темных, слабоизлучающих пятен на раскате применяются различные методы фильтрации сигналов фотолинейки.

Список литературы

1. Система автоматического контроля и учета проката на НЗС 900/700/500/ О. И. Демьяненко, А. А. Коринь, и др. // Металл и литье Украины. – 2004. – № 8–10. – С. 65–67.
2. Б. С. Гусев, О. Г. Шевченко, А. В. Молдованов, О. И. Демьяненко. Двухуровневая система повышенной надежности для автоматизации управления раскромом заготовок на прокатном стане // Материалы восьмого международного научно–практического семинара. Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы, Донецк–Таганрог, № 7, апрель 2007. – Стр. 87–95.

УДК 681.586.5

Щекотихин О.В.¹

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЕ ФОТОРЕЛЕ ДЛЯ СТАНОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Использование современных компьютерных сетей позволяет упростить и повысить надежность автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Однако для надежной и бесперебойной работы АСУ ТП необходимо наличие датчиков, сигнализирующих о различных ситуациях, происходящих в технологических процессах.

Отказ любого из датчиков вызывает аварийную ситуацию всего технологического комплекса. Одним из таких технологических процессов является прокатка горячего металла.

В настоящее время на станах горячей прокатки применяются линзовые фотореле. Однако из-за экстремальных условий эксплуатации вопрос надежного функционирования фотореле решен не полностью.

Анализ возможных путей решения данной задачи выявил два взаимоисключающих требования. Это уменьшение длины оптического канала с одной стороны и вынос линзовой оптики на значительное расстояние, с другой стороны.

Одним из перспективных направлений, позволяющих решить данную задачу, является использование вместо линзовых объективов волоконной оптики. Ее главные отличительные особенности при использовании как оптического канала – большой диапазон физических и механических перегрузок, нечувствительность к электромагнитным полям, отсутствие необходимости точного позиционирования на объект контроля из-за близкого расположения приемного торца световода к объекту, а также термо-, вибро- и ударостойкость.

¹ к.т.н., доцент каф. ЗИ ЗНТУ

Волоконно-оптические кабели (ВОК) могут легко встраиваться в стационарные узлы и подвижные детали, например, станины рольгангов, подвески валков и т.д.

Использование стандартных ВОК позволяет отказаться от расположения фотоприемника рядом с высокотемпературными объектами контроля и расположить его на большом расстоянии в удобном для эксплуатации месте, например, в машинном зале. Так как электрический канал заменен оптическим, не подверженным электромагнитным наводкам, ВОК можно располагать рядом с силовыми кабелями в кабельных тоннелях без использования методов борьбы с помехами от электромагнитных наводок.

Автором разработан и испытан в условиях эксплуатации стана горячей прокатки тонкого листа комбината «Запорожсталь» макет волоконнооптического фотореле с использованием стандартного ВОК с диаметром световедущей жилы 50 мкм длиной 500 метров и фотоприемника типа ФД252.

Макет показал высокую работоспособность и надежность. Планируется изготовление опытной партии волоконнооптических фотореле для металлургических заводов Украины.

УДК 681.5.015:629.7.05

Фирсов С.Н.¹

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АКТИВНОЙ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Прогресс в освоении космического пространства закономерно обуславливает повышение требований к функциональным возможностям спутников различного назначения и к эффективности их использования в космических миссиях. Дестабилизирующим фактором выполнения современных и перспективных требований при создании и эксплуатации спутниковых систем являются нештатные ситуации. Практика широкого использования пико-, нано- и микроспутников для решения научно-исследовательских и прикладных задач обусловила появление научно-технической проблемы расширения функциональных возможностей спутниковых систем для парирования нештатных ситуаций. Особенно уязвимой спутниковой системой к различным поломкам, неисправностям, сбо-

¹

ям и другим аномалиям, а, в общем, – отказам представляется система ориентации и стабилизации.

Мажоритарный принцип парирования нештатных ситуаций в условиях бортовых ограничений запасов энергии, массы, габаритов, с одной стороны, и повышения качества функционирования, с другой стороны, не позволяет в большинстве проектов для таких противоречивых требований находить эффективные компромиссные технические решения.

Поиски новых подходов к парированию нештатных ситуаций в настоящее время значительно сосредоточились в направлении дальнейшего совершенствования и расширения принципа управления по отклонению на нештатные ситуации. Такое развитие исследований привело к появлению нового класса систем с активной отказоустойчивостью, базирующейся на принципах диагностирования и восстановления функционального состояния объектов.

Структурные и аппаратные особенности систем ориентации и стабилизации, опыт их разработки и эксплуатации, современные тенденции и проекты приводят к ряду новых задач, как по формированию машинных диагностических моделей, диагностированию до парируемого вида отказа, так и восстановлению с помощью типовых избыточных ресурсов. Именно поэтому разработка моделей и методов, обеспечивающих расширение функциональных возможностей спутниковых систем ориентации и стабилизации путем активного парирования нештатных ситуаций, является актуальной научно-прикладной задачей.

Предлагается вариант решения – научно-прикладная задача разработки методов, обеспечивающих расширение функциональных возможностей спутниковых систем ориентации и стабилизации путем активного парирования нештатных ситуаций. При проведении исследований проведен анализ тенденций в практических разработках и теоретических исследованиях по расширению функциональных возможностей систем управления для парирования нештатных ситуаций. Установлены устойчивые и актуальные тенденции в расширении функциональных возможностей, заключающиеся в совершенствовании моделей, методов и средств активной отказоустойчивости систем управления спутниками. Сформирована концепция обеспечения активной отказоустойчивости спутниковых систем ориентации и стабилизации на всех этапах жизненного цикла. Концепция базируется на понятии обобщенного динамического объекта и его моделях, отражающих процессы развития нештатных ситуаций и парирования их последствий. Произведена систематизация известных инструментальных средств диагностирования, позволившая разработать модели и методы глубокого диагностирования функционального состояния обоб-

щенного динамического объекта с точностью до устранимого вида отказа. Модифицированы известные модели и методы гибкого восстановления работоспособности для обобщенного динамического объекта посредством управления по диагнозу такими избыточными средствами как сигнальная и параметрическая подстройки, реконфигурация алгоритмов и коммутация аппаратуры. Разработано для системы позиционирования управляющего момента двигателей-маховиков алгоритмическое обеспечение глубокого диагностирования и гибкого восстановления работоспособности, расширяющее функциональные возможности по парированию нештатных ситуаций. Разработан программный комплекс отладки модулей активной отказоустойчивости и произведена отработка и исследование алгоритмического обеспечения для системы позиционирования момента, доказавшие возможность расширения функциональных возможностей для парирования нештатных ситуаций. В реальном масштабе времени обеспечивается диагностирование и восстановление работоспособности за период 1,79 с, что составляет 20 % от времени переходного процесса системы. Разработан аппаратно-программный комплекс для отладки и исследования систем ориентации и стабилизации космических летательных аппаратов, на котором произведены успешные комплексные экспериментальные исследования активной отказоустойчивости ССОС с блоком двигателей-маховиков.

УДК 622.42

Лапко В.В.¹, Чередникова О. Ю.², Коцогуб Е.В.³

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДОБЫЧНЫХ УЧАСТКОВУГОЛЬНЫХ ШАХТ КАК ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Рост нагрузки на добычные участки и увеличение глубины добычи угля значительно повышают требования к качеству работы систем управления участками и, следовательно, к точности их математического описания как объектов управления. Поэтому разработка достоверных математических моделей регулируемых участков еще требует существенного их уточнения с учетом существующих в настоящее время горнотехнических условий. Особую актуальность имеет проблема разработки математических моделей, газодинамические параметры которых являются геометрическими, аэродинамическими и акустическими характеристиками сети участка.

¹ К.т.н., профессор, Донецкий национальный технический университет

² Ассистент, Донецкий национальный технический университет

³ Бакалавр, Донецкий национальный технический университет

Нестационарные газодинамические процессы, возникающие при изменении режима проветривания участка, рассматриваются как совокупность неустановившейся фильтрации утечек в выработанном пространстве и нестационарных процессов метановоздушной смеси в выработанном пространстве участка.

Ограничившись рассмотрением бинарной смеси воздух-метан и при разделении выработанного пространства на две зоны с существенно разными коэффициентами турбулентности, получим [1, 2]:

$$\begin{aligned} V_{\text{л}} \frac{dC_{\text{л}}}{dt} + Q_{\text{л}} C_{\text{л}} &= Q_{\text{нл}}, & V_{\text{виш}} \frac{dC}{dt} + QC &= Q_{\text{м}}, \\ V_{\text{с1}} \frac{dC_{\text{с1}}}{dt} + Q_{\text{ым1}} C_{\text{с1}} &= Q_{\text{мсп1}}, & V_{\text{с2}} \frac{dC_{\text{с2}}}{dt} + Q_{\text{ым2}} C_{\text{с2}} &= Q_{\text{мсп2}}, \\ Q_{\text{м}} &= Q_{\text{л}} C_{\text{л}} + Q_{\text{ым1}} C_{\text{с1}} + Q_{\text{ым2}} C_{\text{с2}}, & Q_{\text{л}} &= Q - Q_{\text{ым1}} - Q_{\text{ым2}}, \\ Q_{\text{ым1}} &= \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{n_1} Q_{0\text{ым1}}, & Q_{\text{ым2}} &= \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{n_2} Q_{0\text{ым2}}, \end{aligned}$$

где $Q_{\text{л}}$, $Q_{\text{нл}}$ – соответственно объемный расход воздуха в лаве и суммарный дебит метана из груди забоя разрабатываемого пласта; $Q_{\text{ым1}}$, $Q_{\text{ым2}}$ – расход воздуха в утечках через выработанное пространство; $V_{\text{л}}$, $V_{\text{виш}}$ – соответственно объем лавы и вентиляционного штрека; $C_{\text{л}}$, $C_{\text{с1}}$, $C_{\text{с2}}$, C – концентрация метана соответственно в лаве, первой и второй зонах выработанного пространства и на выходе вентиляционного штрека; $Q_{\text{мсп1}}$, $Q_{\text{мсп2}}$ – соответственно метановыделение из спутника в первую и вторую зону выработанного пространства; $Q_{\text{оым1}}$, $Q_{\text{оым2}}$ – соответственно дебит утечек воздуха из первой и второй части выработанного пространства в установившемся режиме; $V_{\text{с1}}$, $V_{\text{с2}}$ – объем соответственно первой и второй зоны выработанного пространства; n_1 , n_2 – коэффициенты турбулентности для двух зон выработанного пространства, Q_0 – номинальный расход воздуха на участке.

В первом приближении при синтезе системы регулирования концентрации метана на исходящей струе участка «в малом» с достаточной для практики точностью можно использовать более простое математическое описание схемы проветривания участка при усреднении параметров двух зон с ламинарным и турбулентным режимами движения утечек. При этом усредненный коэффициент турбулентности определялся исходя из общего дебита утечек через выработанное пространство.

Достоверность разработанных математических моделей была установлена на основе сравнения результатов моделирования газодинамических процессов в модели участка с результатами соответствующих экспериментальных исследований в первой восточной лаве шахты «Мушкетерская-Вертикальная» [3].

Результаты компьютерного моделирования показали хорошую сходимость данных модели и шахтных экспериментов. Погрешность модели газодинамики как объекта управления «в большом» не превысила 15 %.

Дальнейшие исследования направлены на адаптацию и разработку моделей с учетом вентиляционных сетей угольных шахт как систем с распределенными параметрами.

Список литературы

1. Лапко В.В., Чередникова О.Ю. Математическая модель и исследование переходных газодинамических процессов на выемочных участках шахт Донбасса // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – № 2. – С. 115
2. Абрамов Ф.А. Моделирование динамических процессов рудничной аэрологии / Абрамов Ф.А., Фельдман Л.П., Святный В.А. – К.: Наук. думка, 1981. – 284 с.
3. Изучение аэрогазодинамики очистных забоев, подготовительных выработок и выработанных пространств в шахтах Донбасса, разрабатывающих пласты полного падения (отчет). МакНИИ. – шифр темы №4(1–63). – Макеевка, 1964. – 143 с.

УДК 004.056

Ковалев С.А.¹, Цололо С.А.¹, Варавка А.В.²

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ПОТОКОВ ДАННЫХ ДЛЯ USB-НАКОПИТЕЛЕЙ

В настоящее время для обмена информацией между ПК наиболее часто используются два основных способа. Первый из них является наиболее популярным и основан на использовании сетевого подхода (электронная почта, интернет, файловые серверы). Второй подход предусматривает обмен пользовательскими данными с помощью внешних накопителей, которые подключаются к ПК по интерфейсу USB [1].

В данной работе авторами предлагается система обеспечения информационной безопасности в компьютерной сети предприятия. В основе способа лежит контроль информационных потоков между рабочими стан-

¹ к.т.н., доц. кафедры компьютерной инженерии ДонНТУ

² магистрант кафедры компьютерной инженерии ДонНТУ

циями и внешними накопителями, подключаемыми по интерфейсу USB [2]. Актуальность предлагаемой системы заключается в необходимости реализации повседневного контроля за внутренними и внешними потоками данных предприятия для обеспечения максимальной конфиденциальности внутрикорпоративной информации.

Научная новизна работы заключается в разработке алгоритма фильтрации информационных потоков, которые передаются с/на USB-накопители. Алгоритм фильтрации предоставляет возможность вычленения заданной информации по широкому набору параметров (имя процесса или файла, маска данных, дата/время записи/чтения и другие).

Практическая ценность предложенного алгоритма заключается в разработке клиент-серверной программы-монитора, которая обеспечивает контроль, управление и сбор статистики по подключаемым USB-накопителям, а также анализируют потоки данных с/на накопители.

Предлагаемый алгоритм наблюдения реализуется программой-разведчиком, которая будет отслеживать работу всех накопителей, подключаемых к рабочим станциям сотрудников через шину USB (рис. 1).

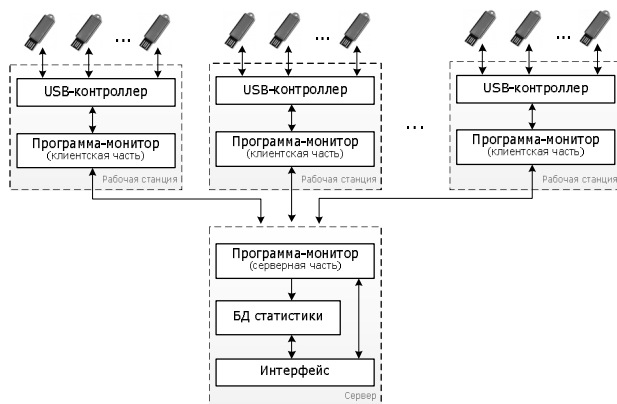


Рис. 1. Общая структура системы мониторинга

Программа-монитор структурно состоит из двух частей – клиентской и серверной, которые взаимодействуют друг с другом по локальной сети. Клиентская часть запускается на рабочей станции и выполняет следующие функции:

- автозапуск монитора при старте операционной системы;
- функционирование в скрытом режиме в виде службы;
- идентификация подключаемых USB-накопителей;

– мониторинг запросов на чтение/запись информации, вычленение информации по имени процесса, файла, маске или содержимому;

– передача собранной информации на сервер.

Серверная часть монитора выполняет следующие функции:

– проверка работоспособности и удаленное управление;

– накопление статистики информации от программ-клиентов;

– пакетная настройка всех подключенных клиентов;

– визуальный интерфейс к накопленной информации.

Таким образом, авторами предлагается система мониторинга и обеспечения информационной безопасности в пользовательских потоках данных для USB-накопителей. Реализация системы может быть полезна на частных или государственных предприятиях для обеспечения контроля конфиденциальности данных внутри компьютерной системы и для предотвращения утечек корпоративной информации.

Список литературы

1. Агуров П. В. Интерфейс USB. Практика использования и программирования. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 576 с.

2. Цололо С.А., Варавка А.В. Идентификация USB-устройств в системе анализа пользовательских потоков данных. / Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг (ІУСКМ–2012): III Всеукраїнська науково-технічна конференція, 16–18 квітня 2012 р., м. Донецьк – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 371–475.

УДК: 519.816,519.712.6,510.52

Федюкович В.Е.¹

ИНТЕРАКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ С НИЧТОЖНОЙ ОШИБКОЙ

Построена [1] интерактивная система доказательства (протокол) для распознавания языка q-раскраска графа с фиксированным количеством раундов, имеющая ничтожную вероятность ошибочно положительного решения. Протокол улучшает коммуникативную сложность протокола GMW [2] для 3-раскраски, при сопоставимой вероятности ошибочного решения. Протокол является public coin honest verifier zero knowledge. Компактность и низкая вероятность ошибки протокола были достигнуты путем сведения задачи о раскраске к задаче проверки свойств хроматического полинома графа и использования вероятностного тестирования полиномов. Хроматический полином [1] является произведением линейных полиномов, ассоциированных с ребрами графа; старший коэф-

¹ частный предприниматель, г. Киев

фициент таких линейных полиномов равен разности цветов вершин. Цвета представлены элементами поля классов вычетов по модулю Q для некоторого большого простого Q .

Степень хроматического полинома любого раскрашенного графа равна количеству ребер N для, и только для правильно раскрашенного графа. Любой ненулевой старший коэффициент хроматического полинома всегда имеет обратный, что позволяет ввести проверочный полином путем умножения хроматического полинома на дополнительный линейный. Таким образом, проверочный полином имеет степень $N+1$ и единичный старший коэффициент для, и только для правильно раскрашенного графа. Эффективная вероятностная проверка утверждения о тождественно нулевом полиноме заключается в вычислении значения этого полинома при значении аргумента, случайно выбранного из некоторого множества допустимых запросов; вероятность ошибочно положительного решения определяется степенью полинома и количеством возможных запросов.

Все линейные полиномы в проверочном полиноме выбираются так, чтобы проверяющая сторона могла вычислить значение проверочного полинома, используя только ответы доказывающей стороны; доступ к NP-решению (раскраске) не требуется. Ответы имеют алгебраическую структуру, предложенную Чомом (1987), а также использованную Шнорром (1989) при синтезе известного протокола. Цвета вершин являются старшими коэффициентами таких полиномов; младшие коэффициенты (константы) являются случайно выбранными значениями. Такая конструкция обеспечивает скрытие NP-решения (witness hiding).

Предложенная интерактивная система доказательства предполагает использование произвольной схемы привязки к элементу поля, имеющей статистически стойкое свойство связывания и вычислительно стойкое свойство скрытия, а также свойство гомоморфизма относительно операции сложения. Доказывающая сторона пересылает экземпляры привязки к цветам всех вершин и доказывает, что может открыть экземпляры привязки. Ответы этого протокола также используются для доказательства правильности выбора цветов вершин и правильности раскраски; при проверке также используются экземпляры привязки к младшим коэффициентам проверочных полиномов. Моделирующий алгоритм (simulator) вычисляет константные коэффициенты всех проверочных полиномов.

Ничтожная вероятность ошибочно положительного решения была также достигнута [3,4] для задач распознавания языков изоморфизм графов и гамильтоновы графы. Был предложен характеристический полином взвешенного ориентированного графа, который является произведением линейных полиномов, ассоциированных с ребрами. Для попарно несовпа-

дающих весов имеется единственное представление такого характеристического полинома в виде произведения взаимно простых линейных полиномов двух переменных.

Предложенное полиномиальное представление графа может представлять независимый интерес. Полиномиальное представление множества было предложено Трахтенбергом в задаче согласования (reconcillation) множеств, и затем использовалось для построения схемы электронной подписи, допускающей ограниченный шум в закрытом ключе создания подписи.

Список литературы

1. Giovanni Di Crescenzo, Vadym Fedyukovych Zero-Knowledge Proofs via Polynomial Representations // MFCS 2012, LNCS 7464, pp. 335–347, 2012.
2. Oded Goldreich, Silvio Micali, Avi Wigderson Proofs that Yield Nothing But Their Validity for All Languages in NP Have Zero-Knowledge Proof Systems // J. ACM – 1991. – 3, 38. – P. 691–729.
3. Vadym Fedyukovych An argument for Hamiltonicity // IACR Report 2008/363.
4. Vadym Fedyukovych Protocols for graph isomorphism and hamiltonicity // Central European Conference on Cryptography, 2009.

УДК 004.9; 659.127

Фандеева Е.А.¹

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ РЕКЛАМЫ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

В последнее время интернет-реклама развивается столь же быстрыми темпами, как и сама всемирная паутина. Количество пользователей различных интернет-ресурсов растет с каждым днем, а поисковые системы стали самым быстрым и удобным средством поиска информации.

Интернет-реклама это любые текстовые, мультимедийные или графические объявления, выполненные в броском и убедительной стили, которые предлагают потенциальным потребителям приобрести товар, воспользоваться услугой или посетить сайт компании-продавца. Контекстные объявления, баннеры, мультимедийные заставки и многое другое, хранят в себе не только информацию о продукции, но и ссылки на сайт рекламируемого товара или компании [1].

¹ ассистент кафедры «Программные средства» ЗНТУ

Определение приоритетных видов интернет-рекламы является этапом, при выполнении которого возникает наибольшее количество спорных вопросов и неопределенности, ведь именно от того как, когда и на каких ресурсах будет появляться рекламное сообщение зависит эффективность проведения текущей рекламной кампании. Именно поэтому возникает необходимость найти способ облегчить процесс окончательного принятия решения на данном этапе. Решить эту задачу можно применив метод анализа иерархии для принятия решения в условиях неопределенности.

Важное преимущество интернет-рекламы это возможность обновления информации. В текущей жизни это расширение ассортимента, оперативное обновление прайс-листа и прочее.

Отдача от рекламы через Интернет непрерывно растет, в то время, как рынок бумажной и телерадиорекламы близок к насыщению. Более того, реклама через Интернет, еще даже не заполнив «свою» нишу, по эффективности уверенно начинает теснить привычные рекламные средства [2].

Метод анализа иерархии позволяет учесть это при помощи построения дополнительной модели для согласования различных решений с помощью указания приоритетов целей по стоимости рекламы (относительно объемов выделяемых средств), целевой аудитории и назначения рекламируемого товара или услуги.

Общая структура метода анализа иерархий может включать несколько иерархических уровней со своими критериями. Первый уровень – цели рекламной кампании. Величины p , q и m на этом уровне – весовые коэффициенты, которые соответствуют уровню важности каждой из целей для данного случая. В зависимости от того, достижения каких целей является наиболее приоритетной задачей при выборе типа интернет-рекламы, задаются значения этих коэффициентов. Второй иерархический уровень использует веса (p_1, p_2, p_3) , (q_1, q_2) и (m_{11}, m_{21}, m_{31}) и отражает отношение между целями и возможностями, которые предоставляют виды интернет-рекламы. Третий уровень содержит относительный показатель для отображения степени реализации соответствующей возможности с помощью конкретного вида рекламы.

Сложность метода анализа иерархий заключается в определении относительных весовых коэффициентов для оценки альтернативных решений. Если есть n критериев на заданном уровне иерархии, соответствующая процедура создает матрицу A размерностью $n \times n$, именуемой матрицей парных сравнений, которая отражает суждения лица, принимающего решения, относительно важности различных критериев. Парное сравнение выполняется таким образом, что критерий в строке i ($i = 1, 2, \dots, n$) оценивается по каждому из критериев, представленных n столбцами [3].

Заключительный этап расчетов – вычисление оценок компонент вектора приоритетов. Приоритетным считается тот вид, оценка которого максимальная или больше порогового значения. Далее для размещения рекламы используют именно этот вид, ведь именно с помощью его наиболее оптимально можно реализовать поставленные цели.

В ходе исследований предложено использование метода анализа иерархии для выбора вида интернет-рекламы. Применение этого метода дает возможность учитывать важность целей и задач для проведения эффективной рекламы и может помочь избежать вложения денег в тот вид рекламы, который является неэффективным.

Список литературы

1. Успенский И.В. Интернет-маркетинг. Учебник / И.В. Успенский – СПб.: Изд-во СПГУЭиФ, 2003.
2. Катернюк А.В. Практическая реклама: учебное пособие / А.В. Катернюк – Ростов н/Д : Феникс, – 2008. – 428 с.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Саати – М.: Радио и связь, – 1993. – 315 с.

УДК 681.5.004

Бурмистров С.В.¹, Панаско Е.М.²

ЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ БЛОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛОГОВ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

Одним из наиболее трудоемких этапов логического проектирования цифровых блоков (ЦБ) является минимизация логических булевых функций (БФ), которые составляют их информационные ядра. Проблемам минимизации БФ на протяжении десятков лет посвящены сотни работ. Разработаны достаточно эффективные методы решения данного этапа логического проектирования. Однако все они имеют определенные существенные недостатки. Данный этап остается одним из самых трудоемких, и в связи с этим, с увеличением значения количества n входных аргументов БФ результаты минимизации превращаются в приближительные.

Целью данной работы является предложение метода минимизации БФ на основе каталогов минимальных форм представления, используя уже существующие методы для традиционных форм представления БФ.

¹ аспирант кафедры информатики и информационной безопасности ЧГТУ, преп. Черкасского государственного бизнес-коледжа

²Панаско О.М., ст. преп. каф. информатики и информационной безопасности ЧГТУ

Предлагается создать для множеств БФ каталог, который будет содержать набор минимальных форм решений в разных логических базисах.

Данный подход на протяжении длительного времени сдерживался определенными проблемами:

- ✓ Лавинный рост количества полных множеств БФ $L(n)$ с ростом числа аргументов n (мощность множества БФ от n аргументов – 2^{2^n} функций).
- ✓ Возможности реализации БФ в разных формах представления. Каждая БФ может быть представлена в разных логических базисах или в их комбинациях [1, 2] – классической форме представления (КФП), алгебраической форме представления (АФП) и полиномиальной форме представления Риди-Мюллера (РМФП)

Современный каталог MINFORM5 (для БФ до 5 аргументов) является логическим продолжением версий каталогов минимальных ФП БФ [3], разработанных в конце 90-х XX ст. Современный каталог разработан с учетом решения вышеописанных проблемных моментов и уменьшения количества записей в каталоге путем их уплотнения.

Все БФ разделены на так называемые мега-группы релятивности (МГР). МГР объединяют все БФ с одинаковыми количествами единиц l в их бинарном коде.

Каждая МГР состоит из подмножеств так называемых групп релятивности (ГР). ГР объединяют подмножества БФ всевозможных перестановок и инверсий аргументов БФ. Как показали исследования, все элементы ГР объединяют одинаковые показатели сложности их реализации [4].

Для каждой БФ в каталоге приведены минимальные значения в различных базисах, и, соответственно, графические изображения БФ в цифровых схемах, а также подсчитаны коэффициенты сложности S_s , S_{ad} , S_l . В результате каталогизации БФ получены следующие показатели уплотнения при создании каталога MINFORM5 (табл. 1).

Таблица 1. Результаты уплотнения записей в каталоге при использовании МГР

Кол-во аргументов БФ	Количество БФ в $L(n)$	Количество ГР БФ	Кол-во МГР	Конечный показатель уплотнения
2	16	2	3	0,1875
3	256	22	5	0,01953125
4	65.536	402	9	0,000137329
5	4.294.967.296	1.228.158	17	3,95812E–09

Список литературы

1. Кочкарев Ю.А., Панаско Е.Н., Синько И.В. Возможности реализации логических функций в ортогональной форме представления// Вісник Черкаського державного технологічного університету. – №1. – 2011. – С.45–49.
2. Кочкарьов Ю.О., Синько І.В., Панаско О.М. Оптимізація структури комбінаційних схем шляхом використання оптимальної форми представлення логічних функцій// Матеріали ІІ міжнародної науково-технічної конференції (ІМТ-2009) – Черкаси – С. 38–39.
3. Кочкарев Ю.А., Пантелеева Н.Н., Казаринова Н.Л., Шакун С.А. Классические и альтернативные минимальные формы логических функций. Каталог-справочник// Черкасский институт управления, 1999, 193 с.
4. Кочкарьов Ю.О., Бурмістров С.В., Синько І.В., Спрощення логічного проектування блоків цифрових схем на основі каталогізації груп релятивності (ГР) // Вісник Черкаського державного технологічного університету.– №4. – 2011. – С.39–41.

УДК 004.418

Поздняков О.А.¹, Гладкова О.Н.², Пархоменко А.В.³, Цветков О.В.⁴

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ

Сейчас на рынке существует высокая конкуренция между производителями микроконтроллеров, которые предлагают различные отладочные платы, позволяющие проектировать электронные устройства. Данные платы позволяют максимально упростить макетирование будущего изделия, т.е. ускорить путь от момента появления идеи до ее материального воплощения. Для того чтобы запрограммировать эти микроконтроллеры, нет необходимости использовать специализированные программаторы – достаточно установить среду программирования на обычный персональный компьютер, что в целом значительно сокращает время и стоимость разработки микропрограммы. На платах уже установлена минимально необходимая обвязка, что облегчает процесс интеграции с другими устройствами и подключение различной периферии.

Как показали проведенные исследования, особо можно выделить такие платформы как: Arduino, LaunchPad, Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24,

¹ Генеральный директор ООО «Бриг-Ритейл», г. Киев

² Студентка гр. ИВТ-418

³ К.т.н., доц. кафедры программных средств ЗНТУ

⁴ К.т.н., директор ООО «АрСи Фан Клуб», г. Киев

Phidgets, MIT's Handyboard и пр. Все эти платформы имеют схожую функциональность [1]. Однако, Arduino является более мощным микроконтроллером с большим объемом памяти, что позволяет создавать более сложные электронные устройства. Кроме того, аппаратно-вычислительная платформа Arduino является одной из наиболее популярных и простых в изучении.

По сравнению с другими схожими платформами Arduino имеет ряд преимуществ [1]:

- проект разрабатывался и развивается как проект с открытым кодом, который работает как сетевой проект/ сообщество, позволяя участникам обмениваться опытом и готовыми прикладными наработками, дополнительно ускоряя процесс разработки и отладки;
- низкая стоимость самого микроконтроллера и расширений к нему;
- простота и кроссплатформенность среды программирования (OC Windows, Macintosh OSX и Linux: 32/64bit).

Arduino взаимодействует с программным обеспечением на компьютере (например, Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Super Collider и др.) [4]. Существует несколько версий платформ Arduino. Все они построены на простой печатной плате со встроенным микроконтроллером Atmel AVR (ATmega328 и ATmega168 в новых версиях и ATmega8 – в старых), а также элементов обвязки для программирования и интеграции с другими схемами. На многих платах присутствует линейный стабилизатор напряжения +5В или +3,3В. Тактирование осуществляется на частоте 16 или 8 МГц кварцевым резонатором. Платы Arduino позволяют использовать большую часть I/O выводов микроконтроллера во внешних схемах [4]. К самой плате можно подключить различную периферию – кнопки, переключатели, светодиоды, моторы, роутеры, некоторые виды датчиков (температуры, давления, освещенности, ускорения) и т.д. Так же существуют платы расширения контроллера Arduino, так называемые «шилды» (shields). С помощью «шилдов», возможно, расширить функционал платформы Arduino. Так, например, существуют платы расширения для подключения к локальной сети и интернету (Ethernet Shield), для управления различными устройствами (Motor Shield), получения данных и захвата видео (модуль GPS) и т.д. [5] Существуют специализированные/интегрированные аппаратные платформы (Arduino плюс шилды и/или сенсоры) под конкретные прикладные приложения (например, автопилот).

Интегрированная среда разработки Arduino – это кроссплатформенное приложение на Java, включающее в себя редактор кода, компилятор и модуль передачи прошивки в плату [4]. Среда разработки основана на среде программирования Processing, а язык программирования аналогичен используемому в проекте Wiring. Условно можно считать, что это

урезанный C++, дополненный некоторыми функциями специфичными для платы Arduino, (подача/чтение сигнала с выходов; перевод контроллера в определенный режим работы). Программы обрабатываются с помощью препроцессора, а затем компилируются с помощью AVR-GCC.

Таким образом, Arduino – это универсальный контроллер, который можно запрограммировать и настроить под любую задачу и превратить в законченное электронное устройство произвольного назначения, от часов с будильником до робота.

УДК 004.418

Пархоменко А.В.¹, Гладкова О.Н.², Вершинин Р.А.²

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ PRO/ENGINEER И ALTIUM

По мнению ведущих мировых аналитиков, основными факторами успеха в современном промышленном производстве являются: сокращение срока выхода продукции на рынок, снижение ее себестоимости и повышение качества. К числу наиболее эффективных технологий, позволяющих выполнить эти требования, принадлежат так называемые CAD/CAM/CAE-системы (системы автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и инженерного анализа).

Разработчики системы PRO/ENGINEER предлагают полный набор решений CAD/CAM/CAE на единой интегрированной платформе. Однако, особенностью процесса разработки электронных средств является комплексный проект, включающий в себя механическую и электрическую части. Поэтому, необходима интеграция PRO/ENGINEER с современной EDA-системой (системой автоматизированного проектирования электронных приборов), например, ALTIUM. Данная система представляет качественно новую технологию проектирования электронных средств на базе печатных плат и программируемых логических интегральных схем. Это решение позволяет вести проектные работы в сквозной согласованной среде и тестировать проектируемую систему еще на этапе моделирования. Таким образом, прототип устройства появляется задолго до его физического воплощения – отлаженный, согласованный и полностью предсказуемый.

¹ Студент гр. ИВТ-418

² асист. каф. ЗИ ЗНТУ

Целью данной работы является интегрированная программная поддержка процесса системного инженерного проектирования электронных средств для повышения эффективности производства и качества продукции.

В процессе работы была предложена информационная технология создания виртуальной модели контрольно-измерительного прибора, с возможностью ее последующего анализа, проверки и оптимизации.

Весь процесс проектирования был разбит на ряд основных этапов:

- схемотехническое проектирование(ALTUIM);
- создание 3D-моделей отдельных компонентов (PRO/ENGINEER), а также проектирование печатных плат(ALTUIM);
- создание 3D-моделей подборок (диодов, микротумблеров, клемм, панелей и др.) и общей сборки изделия (PRO/ENGINEER);
- исследование виртуального прототипа изделия – прочностной анализ деталей корпуса и печатных плат, термальный анализ, а так же анализ кинематики (PRO/ENGINEER);
- внесение изменений в проект;
- подготовка КТД.

Для более удобного и быстрого процесса работы с проектом печатной платы в среде Altium на языке DelphiScript было разработано сервисное приложение. Данная программа позволяет провести анализ результатов проектирования: определить координаты элементов схемы, оценить форму выбранных трасс, определить количество проложенных печатных проводников на плате и рассчитать количество переходных отверстий в плате.

В ходе проекта было разработано большое количество отдельных деталей, а так же сборочных узлов, которые потом были собраны в единую общую сборку. В процессе проектирования использовались специальные крепления, а также стандартные крепежные элементы (например, винты). Процесс построения их 3-D моделей является весьма трудоемким и требует значительных временных затрат. Поэтому, в среде PRO/ENGINEER была создана программа автоматизированного построения и редактирования конструктивных элементов, позволяющая быстро создавать 3-D модели винтов, только лишь указав необходимые размеры: высоту винта, диаметр и высоту головки винта, длину и шаг направляющей резьбы, ширину и глубину шлица (под ключ). Кроме того, в программе предусмотрена возможность быстрого редактирования уже существующих 3-D моделей винтов, с целью корректировки значений их параметров. Программа также автоматически создает отверстие с резьбой и заданными параметрами под крепежный элемент. Проектировщику необходимо лишь поместить указатель в то место, где будет отверстие, указать поверхность, на которой он желает сделать резьбу, указать размерность

фаски и кромку для создания фаски. Программа является открытой для новых конструктивных элементов.

Применение разработанной информационной технологии позволит обеспечить интегрированную программную поддержку всего цикла разработки электронных средств, сократить сроки проектирования новых изделий, повысить качество и надежность выпускаемой продукции, а значит и ее конкурентоспособность.

УДК 004.627: 004.272.26

Бондаревич Д.И.¹

АРХИТЕКТУРА КОРПОРАТИВНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ *wiSLA*

Современное приложение масштаба предприятия характерно высокими требованиями как к производительности и отказоустойчивости самого приложения, так и к высокой степени сохранности и доступности данных в рамках этого приложения. По мере развития проекта в условиях промышленной эксплуатации возникают задачи, с которыми текущая архитектура системы не способна справляться. Такая тенденция ведет к периодическим архитектурным изменениям, с целью удовлетворения новым требованиям заказчика. В данной работе представлены задачи и способы их решения, возникшие в ходе развития проекта *wiSLA*, по мере увеличения нагрузки на систему и ужесточения требований к отказоустойчивости.

wiSLA (Well Integrated Service Level Agreement) – программно-аппаратный комплекс, выполняющий измерения показателей качества на каналах связи и контролирующий их соответствие соглашению об уровне услуг (SLA). Основной показатель производительности системы – обслуживаемый объем инфраструктуры, который выражается в количестве каналов, по которым происходит сбор данных и контроль измерений.

Первый запуск проекта в коммерческую эксплуатацию не предполагал высоких нагрузок на систему. Требования к высокой доступности и отказоустойчивости системы также не выдвигались. Вопросы сохранности данных и их защиты в случае аппаратного сбоя решались путем периодического бэкап-копирования. Архитектура представляла из себя один монолитный компонент, в котором был сосредоточен и функционал по обслуживанию запросов пользователей, и активные сущности выполняющие сбор данных и их контроль на соответствие SLA. Система работала в контейнере сервера приложений JBoss, в качестве СУБД использовался PostgreSQL. Для организации физической среды эксплуатации достаточно

¹ ведущий инженер-программист ООО «Метротек Ай Ти»

было одного сервера со средними параметрами. Максимально допустимое количество каналов при таком режиме эксплуатации не должно было превышать пятисот, количество одновременно работающих пользователей с системой – десяти.

В процессе эксплуатации требования заказчика стали меняться, новые заказчики рассматривали систему с более завышенными требованиями. Первым, наиболее простым, способом изменения архитектуры под новые требования (1500 каналов, 100 пользователей) – была адаптация системы под распределенный вариант использования. В результате, единый компонента системы разделили на два модуля: модуль обработки запросов пользователей и модуль с активными сущностями (ядро). Оба модуля были разнесены на отдельные физические сервера, так же, как и сервер баз данных. В итоге была организована распределенная архитектура на базе трех серверов.

Следующий уровень, на который должна была выйти система – 10000 каналов, требование к количеству пользователей не изменилось. При такой нагрузке сразу была выявлена масса узких мест в ядре системы. Сервер, на котором работало ядро, автоматически становился самым высоконагруженным звеном. Способ вертикального масштабирования аппаратных мощностей сервера не рассматривался, так-как являлся финансово не выгодным. Возникла необходимость более глубокого разделения ядра системы на функционально независимые компоненты с целью их дальнейшего распределения на отдельные сервера. Принцип более распределенной архитектуры позволил достичь целевых показателей.

При нагрузочном тестировании было выявлено, что следующим узким местом станет баз данных. Интенсивность потока данных на запись и их количество приводил к чрезмерной загрузке сервера, а объемы базы росли катастрофически быстро, что, в свою очередь, усложняло процесс бэкап-копирования (хотя эта проблема была вскоре решена путем инкрементального бэкап-копирования).

При встрече со следующим уровнем требований, 100000 каналов, стало понятно, что узким местом явно будет база и некоторые главные компоненты с максимальной концентрацией нагрузки. Для удовлетворения такому уровню требований возникла необходимость в кардинальной переработке архитектуры и способа хранения данных. Помимо этого, было выдвинуто требование к отказоустойчивости системы, что также не соблюдалось при распределенном варианте архитектуры, так как выход из строя одного компонента, приводил к неработоспособности системы в целом.

Способы решения поставленных задач также представлены в данной работе и детально освещены в докладе.

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛИЯНИЯ ДАННЫХ

По мере развития бизнеса компании сталкиваются с ростом объемов данных. Иногда возникает необходимость объединить две или более базы данных (БД) в одну. PostgreSQL не предоставляет стандартных средств для данного вида репликации. Да это и невозможно без знания структуры БД. В данной работе ставится задача объединить четыре базы данных системы wiSLA в одну.

Все базы, требующие слияние, имеют одну схему, т. е. названия таблиц и их связи совпадают. Ключи уникальны в пределах каждой базы, но не уникальны между базами. Эти условия накладывают специфику, с которой невозможно справиться стандартными методами.

Один из вариантов решения проблемы – это добавление в каждую таблицу дополнительных полей, которые бы содержали новый уникальный ключ. Такой вариант возможен, т. к. поля, которые являются ключами в необъединенных базах, после копирования не будут такими в объединенной. Явные недостатки такого варианта – это увеличение количества вспомогательной информации, что негативно скажется на скорости работы. Так же при таком решении нужно было бы переделать информационную систему (ИС), работающую с базой.

Вторым возможным вариантом могло стать полное изменение ключей. Например, при копировании данных можно не выбирать ключи совсем, а сразу присваивать им некие новые значения. Такой способ очень трудоемкий, т. к. приходится самому следить за значениями ключей. Еще одним недостатком является необходимость поочередного выбора строк таблиц, что приведет к увеличению времени выполнения слияния. Преимущество такого метода в отсутствии добавления в базу дополнительных полей.

Третий способ заключается в увеличении всех ключей на константное значение. Для каждой из сливаемых баз это значение уникально.

Преимущество этого метода в том, что разработчику не нужно следить за уникальностью ключей, потому что они уже уникальны в пределах каждой базы, и останутся уникальными после инкрементирования. Разработчику остается его только выполнить. Данные для копирования можно выбирать пачками, а не по одной записи. Дополнительным удобством является возможность по ключу узнать, из какой базы перекочевала запись.

¹ Студент ЗНТУ

Первым делом нужно определить масштабы БД и объемы таблиц. Если таблицы содержат десятки миллионов записей, то выполнять запросы вида `INSERT TABLE_TO FROM (SELECT * FROM TABLE_FROM)` сможет не каждый сервер. Для этого нужно выделить размер пачки данных, которые сможет обрабатывать сервер.

Анализируя опыт слияния данных, можно выделить типовую процедуру миграции данных, которая включает в себя:

- анализ форматов данных структуры старой базы данных и новой, подготовка плана миграции и преобразования данных;
- определение взаимосвязей между таблицами (иерархии объектов);
- определение последовательности загрузки данных в соответствии с иерархией зависимостей;
- выполнение скрипта по изменению объектов в новой версии базы данных;
- непосредственная перекачка данных с необходимыми преобразованиями «на лету»;
- выполнение скрипта для восстановления отключенных индексов, дополнительных преобразований и т. д. после завершения процедуры миграции данных.

Предложенным и реализованным вариантом стало создание промежуточной программы. Она должна связываться с исходной и целевой базами данных, и выполнять нужные преобразования. В ходе работы над слиянием данных была решена еще одна важная проблема синхронизации после перемещения данных. Зачастую старые системы на длительное время оставляют работать параллельно с новыми. В переходный период без синхронизации данных между этими системами не обойтись. Для ее решения, был разработан скрипт синхронизации данных между старыми работающими системами и новой.

На данный момент система уже мигрировала на общую базу и успешно работает.

Список литературы

1. Pankowski T. Data Merging in Life Science Data Integration Systems / T.Pankowski, E. Hunt // Intelligent Information Systems – 2005
2. Lesandrini D. Merge Records from Two Identical Databases / D. Lesandrini // Database Journal.

4 СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ»

620.3, 621.3

Andrii Pukach¹, Vasyl Teslyuk¹, Roman Zaharyuk¹

DEVELOPMENT OF METHOD FOR MEASURED ELECTRIC RESISTANCE VALUE RANGE DETERMINING

Introduction. A widespread introduction into all spheres of human activity technologies of microelectromechanical systems (MEMS) production provides creation of new, or improve of existing ones [2] methods for measuring small quantities of electric resistance caused by micron size of active components of MEMS [1]. One of the ways for improving the accuracy of measurement of small quantities of electric resistance is to determine measured electrical resistance value range, which allows to carry out a preliminary assessment of measured value in order to further establishing its exact value. In order to increase the accuracy of measurement of small quantities of electrical resistance method for measured electric resistance value range determining is developed.

Development of schematic model for measured electric resistance value range determining subsystem. Fig. 1 shows developed schematic model for measured electric resistance value range determining subsystem.

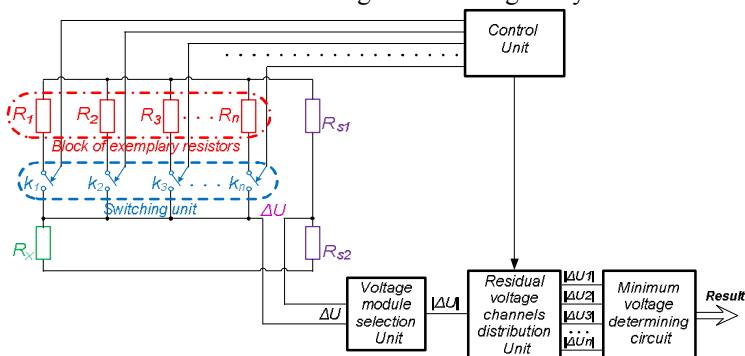


Fig. 1. Schematic model of subsystem

Developed model contains following main components (see Figure 1): block of exemplary resistors R_1 – R_n , switching unit based on keys k_1 – k_n , measured electric resistance R_x , two sample electric resistances R_{s1} and R_{s2} (moreo-

¹ CAD Department, Lviv Polytechnic National University

ver $R_{s1} = R_{s2}$), voltage module selection unit, residual voltage channels distribution unit, minimum voltage determining circuit and control unit.

Development of functioning algorithm of measured electric resistance value range determining method. Fig. 2 shows a flowchart of the method functioning algorithm.

Developed algorithm works as follows. Establishing the index of electric resistance value range equal to «one» ($i = 1$), then electric bridge disbalance residual voltage is detected, its absolute value ($\Delta U_i = |\Delta U|$) is calculated, which is stored in appropriate cell ΔU_i . After that increasing of electric resistance value range index is performed ($i = i + 1$), detection, processing and storage of residual voltage of current electric resistance value range, until all ranges will be analyzed ($i > n$). The next step of the algorithm is the process of distribution residual voltages $\Delta U_1 - \Delta U_n$ by channels, followed by a determination the minimum residual voltage ΔU_j and output of subsystem working results.

Development of functional model of measured electric resistance value range determining method, based on colored Petri nets. Fig. 3 shows

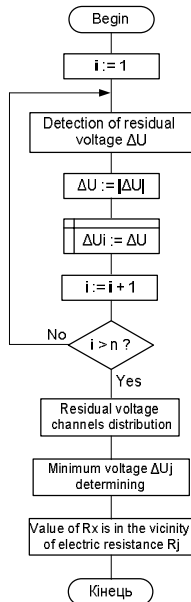


Fig. 2. Flowchart of the algorithm

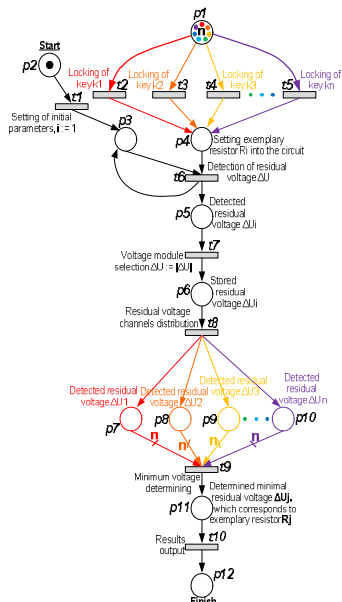


Fig. 3. Functional model, based on colored Petri nets

developed functional model of measured electric resistance value range determining method, based on colored Petri nets. Developed functional model (see Figure 3) of measured electric resistance value range determining method is based on colored Petri nets and works accordingly with the algorithm of the method (see Fig. 2).

Conclusions In this article method for measured electric resistance value range determining and schematic model for measured electric resistance value range determining subsystem, which serves like an effective tool during preliminary measured electric resistance value estimation in order to improve the accuracy of further measuring its exact value, are developed. In addition, the algorithm and the functional model, based on colored Petri net of developed measured electric resistance value range determining method, are proposed. Developed method allows apartly solve the problem of measuring small quantities of electric resistance in MEMS.

References

1. Minhang Bao Analysis and Design Principles of MEMS Devices, – 1st edition: Elsevier Science, 2005 – 328 p.
2. Пукач А., Іванців Р., Теслюк В. Методи та схеми вимірювання значення невідомого опору електричного кола. Технічні вісті: Науково-публіцистичний часопис «Львівська політехніка». Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка». – 2010 – С. 160–163.

620.3, 621.3

Andrii Pukach¹, Vasyl Teslyuk¹, Pavlo Denysyuk¹

DEVELOPMENT OF SMALL ELECTRIC RESISTANCE MEASURING METHOD

Introduction. Active implementation into all areas of everyday life devices, built on microelectromechanical systems (MEMS) [1] technology base is caused by a number of indisputable advantages, such as: micron size, functionality, reliability, low power consumption, integration simpleness and others. Usage of MEMS technology requires development of effective methods for measuring small changes in electric resistance values, which are inherent with this integrated devices, because sizes of components, manufactured using MEMS, are extremely small.

In result of review and analysis [2] of existing methods and schemes for measuring the value of unknown resistance main advantages and disadvantages

¹ CAD Department, Lviv Polytechnic National University

of each of the methods and techniques were identified, and bridge methods were selected as the most suitable for usage in MEMS, because they have a number of benefits: they give to eliminate the impact of connecting conductors resistance onto measurement result; they are simple to implement; they possess a wide range of measured values, etc.

Development of small electric resistance measuring method

The algorithm of measuring system functioning is shown below in Fig. 1. At preliminary stage setting of initial values of scheme parameters is performed, namely: the value of variable resistance R_3 and counter $i = 0$ – which is responsible for stopping the cyclic measuring process in achieving an equilibrium state of electric bridge. After that the first working cycle starts, which starts from residual voltage ΔU measuring process in vicinity of electrical bridge equilibrium point. When detected residual voltage is positive ($\Delta U > 0$) – increasing of variable resistance R_3 on value ΔR is performed, reset of the counter i , and moving to the next working cycle. When detected residual voltage is negative ($\Delta U < 0$) – decreasing of variable resistance R_3 on value ΔR is

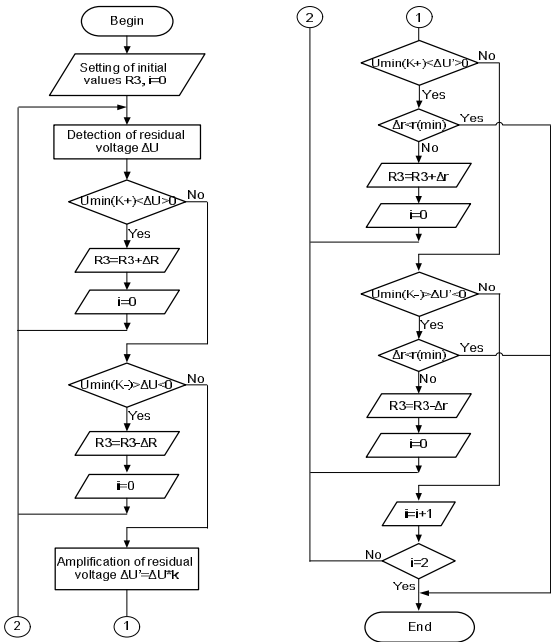


Fig. 1. The algorithm of the method

performed, reset of the counter i , and moving to the next working cycle. In case, when the value of residual voltage ΔU is not large enough to be fixed at this stage of measurement process, amplification of residual voltage is performed ($\Delta U' = \Delta U * k$), and when amplified residual voltage is positive ($\Delta U' > 0$) – increasing of variable resistance $R3$ on value Δr is performed, reset of the counter i , and moving to the next working cycle.

And in case when amplified residual voltage is negative ($\Delta U' < 0$) – decreasing of variable resistance $R3$ on value Δr is performed, reset of the counter i , and moving to the next working cycle. In case when value of amplified residual voltage $\Delta U'$ is not large enough to be fixed, an increasing of counter i is performed ($i = i + 1$), and its checking: if < 2 – then moving to the next working cycle, if counter $i = 2$ – termination of measurement process.

Conclusions

A method, based on algorithm, is developed, which allows to increase precision of measurement small quantities of electric resistance through usage an effective mechanism for measuring process automating.

References

1. Minhang Bao Analysis and Design Principles of MEMS Devices, – 1st edition: Elsevier Science, 2005 – 328 p.
2. Пукач А., Іванців Р., Теслюк В. Методи та схеми вимірювання значення невідомого опору електричного кола. Технічні вісті: Науково-публіцистичний часопис «Львівська політехніка». Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка». – 2010 – С. 160–163.

УДК 621.396.6-192.002:658.562

Лазько О.В.¹

ВИБІР АДЕКВАТНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛІВ ПАРАМЕТРІВ КОМПОНЕНТІВ

При оцінюванні та прогнозуванні безвідмовності радіоелектронних пристроїв апіорна невизначеність багато в чому спричинена обмеженістю інформації про початкові розподіли параметрів виробів та їх компонентів під час виготовлення, а також про зміни розподілів у процесі тривалої експлуатації. Існує узагальнення, що закони розподілів вхідних і вихідних параметрів пристроїв та їх компонентів є нормальними, а відхилення від них виникають не з причини невиконання умов центральної граничної теореми теорії ймовірностей, а внаслідок малих обсягів статистичних даних, за якими проводить-

¹ К.т.н, доцент, Національний Університет «Львівська політехніка»

ся цей аналіз. Автором проведене ґрунтовне дослідження [1], яке підтверджує, що нормальний закон розподілу параметрів радіоелектронних пристроїв слід розглядати як зручну ідеалізацію об'єктивно існуючих статистичних закономірностей, яка в принципі не може гарантувати задовільної точності оцінок безвідмовності без проведення попередніх досліджень для встановлення можливості його використання як математичної моделі та запропоновано використання рядів Грама-Шарльє з існуючими обмеженнями [1] в якості математичних моделей розподілів параметрів компонентів, як таких, що відповідають вимогам [1] адекватності, фізичної обґрунтованості моделі, універсальності та гнучкості.

В даній роботі автор проводить дослідження ефективності та адекватності моделювання квазінормальних розподілів параметрів компонентів за допомогою неklasичних ортогональних поліномів Грама-Шмідта[2]. Дослідники зустрічаються з відсутністю інформації про переваги та недоліки багатьох із них. Брак подібного роду інформації є серйозним обмеженням. Розподіл екстремальної функції

$$w(x) = \frac{m^m}{(m-1)!} \exp[-mx - m \exp(-x)] \quad (1)$$

Кумулянти :

$$\begin{aligned} \kappa_{1,m} &= \log(m) + \gamma - \sum_{j=1}^{m-1} j^{-1} \\ \kappa_{r,m} &= (-1)^r \frac{\partial^r}{\partial m^r} \{\log \Gamma(m)\} \quad r \geq 2 \end{aligned} \quad (2)$$

де γ – стала Ейлера, 0.5772, і $\frac{\partial}{\partial m} \{\log \Gamma(m)\}$ – дігамма-функція; m – ціле число.

Оскільки m є цілим, то дана функція не може використовуватися для точного врахування (опису) третього моменту густини розподілу імовірності.

Для функції 1 була використана послідовності поліномів, що генеровані за допомогою ортогоналізаційного процесу Грама-Шмідта. Шукані ортогональні послідовності можуть бути представлені так:

$$\begin{aligned} \phi_0(x) &= 1 \\ \phi_1(x) &= 1 + c_{11}x \\ \phi_2(x) &= 1 + c_{21}x + c_{22}x^2 \\ \phi_3(x) &= 1 + c_{31}x + c_{32}x^2 + c_{33}x^3 \\ &\dots \end{aligned} \quad (3)$$

Коефіцієнти c_{ij} визначаються за допомогою співвідношення:

$$\int_{-\infty}^{\infty} w(x)\phi_i(x)\phi_j(x)dx = 0 \quad i \neq j, \quad (4)$$

де $w(x)$ є вагова функція, що визначається виразом (1) за допомогою заданого значення m . Для квадратичної норми h_n , поліноми визначаються виразом:

$$h_n = \int_{-\infty}^{\infty} w(x)\phi_n^2(x)dx \quad (5)$$

Для спрощення та пришвидшення обчислень використовувалося програмне забезпечення Maple.

В роботі приведено результати оцінки адекватності моделювання за допомогою рядів Грама-Шарльє та розкладів Грама-Шмідта. Об'єктами моделювання були тестові квазінормальні, асиметричні та гостровершинні розподіли

Список літератури

1. Л. Недоступ, Ю. Бобало О. Лазько, Забезпечення адекватності при моделюванні квазінормальних розподілів. Вісник Національного університету «Львівська політехніка» Електроенергетичні та електромеханічні системи. Львів, 2001. – № 418. – С. 80–85.

2. Arfken, G. «Gram-Schmidt Orthogonalization». in Mathematical Methods for Physicists, 3rd ed. Orlando, FL: Academic Press, pp. 516–520, 1985.

УДК 65.012.7 (043.2)

Яшанов І.М.¹, Мусієнко А.О.¹

МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Технологічні процеси (ТП) та окремі технологічні операції (ТХО) щодо надання послуг у сфері технічного обслуговування та ремонту обладнання, обробки інформації, прийняття рішень і формування експертних оцінок є основою систем експлуатації [1; 2]. У ТП можливі випадки невідповідності параметрів їх елементів встановленим вимогам. При цьому знижується ефективність ТП. Невідповідності можуть мати явний або прихований характер, тому їх своєчасне виявлення зменшує витрати в системах експлуатації. Вважаємо, що моніторинг ТП включає наступні основні ТХО: вимірювання вхідних і вихідних параметрів, що

¹ аспірант кафедри авіаційних радіоелектронних комплексів НАУ

характеризують ТП, оцінка відповідності кожного з параметрів встановленим вимогам, формування висновку щодо відповідності ТП в цілому. Під час розгляду ТП будемо використовувати процесний підхід, який застосовується в стандартах ISO серії 9000, згідно з яким кожний процес характеризується входом, виходом, сукупністю ТХО та вимогами до входу і виходу ТП, а також вимогами до сукупності ТХО. У системах експлуатації входом можуть бути заявки споживачів на виконання сукупності завдань щодо надання послуг із заданими вимогами. Виходом є виконані завдання, які характеризуються набором параметрів, що можуть відрізнятися від вихідних вимог споживачів.

Розглянемо задачу моніторингу узагальненого об'єкту експлуатації, що складається з трьох елементів: вхідного потоку заявок, ТХО та виконаних завдань. Для вибору раціонального варіанту організації робіт з контролю можна використовувати показник ефективності у вигляді середньої вартості контролю. Критерієм ефективності варіанта організації робіт є мінімальне значення показника.

Для визначення формули показника ефективності вважаємо, що задані середні вартості моніторингу зазначених трьох об'єктів контролю відповідно C_1, C_2, C_3 . Нехай $C_2 \gg C_1$ та $C_2 \gg C_3$. Крім того, задані імовірності невідповідностей, що можуть виникати в першому та другому об'єктах контролю $p_0^{(1)}$ і $p_0^{(2)}$ відповідно. Імовірності того, що перший і другий об'єкти контролю відповідають встановленим вимогам – $p_1^{(1)} = 1 - p_0^{(1)}$, $p_1^{(2)} = 1 - p_0^{(2)}$. Звідси $p_0^{(3)} = 1 - p_1^{(3)}$, $p_1^{(3)} = p_1^{(1)} p_1^{(2)}$.

Розглянемо перший варіант організації процедури моніторингу другого об'єкту контролю, коли контролюється тільки він сам. Середні витрати на контроль: $m_1(C/\text{вар } 1) = p_1^{(1)} C_2 + p_0^{(1)} C_2 = C_2 (p_1^{(1)} + p_0^{(1)}) = C_2$. Отже, у випадку першого варіанту середні витрати на контроль будуть дорівнювати середнім витратам на контроль другого об'єкту контролю.

Другий варіант – одночасно виконують моніторинг першого та третього об'єктів контролю, а за необхідністю (у випадку невідповідності потоку вхідних завдань) і другий об'єкт. Середні витрати на контроль:

$$m_1(C/\text{вар } 2) = p_1^{(1)} p_1^{(3)} (C_1 + C_3) + p_1^{(1)} p_0^{(3)} (C_1 + C_3) + p_0^{(1)} p_1^{(2)} (C_1 + C_2 + C_3) + p_0^{(1)} p_0^{(2)} (C_1 + C_2 + C_3) = C_1 + C_3 + C_2 p_0^{(1)}.$$

Отже, у випадку другого варіанту середні витрати на контроль лінійно залежать від витрат на контроль кожного об'єкту контролю та імовірності невідповідності першого об'єкту.

Третій варіант – контролюється третій об'єкт процесу, а у випадку його невідповідності – другий об'єкт технологічного процесу.

$$m_1(C/\text{вар } 3) = p_1^{(3)}C_3 + (1 - p_1^{(3)})p_1^{(2)}(C_2 + C_3) + (1 - p_1^{(3)})p_0^{(2)}(C_2 + C_3) = C_2 + C_3 - C_2p_1^{(2)}(1 - p_0^{(1)}).$$

Отже, у випадку третього варіанту середні витрати на контроль лінійно залежать від витрат на контроль другого та третього об'єкту процесу та ймовірності невідповідності першого об'єкту процесу і ймовірності відповідності другого об'єкту.

Результати можуть бути використані в системах експлуатації під час вирішення задач проектування, розробки та модернізації ТП. Наведені формули можуть застосовуватися для розрахунку процесів систем експлуатації технічного обладнання, комплексів обробки інформації, систем менеджменту якості тощо.

Список літератури

1. Мелкумян В.Г. Технологічні системи обслуговуючого типу. Елементи теорії проектування і прикладні задачі експлуатації / В.Г. Мелкумян. – К.: НАУ, 2003. – 171 с.
2. Соломенцев О.В. Урахування похибок діагностування під час аналізу технологічних операцій / О.В. Соломенцев, М.Ю. Заліський, В.В. Німич, І.М. Яшанов // Електроніка та системи управління. – 2007. – №3(13). – С. 134–140.

УДК 004.054

Брагина Т.И.¹, Табунщик Г.В.²

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ

Управление рисками осуществляется в условиях комплексного воздействия рискообразующих факторов, неопределенности системных и внешних параметров. Наиболее критичными являются риск внутренних нарушений календарного планирования и риск изменения требований [1]. Управлению данными рисками посвящено множество исследований, однако, нет методов, учитывающих их комплексное влияние. Следовательно, актуальной задачей является разработка метода для прогнозирования рисков нарушения календарного планирования, учитывающего влияние изменения требований.

¹ аспирант Запорожского национального технического университета

² к.т.н., доцент кафедры Программных средств ЗНТУ

Пусть имеются значения предварительной общей трудоемкости проекта C [2]. Для оценки влияния возможных рисков необходимо выполнить следующие действия:

1. Получить на основании экспертных мнений прогнозную оценку проектного риска для каждой рассматриваемой модели разработки [3]. Данный метод определяет средний уровень риска для различных моделей разработки.

2. Определить функции потерь [4] от изменения требований для рассматриваемых моделей.

Изменение требований на этапе разработки требований вызывают затраты на несколько порядков меньше, чем устранение этих же проблем на поздних стадиях разработки. Поэтому для отражения влияния изменения требований на различных стадиях разработки была выбрана функция потерь Тагути [4]:

$$C(x) = kx^2, \quad (1)$$

где $C(x)$ – доля от проектной трудоемкости на ликвидацию последствий риска, x – процентное выполнение проекта, k – уровень риска, рассчитанный для проекта.

Нечеткий метод [3] дает возможность рассчитать вероятность наступления низкого, среднего и высокого уровня риска для различных моделей разработки. Для получения усредненного риска для каждой модели был использован метод PERT и получены следующие уровни рисков: RUP – 0.28, MSF – 0.3 и Scrum – 0.32.

Эти данные были использованы и получены графики функций потерь, на основании которых можно определить затраты на изменение требований для проанализированных моделей разработки в любой момент разработки проекта (x):

$$\begin{cases} C_{RUP} = 0.28 \times x^2 \\ C_{MSF} = 0.30 \times x^2 \\ C_{Scrum} = 0.32 \times x^2 \end{cases} \quad (2)$$

Таким образом, комбинация методов нечеткого прогнозирования рисков и функций потерь Тагути позволяет определить резервы для принятия риска изменения требований, которые необходимо учитывать при построении календарного графика для разных итераций проекта. Полученные в результате применения метода данные могут использоваться при построении

графіка календарного планування з метою урахування рівня ризику, застатованої моделі розробки та ступеня завершеності проекту.

Список литературы

1. Брагина, Т.И. Анализ подходов к управлению рисками в программных проектах с итеративным жизненным циклом [Текст] / Т.И. Брагина, Г.В. Табуншич // Радиоелектроника. Информатика. Управління. – 2011. – №2 – С. 120–124.
2. Bragina, T. A Modified Method for Estimating Software Projects Labor Costs [Текст] / T. Bragina, G.Tabunshchik // TCSET'2012: Proc. Of XI Int. Conf. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2012. – P. 245.
3. Bragina, T. Fuzzy model for the software projects design risk analysis [Текст] / T. Bragina, G.Tabunshchik // CADSM 2011: Proc. Of XI Int. Conf. The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2011. – С. 335–341.
4. Dubrovin, V. Loss Function as Tolerance Optimization Criteria / V. Dubrovin, G. Tabunshchik // Proceedings of International Conference TCSET'2000. Lviv–Slavsko (Ukraine). – 2000. – P. 45–46.

УДК 621.396.

Недоступ Л.А.¹, Кіселичник М.Д.², Заярнюк П.М.³

ПРОГНОЗУВАННЯ КВАЗІДЕТЕРМІНОВАНИХ ДРЕЙФІВ ПАРАМЕТРІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ МЕТОДАМИ КВАНТИЛЬНИХ ЗОН

Процеси дрейфу параметрів радіоелектронної апаратури довготривалого використання у своїй більшості характеризуються двома складовими: монотонними дрейфами і випадковими дрейфами. Особливістю перших є їх незворотність у часі. Ці процеси відбуваються під впливом поступових змін в матеріалах внаслідок старіння, процесів окислення, кристалізації і декристалізації, вичерпування ресурсу, довготривалого механічного, теплового, радіаційного навантаження, зношення та інших факторів. При встановленні причинно-наслідкових зв'язків між вказаними процесами, які призводять до зміни стану об'єкту, цю складову можна розглядати як детерміновані процеси з випадковими початковими значеннями параметрів. Важливістю другої складової дрейфу є її оборотність, нестационарна випадковість, обумовлена стохастичною дією багатьох де-

¹ д.т.н., проф., зав. кафедри ТРР, ІПРЕ, НУ «Львівська політехніка»

² к.т.н., проф. каф. ТРР, ІПРЕ, НУ «Львівська політехніка»

³ аспірант каф. ТРР, ІПРЕ, НУ «Львівська політехніка»

стабілізуючих факторів, різних за природою, амплітудною і частотною відмінністю, а також кореляційною залежністю. Причинами цих процесів є нестабільність живлення, внутрішні і зовнішні завади, вплив на апаратуру короткотривалих механічних, електричних і інших чинників. В межах окремих і часто обмежених часових інтервалів ці дрейфи можуть характеризуватись практично незмінними значеннями початкових і центральних моментів переважно нормальних розподілів. Середньоквадратичні відхилення параметрів є значно меншими за поля допуску. При довготривалій експлуатації ці процеси є суттєво нестационарними як у вузькому, так і в широкому розумінні.

Таким чином, дрейфи параметрів апаратури з наведеними особливостями складових є квазідетермінованими процесами, прогнозування яких є можливим з використанням методів квантильних зон.

Квазідетерміновані процеси дрейфу параметрів $x(t)$ в загальному виді описуються сумою детермінованої та флуктуаційної складових.

Дослідження дрейфів параметрів електронної виміральної апаратури і апаратури іншого призначення свідчать, що зручною математичною моделлю зміни в часі математичного очікування квазідетермінованих процесів є експоненціальна спадна або зростаюча модель з степенним адаптаційним коефіцієнтом κ_1 . Зміна в часі середнього квадратичного відхилення флуктуаційної складової дрейфа адекватно моделюється лінійною функцією з кутовим адаптаційним коефіцієнтом κ_2 . В результаті, процес дрейфу описується наступними залежностями:

$$m(t)=m_0\exp(-\kappa_1 t)=\Delta_1 \text{ або } m(t)=m_0(1-\exp(-\kappa_1 t))=\Delta_2, \quad (1)$$

$$\sigma(t)=\sigma_0 + \kappa_2 t,$$

$$\alpha(t)=m(t) \pm u_p \cdot \sigma(t)=\Delta_1 \text{ або } \Delta_2. \quad (2)$$

З першого рівняння отримуємо:

$$T_{\text{зар.у}} = \ln \left(\frac{m_0}{\Delta_1} \right)^{\frac{1}{\kappa_1}}. \quad (3)$$

Друге рівняння є трансцендентним відносно t , для визначення $T_{\text{гар.ф}}$ скористуємось розкладом експоненти $\exp(-\kappa_1 t)$ в ряд, який є збіжним.

Для моделювання квазідетермінованих процесів в залежності від бажаної точності апроксимації може використовуватись ряд з обмеженою кількістю членів.

Прогнозування параметричної надійності радіоелектронної апаратури довготривалого використання методами квантильних зон дозволяє

враховувати реальну нестаціонарність флуктуаційних складових дрейфу параметрів. Ігнорування ними або необґрунтоване припущення про їх амплітудну або часову стаціонарність може приводити до суттєвих похибок прогнозування. Наведений апарат кількісного оцінювання гарантованого часу безвідмовної роботи апаратури призначений для аналізу і вибору його раціонального варіанту.

Список літератури

1. Г.Корн, Т.Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1984 г.
2. Л.А.Недоступ, М.Д.Кіселичник, Ю.Я.Бобало. Основи надійності радіоелектронних пристроїв. За редакцією д-ра техн. наук, проф. Л.А.Недоступа. Львів. Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 1998 рік.
3. Бобало Ю.Я., Кіселичник М.Д., Недоступ Л.А. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури. За редакцією проф. Недоступа Л.А. Монографія. Львів. ДУ «ЛП». 1996 р.

УДК 004.43

Малий О.Ю.¹

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ MC-CAD

На основі розроблених методів та алгоритмів автоматизації програмування було розроблено програмний комплекс MC-CAD, що дозволяє проводити автоматизацію програмування мікроконтролерів, за допомогою якого було проведено перевірку проведених досліджень та який користувач/інженер може застосовувати для спрощення процесу розробки програм мікроконтролерів, а як наслідок і мікроконтролерних систем в цілому.

Структура та взаємозв'язок модулів програмного комплексу відображено на рис. 1.

Основним і найскладнішим елементом файлу є програма на універсальній мові програмування мікроконтролерів, яка вказує алгоритм взаємодії між вузлами, тобто відповідність вихідних сигналів вхідним. Даний блок, по суті, є алгоритмом роботи системи в цілому, тому поділ на окремі елементи відсутній.

¹ асист.каф.ІТЕЗ ЗНТУ

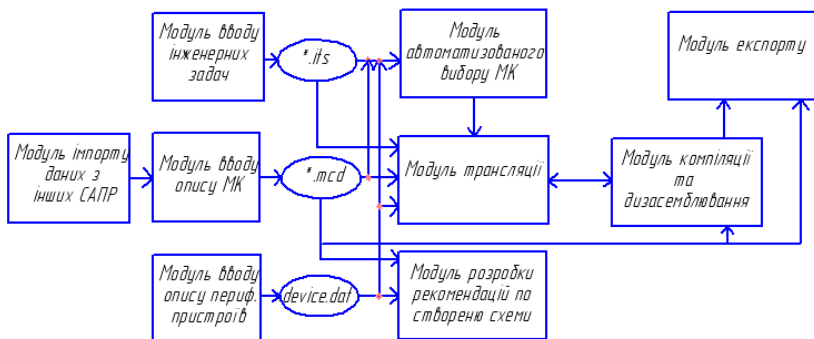


Рис. 1. Структурна схема програмного комплексу автоматизації програмування мікроконтролерів

Основні дані щодо опису кожного окремого пристрою, розробленого запропонованою програмою зберігається у файлі формату *.its. Запропонований формат файлу дозволить однозначний опис інженерного завдання, заданого користувачем і спростить передачу введеної інформації в систему автоматизованого програмування.

База підтримуваних елементів і мікроконтролерів зберігається в зовнішніх бібліотеках, які мають можливість розширення. Відкрита структура бібліотек – у вигляді масивів об'єктів дозволяє розширювати елементну базу й базу мікроконтролерів.

Оскільки у програмному комплексі для взаємодії з зовнішніми САПР передбачено модуль імпорту та модуль експорту, то дані отримані в інших САПР можуть бути використані в програмному комплексі для спрощення створення файлів даних, а отримані дані (програми мікроконтролерів та файли опису мікроконтролерів) можуть бути використані для подальшої розробки системи на основі мікроконтролеру (створення та налагодження схеми, створення платі і т.ін.).

Розроблений на основі запропонованих алгоритмів і методів програмний комплекс дозволяє робити опис будь-яких мікроконтролерів, проводити опис інженерної задачі та на її основі автоматизувати вибір цільового мікроконтролера, здійснювати компіляцію вихідної задачі в мову обраного мікроконтролера, трансляцію й дизасемблювання програм будь-яких мікроконтролерів. Результати роботи дозволяють скоротити час для створення нових радіоелектронних пристроїв на основі мікроконтролерів.

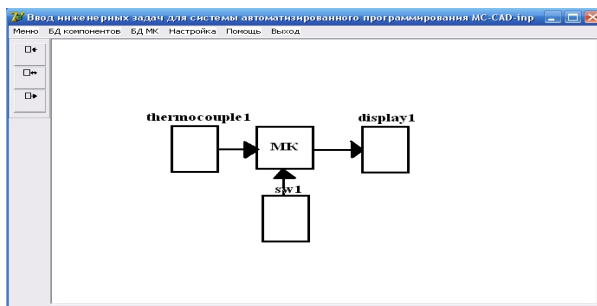


Рис. 2. Поле програми після додавання всіх компонентів

Список літератури

1. О.Ю.Малий, Розробка методів універсалізації програмування мікроконтролерів різних сімейств/ А.Ю. Мальный //Радіотехніка. – 2009. –№4 – С. 210–225
2. О.Ю.Малий, Алгоритм автоматизованого вибору восьмирозрядного мікроконтролеру при вирішенні інженерних задач / О.Ю.Малий, О.Ю.Фарафонов, М.І.Лазуткін // Радіотехніка. – 2011. –№4 – С. 171–180

УДК 621.396.6.004 : 004.942

Шило Г.М.¹, Коваленко Д.А.², Гапоненко М.П.³

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДОПУСКОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ INTOL

В процесі створення та удосконалення радіоелектронних пристроїв важливим завданням є забезпечення заданого рівня якості та скорочення термінів проектування і виробництва. Серед задач забезпечення якості однією з найважливіших є задача забезпечення точності апаратури впродовж усього її життєвого циклу. Ця задача вирішується в процесі допускового проектування, коли призначаються допустимі відхилення параметрів елементів і вибираються коефіцієнти зовнішніх впливів з урахуванням умов експлуатації і старіння елементів.

Сучасні системи автоматизованого проектування радіоелектронних апаратів не в повному обсязі вирішують задачу допускового проектування. Фактично в них використовуються лише процедури аналізу

¹ к.т.н., доцент кафедри ІТЕЗ ЗНТУ;

² к.т.н., старший викладач кафедри ІТЕЗ ЗНТУ

³ к.т.н., доцент кафедри ІТЕЗ ЗНТУ

допусків. Метою роботи є розробка програмного комплексу з повним набором процедур допускового проектування і можливістю спряження з існуючими системами автоматизованого проектування радіоелектронних апаратів.

Для вирішення цієї задачі розроблено математичне забезпечення, яке дозволяє аналізувати та призначати допуски з урахуванням законів розподілу параметрів елементів:

- інтервального закону (інтервальні допуски);
- нормального закону (нормальні допуски);
- законів розподілу у вигляді статистичних рядів (статистично-орієнтовані допуски).

Призначення допусків може проводитись з використанням різноманітних стратегій оптимізації:

- рівних допусків;
- максимального об'єму допускової області;
- мінімальної вартості елементів;
- оптимального співвідношення ціна / якість.

Математичне забезпечення використовує геометричні підходи [1, 2], які базуються на встановленні тотожності дотичних гіперплощин до допускової області, побудованої у відповідності з законом розподілу параметрів елементів, і межових гіперповерхонь області працездатності в точках їх дотику. Геометричні підходи дають можливість врахувати нелінійність вихідної характеристики, зміну параметрів елементів при старінні та дії зовнішніх чинників і забезпечують достатньо високу точність розрахунків при невисокій обчислювальній складності.

На базі математичного забезпечення розроблено програмний комплекс INTOL. Основними компонентами комплексу є:

1) модуль формування початкових даних та обмежень, в якому реалізується введення користувачем початкових даних та обмежень для розрахунків;

2) модуль призначення допусків і вибору елементів, який містить процедури, що реалізують окремі методи допускового проектування для різних законів розподілу параметрів елементів;

3) модуль формування вихідних характеристик, в якому отримуються значення вихідних характеристик в номінальній точці та на межі області працездатності. Процедура формування значень вихідних характеристик може виконуватись в двох режимах:

- в автоматичному режимі, якщо вихідну характеристику радіоелектронного апарату можна задати у вигляді функціональної залежності;

– в діалоговому режимі, якщо значення вихідної характеристики обчислюється за допомогою системи автоматизованого проектування.

4) модуль генерації результатів, який формує звіти за результатами розрахунків.

Модульна структура дає можливість удосконалення програмного комплексу за рахунок підключення нових процедур допускового проектування без значної зміни реалізованих програмних модулів. Впровадження програмного комплексу допускового проектування INTOL на підприємствах радіоприладобудівної галузі дозволить зменшити вартість елементів і скоротити терміни розробки пристроїв.

Список літератури

1. Шило Г.Н. Геометрические методы назначения допусков / Г.Н. Шило // Проблемы управления и информатики. – 2007. – №2. – С. 118–126.

2. Шило, Г.Н. Выбор параметров элементов с учетом внешних воздействий при нормальном законе распределения / Г.Н. Шило, Д.А. Коваленко, Н.П. Гапоненко // Прикладная радиоэлектроника. – 2010. – т. 9 – №2. – С. 254–259.

УДК.621.3.049.77

Невлюдов И.Ш.¹, Палагин В.А.², Разумов-Фризюк Е.А.³, Жарикова И.В.⁴

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОЗОНДОВЫХ ПОДКЛЮЧАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОМПОНЕНТОВ VGA/CSP

В процессе входного и функционального контроля электронных компонентов (ЭК) с большим количеством выводов существует вероятность принятия решения об отнесении бракованных изделий к годным и наоборот. Для исключения ошибок необходимо использовать устройства с возможностью проверки подключения каждого контакта устройства контроля к контролируемым выводам.

С увеличением количества и плотности расположения контролируемых выводов усложняются и контактирующие устройства, что вызывает повышение сложности их изготовления и ремонта, увеличение стоимости, снижение надежности контакта – как отдельных контактирующих элементов, так и контактирующего устройства в целом.

¹ д.т.н., проф., зав. каф. ТАПР ХНУРЭ

² к.т.н., проф. каф. ТАПР ХНУРЭ

³ к.т.н., ассистент каф. ТАПР ХНУРЭ

⁴ аспирант каф. ТАПР ХНУРЭ

Авторами предлагается МЭМС многозондовое подключающее устройство (МПУ) с нетрадиционной формой зондов и метод их прижатия для подключения к матричным шариковым выводам электронных компонентов типа BGA/CSP [1]. Данные компоненты широко применяются в электронной аппаратуре, а существующие методы их контроля не всегда обеспечивают необходимую точность, а также могут приводить к повреждению шариковых выводов в процессе их тестирования.

Разработанное МПУ реализуется в виде многослойного гибкого шлейфа, изготовленного из фольгированного диэлектрика, на котором в зоне подключения к контролируемому компоненту расположены зонды специальной формы (рис. 1). Контактное прижатие прижимающей пластины (ПП), показанной на рис. 2, с объектом контроля осуществляется за счет прижатия участка с зондами сжатым воздухом, что создает необходимую и одинаковую силу прижатия в различных точках гибкого пленочного основания.

Одним из способов устранения ошибок контроля является подключение удвоенных или нескольких зондов к каждой контролируемой точке.

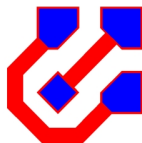


Рис. 1. Соединенные крестообразно части зонда

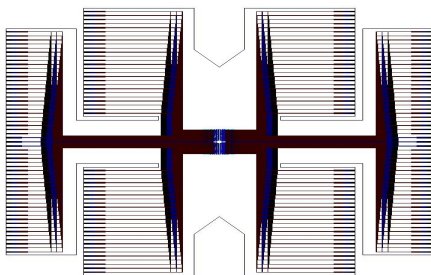


Рис. 2. Топология ПП МПУ для микросхем в корпусе FG 320

Для обеспечения надежного контакта зондов с шариковыми выводами и предотвращения окисления элементы зондов, представляющие собой плоские алюминиевые площадки, гальваническим способом покрываются никелем толщиной 5–10 мкм.

Каждый зонд МПУ разделен на четыре отдельных части, что дает возможность самоконтроля контакта каждого зонда к соответствующему выводу ЭК перед его проверкой или в случае необходимости.

В качестве материала прижимающей пластины был выбран полиимид ФДИ-А-35 (полиимид толщиной 15 мкм и алюминий толщиной 20 мкм), характеризующийся гибкостью, пластичностью и стабильностью электрических характеристик.

Проводниковая система с высокой точностью может быть изготовлена методами печати, литографии или другими.

Трассировка проводниковой системы выполнена на втором, третьем и четвертом слоях проводниками шириной 75 мкм при минимальном расстоянии между проводниками 150 мкм. Межслойные соединения проводников осуществляются ультразвуковой сваркой через окна в изоляции размерами 150×150 мкм.

Внешние концы полиимидного шлейфа соединены с ZIF-разъемами, обеспечивающими подключение прижимающей пластины к автоматизированному измерительному комплексу.

МПУ для контроля BGA-компонентов позволяет имеет малые массогабаритные показатели, невысокую себестоимость по сравнению с аналогами, позволяет уменьшить время и себестоимость операции контроля.

Список литературы

1. Патент України № 95190. Мікроелектромеханічний багатозондовий підмикальний пристрій, опубл. 11.07.2011, бюл. № 13.

УДК 621.396.6:004.942

Шило Г.М.¹

ДОПУСКОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ МЕТОДОМ СГЛАЖЕННЫХ ВЕРШИН

Допусковое проектирование является одним из важнейших этапов разработки радиоэлектронных устройств. Поскольку допустимые отклонения параметров элементов задают точность выходных функций и влияют на стоимость аппаратуры. Величины назначаемых допусков существенно зависят от закона распределения параметров, формируемого в процессе изготовления составных частей различных устройств. Это привело к широкому использованию для решения задач допускового проектирования метода моментов, который учитывает основные параметры законов распределения: математическое ожидание и дисперсию [1]. Однако ограниченный набор моментов и формирование моделей выходных функций в точке номинальных значений параметров не обеспечивало достаточную точность процедур допускового проектирования даже для нормального закона распределения параметров.

Увеличение точности процедур назначения допусков произошло с появлением метода касательных [2], в котором допустимые отклонения параметров формируются точками касания допусковых областей и границ

¹ к.т.н., доцент кафедры ИТЕЗ ЗНТУ;

области работоспособности устройств, а также используются интервальные модели выходных функций. Такой подход успешно использовался в процедурах назначения допусков при интервальном и нормальном законах распределения параметров [3, 4]. Но до настоящего времени оставался нерешенным вопрос о повышении точности расчетов при других законах распределения. Необходимость и важность разработки соответствующих методов связана с тем, что при большом количестве элементов интервальные и нормальные допуски могут отличаться в несколько раз.

Целью работы является разработка метода допускового проектирования радиоэлектронных устройств в случае распределений параметров, заданных статистическими рядами. Для решения поставленной задачи необходимо разработать:

- математическую модель законов распределения для использования в процедурах назначения допусков;
- метод формирования допусковых областей на основе полученных моделей законов распределения;
- метод допускового проектирования радиоэлектронной аппаратуры с использованием полученных моделей допусковых областей.

Формирование допусковых областей проводится с помощью математических моделей в виде аналитических выражений плотности распределения, убывающей к границам статистического ряда. Оценивание формы закона распределения проводится с помощью коэффициента нормализации, который можно рассматривать как критерий близости закона распределения статистического ряда к нормальному распределению в смысле формирования допустимых отклонений параметров. Использование аппроксимации граничных участков статистических рядов функциями, подобными нормальному закону распределения, позволило создавать допусковые области с вершинами, сглаженными с помощью эллипсоидных поверхностей – брусозэллипсоидные допусковые области.

Разработанный метод допускового проектирования позволяет проводить анализ и назначать статистически-ориентированные допуски, когда законы распределения параметров заданы статистическими рядами. Предложенный метод обеспечивает такую же точность процедур допускового проектирования, как и метод касательных при назначении нормальных допусков. Метод может использоваться и для аналитически заданных законов распределения. В этих случаях только необходимо проводить аппроксимацию граничных участков распределений. Исключение составляет интервальное распределение, которое формирует допусковую

область в виде бруса – гиперпараллелепипеда с ребрами параллельными осям координат.

Список литературы

1. Михайлов А.В. Точность радиоэлектронных устройств / А.В. Михайлов, С.К. Савин. – М.:Машиностроение, 1976. – 214 с
2. Шило Г.Н., Воропай А.Ю., Гапоненко Н.П. Расчет и назначение допусков методом касательных // Известия вузов «Радиоэлектроника».–2006, №2. С. 43–52.
3. Шило Г.Н. Назначение интервальных допусков методом отображений / Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2009. № 5. – С. 24–34.
4. Шило Г.Н. Назначение нормальных допусков с учетом ценовых характеристик электрорадиоэлементов / Г.Н. Шило // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2012. – Т.55, №3. – С.48–56.

УДК 621.6 : 681.5

Шитикова Е.В.¹, Табунщик Г.В.²

МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Одним из средств, позволяющим достигнуть хороших эксплуатационных характеристик сложных технических систем, таких как газотурбинные установки наземного применения (ГТУ НП), являются испытания, которые позволяют обеспечивать высокую степень надежности и безопасности выпускаемых изделий. Количественной мерой надежности и безопасности может служить риск [1].

Значительно повысить качество контролируемой информации, оперативность ее получения, а также снизить риски учета ошибочной информации возможно за счет автоматизации процессов управления. Поэтому необходимо разработать метод оценки рисков процесса испытаний ГТУ НП, как составной части информационной модели процесса испытаний ГТУ НП[2].

Представим процесс испытаний ГТУ НП в виде переходов системы из начального состояния к заданному конечному по выбранному плану с коррекцией в случае отклонения от него. Исходя из этого, введем следующие понятия:

$T\{T_i\}$ – это множество этапов рассматриваемого процесса испытаний ГТУ НП, при $i = \overline{1, I}$, где I – количество этих этапов;

¹аспирант кафедры программных средств ЗНТУ

²кандидат технических наук, доцент кафедры программных средств ЗНТУ

$Y\{Y_{ij}\}$ – множество контролируемых параметров (контрольных точек) процесса испытаний, по достижении которых судят об успешности данного процесса, при $j = \overline{1, J}$, где J – количество контролируемых параметров на каждом из этапов;

Рассмотрим конечное множество возможных событий неуспеха $E\{E_{in}\}$ процесса испытаний ГТУ НП, где каждое из событий неуспеха E_{in} взято отдельно от остальных на каждом из этапов, при $j = \overline{1, N}$, где N – количество событий неуспеха на каждом из этапов. При этом каждое из этих событий неуспеха способно принести ущерб $L(E_{in})$.

Тогда риск возникновения события неуспеха E_{in} с вероятностью $P(E_{in})$ можно выразить в виде следующей формулы

$$R(E_{in}) = P(E_{in}) * L(E_{in})$$

Будем считать, что для предотвращения каждого из событий неуспеха E_{in} существуют такие корректирующие воздействия (контрмеры) K_{inm} , которые способны компенсировать событие E_{in} и требующие затрат равных $L(K_{inm})$, при $m = \overline{1, M}$, где M – количество возможных контрмер для каждого из событий неуспеха.

В свою очередь, контрмеры разделяются по времени применения на упреждающие, которые осуществляются до наступления события неуспеха, и контрмеры реакции на риск, осуществляемые после. При наличии упреждающих контрмер и контрмер реакции на риск у одного и того же события неуспеха для выбора одной из них воспользуемся методом анализа иерархий.

Для каждого этапа определяются Y_{ij} , E_{in} и K_{inm} , причем для некоторых событий неуспеха установлены как упреждающие контрмеры, так и контрмеры реакции на риск.

Оценены относительные веса k_{inm} каждой из контрмер по отношению к альтернативным вариантам. При этом были выделены ряд критериев сравнения: затраты на реализацию контрмер $L(K_{inm})$, степень компенсации события неуспеха от применения контрмеры k'_{inm} , является ли данная контрмера упреждающей или реакцией на риск.

Тогда риск наступления события неуспеха с учетом применения контрмеры можно выразить в следующем виде

$$R_k(E_{in}) = R(E_{in}) * k'_{inm}$$

Полный (обобщенный) риск неуспеха процесса испытаний ГТУ НП $R(E)$ можно выразить в виде следующей суммы

$$R(E) = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N R_k(E_{in}) = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N R(E_{in}) * k'_{inm}$$

где k'_{inm} – степень компенсации события неуспеха той из контрмер, которая будет использована для компенсации конкретного события неуспеха.

Полученный метод оценки риска был апробирован на примере этапа «Планирование» процесса испытаний ГТУ НП.

Список литературы

1. Шитикова Е.В. Анализ рисков газотурбинных установок наземного применения [Текст] / Е.В. Шитикова, Г.В. Табунщик // Вісник двигунобудування. – 2012. – №1. – С. 54–59.
2. Шитикова Е.В. Моделирование процесса испытаний газотурбинных установок наземного применения [Текст] / Е.В. Шитикова, Г.В. Табунщик // Системний аналіз. Інформатика. Управління (САІУ-2012): матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 14–16 березня 2012 року) / Міністерство освіти і науки України, Запорізька обласна державна адміністрація, Академія наук вищої школи України, Класичний приватний університет. – Запоріжжя : КПУ, 2012. – С. 307–308.

УДК 621.3.049.77:681.586

Швец Є.Я.¹, Кісельов Є.М.², Сечин А.С.³

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ПІРОЕЛЕКТРИЧНОГО ДАТЧИКА ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ

Піроелектричний струм чутливого елемента датчика випромінювань є складною функцією його геометричних розмірів, фізичних характеристик піроелектричного матеріалу, умов теплообміну датчика з навколишнім середовищем і формується згідно [1], під дією двох основних чинників – величини приросту температури чутливого елемента і швидкості зміни приросту температури. Тому, актуальним є дослідження розподілу тепла в структурі датчика випромінювань і визначення його інерційності на основі рішення нестационарної теплової задачі.

¹ к.т.н., проф., перший проректор Запорізької державної інженерної академії (ЗДІА), зав. кафедрою фізичної та біомедичної електроніки (ФБМЕ) ЗДІА

² к.т.н., доц. кафедри ФБМЕ ЗДІА

³ аспірант кафедри ФБМЕ ЗДІА

З цією метою була використана система Elcut [2], в якій процеси теплопередачі в досліджуваному датчику розраховувалися за двовимірним рівнянням теплопровідності:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q(T) - c(T) \rho \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (1)$$

де T – температура; t – час; $\lambda(T)$ – теплопровідність, як функція температури; $q(T)$ – питома потужність тепловиділення, $c(T)$ – питома теплоємність; ρ – щільність.

Геометрична модель досліджуваного датчика випромінювань включає три основні підсистеми – піроелектричний перетворювач, ізолюючий шар SiO_2 і кремнієву підкладку з виконаним в ній біполярним транзистором з польовим керуванням [3].

Рівняння (1) вирішувалося на сітці кінцевих елементів, яку було згенеровано відповідно до геометричної моделі. При цьому використовувалися наступні граничні умови:

– для поверхні, що поглинає випромінювання, контрольоване датчиком, задавалася гранична умова радіації:

$$F_n = \beta \cdot k_{SB} \cdot (T^4 - T_0^4), \quad (2)$$

де F_n – нормальна компонента вектора щільності теплового потоку, k_{SB} – константа Стефана-Больцмана, β – коефіцієнт поглинання поверхні і T_0 – температура поглинаючого середовища;

– для поверхонь з постійними радіацією і конвекцією задавалися граничні умови конвективного теплообміну:

$$F_n = \alpha (T - T_0), \quad (3)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі;

– для нижньої поверхні підкладки датчика задавалося постійне значення температури, що дорівнює 290 К.

Результати рішення задачі теплообміну у вигляді залежності величини градієнта температур в напрямі, перпендикулярному площині поверхні, що поглинає випромінювання показують, інерційність датчика складає 3 с.

З метою оптимізації конструкції датчика за величиною інерційності, було проведено дослідження конструкції, що має додатковий теплоізолюючий шар з фторопласту – 4. Аналіз розподілу тепла в оптимізованій конструкції показує, що при створенні додаткового теплоізолюючого шару з фторопласту – 4 товщиною 1 мкм, інерційність знижується до 1 с, а

величина градієнта температур на протилежних поверхнях піроелектричного перетворювача, підвищується в два рази, збільшуючи, таким чином, величину чутливості.

Список літератури

1. Кременчугский Л.С. Пирозлектрические приемные устройства / Л.С. Кременчугский, О.В. Ройцина. – К. : Наук. думка, 1982. – 364 с.
2. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов – Версия 5.3: [Руководство пользователя]. – С-Пб.: ПК TOP, 2006. – 288 с.
3. Швец Е.Я. Разработка и исследование интегрированных комбинированных датчиков мощности излучений / Е.Я. Швец, Е.Н. Киселев // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2005. – №2(14). – С. 37–42.

УДК 620.179.14

Хандецький В.С.¹, Тонкошкур Ю.О.²

ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЛАБОПРОВІДНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИХОРОВИХ МАГНІТНИХ ПОЛЯХ

Одним з основних параметрів слабопровідних гетерогенних матеріалів, наприклад порошків, є величина еквівалентної питомої електропровідності матеріалу. Велике практичне значення має розробка методів вимірювання цієї провідності порошкового матеріалу при значеннях щільності, що є близькими до насипної щільності порошків [1]. Такі матеріали за допомогою зв'язуючого компоненту створюють композитні покриття в хімічних джерелах струму, сонячних елементах, сучасних елементах електронної техніки тощо.

Однак, апаратури для вимірювання електрофізичних властивостей порошкових матеріалів з достатньою для сучасних умов точністю практично не існує. Найбільш поширеною практикою тут є пресування порошку до стану твердого тіла з подальшим застосуванням контактних методів вимірювання, електричної провідності. Проте при пресуванні деформуються, а у ряді випадків і просто розтрощуються гранули порошку, що змінює їх електрофізичні властивості. Тому найбільш доцільним є створення безконтактних методів вимірювання властивостей порошків з використанням вихорострумових датчиків [2]. Ці методи, також, дозволяють

¹ Докт. техн. наук, проф., зав. каф. ЕОМ ДНУ

² Аспірант каф. ЕОМ ДНУ

здійснювати контроль в виробничих умовах, без зайвих складнощів автоматизувати процес контролю, поєднати його з технологічним процесом.

Розроблено математичну модель, яка дозволяє наближено, але в аналітичному вигляді розрахувати еквівалентну електричну провідність шару порошкового матеріалу за результатами безконтактних вимірів у вихоровому магнітному полі. В якості критерію еквівалентності використовується рівність джоулевих втрат в гранулах порошку і в гомогенній пластині тієї ж товщини, що і шар порошку. Щільність порошку близька до насипної. Одержані результати дозволили розрахувати провідність порошків MnO , одержаних при різних температурах відпалу, і можуть використовуватись для порошкових матеріалів з еквівалентною провідністю від десятих долів $См/м$ до провідності порошків графіту. Розроблено методику контролю з алгоритмом корекції змінення взаємного розташування датчика і шару гетерогенного матеріалу.

Аналіз еквівалентних схем, що відображують процес взаємодії прохідного вихорострумового датчика з вихоровими струмами, наведеними в зерні порошку, дозволив установити зв'язок між потужністю джоулевих втрат поля датчика і його внесеними параметрами. Одержані результати безконтактних вихорострумових вимірювань порошків графіту різних модифікацій, порошків MoO_3 , MnO_2 , $LiMn_2O_4$, фторованого графіту та інших при різних значеннях щільності порошків, що фіксуються в процесі вібраційного ущільнення. Підтверджено, що значення відносного, внесеного в вихорострумовий датчик активного опору, що є інформаційним параметром для порошкових матеріалів з електричною провідністю не вище провідності порошків графіту на частотах до 200 МГц, є пропорційними щільності порошку. Це характеризує вірність одержаних розрахункових формул і вказує на те, що шляхом обчислення градієнту указаної залежності по щільності порошку, ми одержимо значення питомої електропровідності зерна порошку, нормоване до щільності зерна. Розроблено методику безконтактних вимірювань електрофізичних властивостей слабопровідних порошкових матеріалів у вихоровому магнітному полі. Ця методика регламентує одночасні вимірювання електричної провідності і щільності порошкового матеріалу. Проведено порівняння декількох механізмів змінення щільності порошкового матеріалу, зокрема за рахунок почергового повороту циліндричного пробовідбірника з порошком праворуч та ліворуч зі змінною частотою, за рахунок почергового змінення кута нахилу пробовідбірника відносно осі симетрії з різною частотою, за рахунок обернено-поступового руху пробовідбірника з різною амплітудою та частотою. Останній метод дозволив одержати найбільші щільності порошків з достатньо однорідним розподілом щільності по висоті циліндрич-

ного пробовідбірника. Збільшення щільності порошкового матеріалу за рахунок пресування вживати не рекомендується, так як при цьому розподіл щільності по висоті пробовідбірника є нерівномірним.

Список літератури

1. Khandetskyi V. S., Redko V. I., Shembel E. M., Meshri D. Method and automatic system for determination of physical properties of powdered materials. – Proc. of 11-th Int. Symp. of Solid Oxide Fuel Cells.– Vienna, Austria, Oct.4–9, 2009. – Pp. 216–218.

2. Хандецький В.С., Тонкошкур Ю.А. Метематична модель для визначення електропровідності шару порошкового матеріалу при безкон-тактних вимірюваннях // Системні технології, 1(72), 2011, Т.1, С.115–122.

УДК 004.414.23 : 621.396.94

Uglev V.A.¹, Mishkina N.Yu.²

COMMAND, COMMUNICATION, AND TELEMETRY SYSTEM WORK MODELING FOR OPTIMAL CHOICE OF A DESIGN DECISIONS

Complexities of design space vehicles equipment optimization require intensive using of information technology. Any information system which is oriented to support the design solutions should handle a prototype based on its formal representation. That simulation, performed at a decent level, allows you to find effective design solutions that meet both customer's requirements and the requirements of regulations (standards). Let's consider command, communication and telemetry system (CCATS) work simulation problem, which is focused on automated selections of design decisions.

CCATS – is a service equipment of spacecraft that meets pre-processing / post-processing signal from / transmitted in the radio lines. There signal undergoes a series of transformations (decoding / encoding, decompression / compression, deciphering / enciphering, etc.) and then is transmitted to the onboard computer or radio link. For the CCATS subsystems description it is necessary to consider all the subsystems specific character both in terms of composition and in terms of functioning.

In this situation it is rationally to implement knowledge representation about complex systems in the form of the set from ontologies: they can be used for describing both the knowledge field structure and rules (axioms) of the

¹ Ph.D., associate professor, branch of FGAOU HPE Siberian Federal University in Zheleznogorsk

² operator, Information Satellite Systems JSC, Zheleznogorsk

equipment concerned functioning [1, 2]. Thus, we have the basis for the functioning of the model, and it is ontology-based industry knowledge base (KB), which describes the design object. But how to handle it so that the system will recommend a designer required versions of design solutions synthesis to CCATS constructing automatically? For this purpose knowledge-over (descriptive information) layer must be an active element, representing a means of the model computation (modeling core), including reporting tools (imaging subsystem). The composition of modeling complex is shown in a generalized version in Fig.

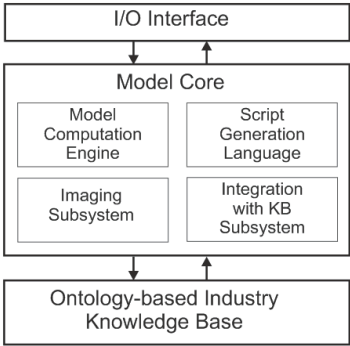


Fig. CCATS modeling engine modules interaction

This scheme combines both methods of simulation (Model Computation Engine block and Script Generation Language block) and artificial intelligence techniques (Integration with KB Subsystem block). The methods of simulation reflect the specific of the design decision options evaluation, based on the unsteady effects [3] (in this case, the instability of the radio link or space vehicles functional disorders), and the artificial intelligence techniques reflect the ontology-based KB processing (with invocation external modules for the expert judgment of the CCATS parameters in specified conditions). It is recalled that ontology-based knowledge base per se is a complex system that integrates both artificial intelligence methods (expert systems, semantic networks, fuzzy logic) and external executable modules in the implementation of the axioms (e.g., dll-libraries) into itself easily.

Improving the efficiency of satellite equipment design, such as command, communication and telemetry systems, should be based on modern decision support systems. The combination of artificial intelligence methods, simulation modeling, and industry knowledge bases allows you to create working models, which conduct selection of suitable packaging arrangement version of product in semiautomatic mode.

References

1. ISO 15926 Industrial automation systems and integration – Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities (www.iso.org)
2. Гаврилова Т.А., Муромцев Д.И. Интеллектуальные технологии в менеджменте. – М.: Высшая школа менеджмента, 2008. – 488 с.
3. Robert E. Shannon. Systems Simulation: The Art and Science. Prentice Hall, London, 1975. – 368 p.

УДК 621.396.6.017:004.942

Огренич Є.В.¹

ПРОЕКТУВАННЯ РАДІАТОРІВ З ОПТИМАЛЬНИМИ МАСОГАБАРИТНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Забезпечення теплових режимів потужних напівпровідникових приладів в радіотехнічних пристроях забезпечується в більшості випадків за допомогою радіаторів. Існує велика кількість конструкцій радіаторів [1]. Найпоширенішими з них є пластинчасті, ребристі та штирьові. Маса і об'єм радіаторів можуть в багато разів перевищувати об'єм напівпровідникових приладів. Тому є актуальною задача оптимізації масогабаритних параметрів радіаторів. Існуючі методики оптимізації не враховують тривимірний розподіл температури та використовують наближені співвідношення для визначення коефіцієнтів тепловіддачі. Для підвищення точності розрахунків при оптимізації використовують засоби інженерного проектування.

Процес оптимізації проводиться в наступному порядку:

- створення теплової моделі радіатора;
- створення математичної моделі області працездатності;
- визначення цільової функції та знаходження оптимальних розмірів елементів.

Теплова модель радіатора створюється в середовищі інженерного аналізу. Задаються розміри і параметри матеріалу радіатора, область рішення задачі, початкові та граничні умови, створюється розрахункова сітка. При створенні моделей не враховується шорсткість поверхонь радіатора, в області контакту з напівпровідниковим приладом задається постійний тепловий потік, не враховується залежність теплопровідності радіатора від температури.

¹ Асистент кафедри ИТЭС ЗНТУ

Математична модель області працездатності створюється шляхом апроксимації межевої гіперповерхні області працездатності еліпсоїдом [2]. Для покращення збіжності коефіцієнти моделі відображаються в область обернених величин. Значення коефіцієнтів визначають із умови тотожності дотичних гіперплощин до гіперповерхонь області працездатності та моделі.

Цільова функція є залежність маси від розмірів радіатора. Оптимізаційна задача вирішується за умовою:

$$R_T \leq R_{Tb},$$

де R_T – вхідний тепловий опір радіатора; R_{Tb} – гранично-допустимий вхідний тепловий опір радіатора.

Рішення оптимізаційної задачі проводиться методом множників Лагранжа. Для спрощення процедури оптимізації використовується гіперболічна модель цільової функції. Оптимальні значення розмірів радіатора знаходяться в ітераційному алгоритмі.

Запропонований алгоритм може використовуватись для оптимізації різних конструкцій радіаторів. При наявності конструктивних обмежень для процедури оптимізації достатньо змінити цільову функцію та перерахувати оптимальні співвідношення.

На цей час проведені дослідження конструкцій ребристих [3] та штирьових [4] радіаторів. У порівнянні із стандартними для ребристих радіаторів зменшення ваги досягає 2,5 разів, при цьому об'єм зростає у 1,5 рази. Оптимізація штирьових радіаторів дозволяє зменшити їх вагу у 4 рази, об'єм зростає у 2 рази. Вперше проведена оптимізація для конструкції пластинчато-ребристого радіатора, в якому зниження ваги досягає 3 разів. Оптимізовані конструкції ребристих та пластинчато-ребристих радіаторів мають близькі показники, але останні є найбільш технологічними.

Список літератури

1. Дульнев, Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры» / Г.Н. Дульнев – М.: Высш. шк., 1984. – 247 с.
2. Шило, Г.Н. Проектирование ребристых теплоотводов минимальной массы / Г.Н. Шило, Е.В. Огренич, А.В. Филобок, Н.П. Гапоненко // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2010. – №2. – С. 42–47.
3. Шило, Г.Н. Проектирование радиаторов с оптимальными массогабаритными параметрами / Г.Н. Шило, Н.П. Гапоненко, Е.В. Огренич // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2011. – №1–2. – С. 30–33.
4. Гапоненко, Н.П. Проектирование штыревых радиаторов с оптимальными массогабаритными параметрами / Н.П. Гапоненко, М.С. Марухняк, Е.В. Огренич // Прикладная радиоэлектроника. – 2012. – №1. – С. 112–115.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМА ГЕРМЕТИЧНЫХ БЛОКОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

При проектировании бортовой радиоэлектронной аппаратуры актуальной задачей является разработка несущих конструкций с минимальным объемом блоков [1, 2]. Особенно остро эта задача возникает при проектировании герметичных блоков этажерочной конструкции. Минимизация объема таких блоков производится на этапе их компоновки, когда выбираются расстояния между платами и габаритные размеры блока. Поскольку эти параметры влияют на тепловой режим электрорадиоэлементов [3], то компоновка блока производится в первую очередь при условии обеспечения теплового режима.

До недавнего времени сведения о реальном распределении температур в сложных радиоэлектронных устройствах можно было получить только в результате экспериментальных исследований. Теперь существует возможность отказаться от дорогостоящих и длительных экспериментов и проводить моделирование процессов теплопередачи в радиоэлектронных аппаратах с помощью программных средств инженерного анализа.

Целью работы является разработка метода оптимизации объемов герметичных радиоэлектронных аппаратов этажерочной конструкции с использованием современных программных средств инженерного анализа. Для решения этой задачи необходимо:

- создать тепловую модель герметичных блоков этажерочной конструкции;
- разработать метод оптимизации объема герметичных блоков этажерочной конструкции с ограничениями по тепловому режиму;
- рассмотреть особенности применения метода.

Решение этой задачи возможно с использованием для моделирования распределения температур трехмерных моделей герметичных блоков, созданных с помощью средств инженерного проектирования CAD / CAM / CAE. При создании тепловой модели не учитываются элементы объемного монтажа, соединители и рассматривается равномерное распределение мощности по поверхности печатной платы. При решении оптимиза-

¹ аспирант кафедры ИТЭС ЗНТУ

² студент кафедры ИТЭС ЗНТУ

³ студент кафедры ИТЭС ЗНТУ

⁴ старший преподаватель кафедры ИТЭС ЗНТУ

ционной задачи используется эллипсоидная модель граничной гиперповерхности области работоспособности и гиперболическая модель целевой функции. Оптимизационные соотношения получены методом множителей Лагранжа.

Результаты применения предложенного метода для герметичного блока с количеством печатных плат $n = 3$ показали, что оптимизационная процедура позволяет уменьшить объем блока на 82 % по сравнению с максимальной компоновкой (максимально целесообразные расстояния между платами, между платами и корпусом). При одинаковой тепловой нагрузке расстояние между платами почти не отличались. Обеспечивалась точность вычислений $\varepsilon = 2,5 \cdot 10^{-3}$. Максимально допустимая температура задавалась значением $\vartheta_{\text{доп}} = 70^\circ\text{C}$. Объем блока составлял 1,09; 2,93 и 1,61 л при минимальной (минимально допустимые расстояния между платами, между платами и корпусом), максимальной и оптимальной компоновках.

Предложенный метод оптимизации габаритных размеров герметичных блоков использует программные средства моделирования тепловых процессов, что позволяет отказаться от длительных и кропотливых экспериментальных исследований. Оптимальные значения размеров элементов конструкции полученные с использованием метода касательных гиперплоскостей при создании моделей границы области работоспособности и целевой функции. В связи с нелинейной зависимостью параметров моделей от условий процессов теплопередачи оптимальные соотношения определялись в итерационном алгоритме.

Разработанный алгоритм оптимизации учитывает конструктивные ограничения на размеры элементов конструкции и проводит проверку целесообразности и возможности проведения оптимизационной процедуры. Применение алгоритма позволяет уменьшить объем герметичных блоков на десятки процентов. В случае невозможности проведения оптимизационных процедур делается вывод о необходимости использования механизмов интенсификации процессов теплообмена.

Список литературы

1. Лутченков Л. С. Автоматизированное проектирование несущих конструкций радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1991. – 204 с
2. Овсищер П.И., Голованов Ю.В. Несущие конструкции радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с., ил.
3. Дульнев Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. – М.: Высш. шк., 1984. – 247 с., ил.

ПОСЛІДОВНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГОТОВНОСТІ АВІАЦІЙНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Авіаційні наземні засоби радіотехнічного забезпечення польотів відіграють важливу роль у процесі забезпечення польотів, ефективності функціонування підприємств цивільної авіації. Ефективність функціонування цих засобів забезпечує їх система експлуатації (СЕ), складовими якої є власне обладнання, нормативна документація, персонал, засоби експлуатації, до яких належать споруди, технологічне обладнання, основні та допоміжні технологічні процеси та операції тощо.

Інформаційні сигнали щодо стану авіаційних радіотехнічних засобів пов'язані з оцінками середнього напрацювання на відмову, середнього часу відновлення, коефіцієнту готовності, які в загальному випадку носять випадковий характер. Більша частина відомих результатів у сфері статистичної обробки даних у СЕ отримана на основі використання класичного підходу, коли обсяг вибірки є фіксований. Аналіз показує, що бракує застосування послідовних процедур А. Вальда щодо статистичної обробки даних у СЕ, яким притаманний у середньому менший обсяг спостережень, ніж еквівалентні їм процедури, засновані на фіксованій вибірці, для однакових рівнів показників якості обробки даних [1; 2].

Розглянемо задачу послідовного оцінювання коефіцієнту готовності для випадку експоненціального напрацювання на відмову та фіксованого часу відновлення. Оцінка коефіцієнту готовності \hat{K}_Γ за відомої оцінки середнього напрацювання на відмову \hat{T}_0 та часу відновлення T_B

$$\hat{K}_\Gamma = \frac{\hat{T}_0}{\hat{T}_0 + T_B}.$$

Для випадку правила зупину типу «вікна» та додаткових функціональних перетворень навчальних вибірок знайдений аналітичний вираз щільності розподілу ймовірності послідовної оцінки коефіцієнта готовності:

¹ д-р техн.наук, проф. каф. авіаційних радіоелектронних комплексів НАУ

² канд. техн.наук, асистент каф. авіаційних радіоелектронних комплексів НАУ

$$f_{\Pi}(\hat{K}_{\Gamma}) = \frac{\sum_n \left(\frac{n}{\Gamma(n)(1-\hat{K}_{\Gamma})^{n+1}} \left(n \frac{T_B}{\hat{T}_0} \hat{K}_{\Gamma} \right)^{n-1} e^{-\frac{n \frac{T_B}{\hat{T}_0} \hat{K}_{\Gamma}}{1-\hat{K}_{\Gamma}}} \sum_n (n-1)(1-\Delta)^{n-2} \right)}{\int_0^{-\hat{T}_0 \ln(1-\Delta)} \left[\sum_n \left(\frac{n}{\Gamma(n)(1-x)^{n+1}} \left(n \frac{T_B}{\hat{T}_0} \hat{K}_{\Gamma} \right)^{n-1} e^{-\frac{n \frac{T_B}{\hat{T}_0} x}{1-x}} \sum_n (n-1)(1-\Delta)^{n-2} \right) dx \right]},$$

де $\Gamma(n+1)$ – неповна гамма-функція; n – обсяг вибірки; Δ – параметр зупину.

Для перевірки ефективності запропонованої послідовної процедури оцінювання коефіцієнта готовності виконано порівняльний аналіз отриманих результатів за однакових тривалостей спостережень (рис. 1).

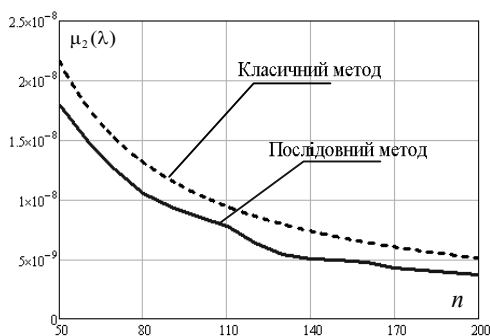


Рис. 1. Порівняння тривалостей експерименту n (класичного та послідовного методу) за однакових дисперсій оцінки $\mu_2(\lambda)$

Послідовна процедура оцінювання коефіцієнта готовності має вигравш за середньою тривалістю на 20–30 відсотків для однакових рівнях дисперсій оцінок послідовної та класичної процедури. Результати досліджень можуть бути використані під час вирішення задач розробки та модернізації систем експлуатації авіаційних радіотехнічних засобів, систем моніторингу процесів підприємств, організацій та установ.

Список літератури

1. Вальд А. Последовательный анализ / А. Вальд. – М.: Физматгиздат, 1960. – 328 с.
2. Сосулин Ю.Г. Теория последовательных решений и ее применение / Ю.Г. Сосулин, М.М. Фишман. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И КОНТРОЛЬНОЙ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В процессе изготовления такого сложного электронного устройства как преобразователь используются различные технологические процессы (ТП). Операции этих ТП разделим на две группы: технологические (ТО) и контрольные (КО). КО являются обязательными. Их невыполнение приводит к тому, что изделие не будет изготовлено. Пример ТО – операции монтажа, сборки. КО позволяют достичь требуемого уровня качества изделия, но требуют дополнительных затрат на их проведение. Пример КО – контроль качества монтажа, параметров, функционирования. При определенном уровне качества ТП часть этих операций можно не проводить и тем самым оптимизировать ТП по критерию минимума затрат на его выполнение. Реализация задачи оптимизации ТП затруднена из-за отсутствия моделей операций ТП, учитывающих особенности технического обслуживания изделия в ходе его изготовления.

Предложены модели статистической оценки результатов выполнения ТО и КО, разработаны компьютерные программы, реализующие предложенные модели.

Исходными данными для предложенных моделей являются статистические характеристики дефектов, техническая эффективность средств контроля и допустимое количество дефектов по каждой из характеристик, которое определяется нормативно-технической документацией на изделие

Введем следующие обозначения:

$Q_m^\alpha(l_m)$, $Q_m^\beta(l_m)$ – распределение вероятности наличия в изделии l_m дефектов m -го вида до и после операции ТП;

$U_m(l_m)$ – распределение вероятности внесения l_m дефектов m -го вида в изделие дефектов в ходе операции ТП.

Таким образом, результаты ТО описываются преобразованием распределений дефектов, то есть:

$$Q_m^\alpha(l_m) \rightarrow U_m(l_m) \rightarrow Q_m^\beta(l_m).$$

¹канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

²магистр ЗНТУ

Модель операции контроля предусматривает перепроверку узлов преобразователей, признанных неисправными, и преобразователи, ложно отнесенные к неисправным, снова зачисляются исправными, а узлы преобразователей, ложно отнесенные к дефектным в дальнейшем не восстанавливаются. Неисправные хотя бы по одной характеристике преобразователи направляются в сферу восстановления, где классифицируются по количеству обнаруженных дефектов на бракованные и подлежащие восстановлению. Устройства, в которых количество обнаруженных дефектов хотя бы по одной из характеристик больше допустимого, считаются бракованными и исключаются из контроля характеристик, а остальные неисправные преобразователи восстанавливаются путем замены неисправных элементов. Восстановленные, а также исправные по всем характеристикам преобразователи признаются годными и допускаются к следующей операции или использованию. Модель позволяет оптимизировать технологический процесс сборки и монтажа преобразователей по критерию минимума средних приведенных затрат.

Полученную модель предполагается использовать в дальнейших исследованиях оптимальных технологических процессов.

Список литературы

1. «Проектирование и оптимизация технологических процессов производства ЭА» В.Л. Ланин, В.А. Емельянов, А.А. Хмыль. – М.: Бестпринт, 1998 – 198 с.
2. «Радиоэлектронные автоматические системы контроля (системный анализ и методы реализации)» В.А. Долгов, А. С. Касаткин, И. Н. Сретенский: Под ред. В.Н. Сретенского. – М. : Сов. радио, 1978 – 384 с.

УДК 004.42

Точилін С.Д.¹, Краснояружська І.О.², Кугатова Д.М.²

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

В наш час здійснюється автоматизація виробничих технологічних процесів, а також фізичного експерименту в наукових дослідженнях та системі освіти. Автоматизація базується на широкому використанні комп'ютерів та комп'ютерних систем [1–3].

При цьому актуальною є задача створення недорогих комп'ютерних систем, що мають можливість як вимірювання (з достатньою точ-

¹ канд. фіз.-мат. наук, доцент, ЗНТУ

² студент, ЗНТУ

ністю) різного роду фізичних величин, так і керування зовнішніми пристроями.

Функціонально такі системи представляють електричні аналогові сигнали від датчиків у цифровому вигляді за допомогою систем збору даних на основі аналого-цифрових перетворювачів. Цифрові сигнали вводяться в керуючий комп'ютер за допомогою портів вводу, обробляються програмами і виводяться в порти виводу.

Фірми виробники систем збору даних, як правило, конструктивно оформляють їх у вигляді окремих плат або приладів. Серед останніх варто виділити цифрові мультиметри фірми Uni-Trend. Вони мають досить високу точність та низьку вартість.

У даній роботі була розроблена комп'ютерна система автоматизації фізичного експерименту, яка складається з нетбука Samsung, контролера послідовного інтерфейсу ST-Lab U-400, трьох мультиметрів фірми Uni-Trend, керуючої комп'ютерної програми, пристрою керування електроживленням та диференціальної термопари хромель-алюмель. Система використовує чотири віртуальних послідовних комп'ютерних порти контролера U-400.

Два COM-порти комп'ютерної системи дозволяють періодично, із заданим періодом від 0,5 до 600 с., реєструвати, на вибір користувача, дані по напрузі, частоті, опору, струму або ємності.

Третій порт використовується для реєстрації температури (точність 1 К).

Дані по температурі, при необхідності, можуть також використовуватися для комутації електроживлення зовнішніх пристроїв (нагрівач, холодильник) потужністю ≤ 1 кВт при термостатуванні об'єктів дослідження.

З цією метою до четвертого COM-порту контролера U-400 був підключений пристрій керування електроживленням.

Характерною рисою системи є гальванічна розв'язка контролера та комп'ютера від датчиків сигналу та пристрою керування електроживленням.

Інтерфейс користувача керуючої комп'ютерної програми представляє собою віконний Windows-додаток, створений у середовищі C++Builder.

Комп'ютерна програма системи забезпечує синхронну роботу мультиметрів, пристрою керування електроживленням, установку періоду реєстрації, подання даних вимірів у табличному та графічному виді, а також збереження експериментальних даних в xls-форматі.

Розроблена комп'ютерна система може використовуватися для автоматизації фізичного експерименту як автономно (з певним набором

датчиків), так і в складі експериментальних комплексів. Її програмні алгоритми передбачається використовувати при розробці систем автоматизації прикладних фізичних досліджень з більш високим ступенем швидкодії.

Список літератури

1. Байструков К.И. Лекции по курсу «Основы автоматизации физического эксперимента»: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 125 с.
2. Парахуда Р.Н., Шевцов В.И. Автоматизация измерений и контроля. Письменные лекции. – СПб.: РИО СЗГУ, 2002. – 75 с.
3. Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаева В.В., Материкин С.В. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 264 с.

5 СЕКЦІЯ «БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ»

УДК 004.056.53

Беліков Д.В.¹

СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ЦИФРОВОГО ПІДПISУ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА АУТЕНТИФІКАЦІЇ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

В роботі виконується дослідження існуючих на сьогодні засобів електронного цифрового підпису (ЕЦП) та шифрування, які можуть бути використані для ідентифікації мобільних пристроїв. Враховуючи той факт, що існуючі стандарти бездротового та мобільного зв'язку містять робочі специфікації алгоритмів ідентифікації та перевірки дійсності пристроїв доступу, засоби, що розглядаються в доповіді можуть бути використані для вдосконалення цих алгоритмів в окремих умовах.

В цифрових інформаційних системах і мережах ідентифікація є першою складовою частиною процедури аутентифікації, та виконує перевірку (верифікацію) існуючих ідентифікаційних даних. Ідентифікаційні дані подаються різними способами. Це можуть бути дані особи (користувача), яка є ініціатором певної транзакції, або дані кредитної (або дебетової) картки, з якої виконується списання коштів. У випадку взаємодії різних мережних пристроїв ідентифікаційними даними є власні ідентифікатори цих пристроїв, наприклад, коди IMEI (International Mobile Equipment Identity) та IMSI (International Mobile Subscriber Identity), що використовуються мобільними пристроями в мережах GSM/UMTS/LTE. Ці ідентифікатори приймають участь у алгоритмах захисту зв'язку та процедурах аутентифікації. В загальному випадку можна виділити два класи аутентифікації, які зобумовлюють використання ідентифікаторів мобільних пристроїв, або користувача:

1. Аутентифікація «пристрій – мережа».
2. Аутентифікація «пристрій – послуга» (або «пристрій – служба»).

Слід зазначити, що обидва класи можуть бути реалізовані декількома способами. Наприклад, у випадку аутентифікації «пристрій – мережа», стандарти мереж UMTS/LTE передбачають використання взаємної аутентифікації, в той час як мережі GSM забезпечують лише односпрямовану аутентифікацію. При аутентифікації «пристрій – послуга» найбільш ефективним рішенням з точки зору безпеки є застосування n -факторної

¹ аспірант каф. ЗИ ЗНТУ

аутентифікації. Найпоширеною сьогодні є двофакторна аутентифікація, при якій першим фактором захисту виступає пара «ім'я користувача/пароль» («ID користувача/пароль»), другим – пара «ID пристрою/цифровий сертифікат».

Відомо, що з розвитком мобільних технологій поширилися випадки підробки електронних ідентифікаторів мобільних пристроїв. Хоча з появою нових стандартів зв'язку процедура підміни ідентифікатора на не оригінальному пристрої ускладнюється, не всі виробники пристроїв та SIM-карт, з огляду на різні фактори, дотримуються всіх вимог до захисту ідентифікатора. Додатковий захист та посилення процедури аутентифікації можна організувати за рахунок програмного забезпечення пристроїв. Наприклад, на рівні операційної системи можливо створити унікальний ідентифікатор комбінованого типу:

$$\mathbf{IDX} = \mathbf{H} (Rand, T_s, [IMEI], [IMSI], [ID_1], [ID_2], \dots, [ID_n]), \quad (1)$$

де \mathbf{H} – односпрямована хеш-функція, $Rand$ – псевдо-випадкова послідовність, T_s – відмітка часу.

В якості ідентифікаторів ID_1, ID_2, \dots, ID_n в формулі (1) можливим є використання ідентифікаторів апаратних частин пристрою, серійних номерів, фізичних адрес мережних інтерфейсів пристрою, тощо. В сучасних операційних системах мобільних пристроїв існують механізми, які дозволяють організувати захищений доступ до ідентифікаторів виду IDX .

Важливі функції при організації систем безпеки в сучасних мережах зв'язку виконують ЕЦП та цифрові сертифікати, задача яких полягає в підтвердженні достовірності даних особи користувача, або даних, які отримані від мобільного пристрою, мережного вузла, служби. Аналіз існуючих мережних технологій та практичний досвід роботи з інформаційними і програмними системами показали, що широке розповсюдження отримали алгоритми ЕЦП на основі інфраструктури відкритих ключів РКІ. Необхідно зазначити, що не кожний протокол РКІ може бути реалізований на мобільних пристроях, зважаючи на обмежені переносимість протоколів й обчислювальні ресурси деяких з пристроїв. В останній час активний інтерес проявляється до нового виду алгоритмів ЕЦП та шифрування, які ґрунтуються на ідентифікаційних даних (Шамір, 1984). В цих алгоритмах в якості відкритого ключа можуть використовуватися такі ідентифікатори як номер телефону, адрес електронної пошти, IP-адреса тощо. Такий підхід значно спрощує складність криптографічних протоколів за рахунок позбавлення від необхідності в генерації та керуванні сертифікатами ключів. Алгоритми на основі ідентифікаційних даних базуються на таких операціях як факторизація чисел, квадратичні лишки (формула (2)),

білінійні спарювання та відображення (формула (3)). Останні дозволяють використовувати для генерації ЕЦП на ідентифікаційних даних протоколи на основі еліптичних кривих (до яких відноситься ДСТУ 4145-2002).

$$x^2 \equiv a \pmod{m}, \quad (2)$$

де a – квадратичний залишок (ціле число, взаємно просте з m).

$$B: V \times W \rightarrow X, \quad (3)$$

де V, W, X – векторні простори над полем F .

Таблиця 1 є порівняльною характеристикою схем ЕЦП двох інфраструктур за декількома критеріями.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика схем РКІ та схем на основі ідентифікаційних даних

Критерій	Схеми інфраструктури РКІ	Схеми на основі ідентифікаційних даних	Примітки
Присутність сертифікатів	Потребують створення сертифіката відкритого ключа	Сертифікат відкритого ключа не потрібен	Пара ключів створюється на базі ідентифікаторів цільової системи
Незалежна генерація ключів	–	+	+ – відкритий ключ може бути створений в будь-який час
Мобільність, переносимість	–	+	«+» – більш адаптовані «–» – менш адаптовані
Використання в розподільному середовищі	+	–	«+» – більш адаптовані «–» – менш адаптовані
Використання для захисту сеансів та тунельне шифрування	+	–	«+» – більш адаптовані «–» – менш адаптовані
Присутність третьої сторони	+ (CA)	+ (TA)	CA – Certified Authority TA – Trusted Authority
Кількість режимів протоколу	4	4	

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ ПО ТЕСТИРОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ СЕРВЕРОВ ПРИЛОЖЕНИЙ МЕТОДОМ «ЧЕРНОГО ЯЩИКА»

Планирование является важным этапом в процессе подготовки к аудиту и тестированию безопасности информационных систем. При ограниченном, либо вовсе отсутствующем, наборе сведений о целевой системе планирование работ по тестированию защищенности позволяет определить достаточный минимум действий, которые помогут обнаружить первые уязвимости на этапе их поиска. Тип тестирования в таких условиях определяется как «черный ящик». Существуют также другие определения такого типа тестирования – «двойной слепой», «тест на проникновение».

В сфере тестирования информационных и программных систем существует достаточно большое количество стандартов и методологий по тестированию защищенности. Многие из них содержат исчерпывающие рекомендации по проведению тестирования, в том числе и по организации процесса планирования в условиях «черного ящика». Далее будут рассмотрены некоторые важные аспекты процесса планирования. В качестве примера целевой системы выбран сервер приложений, на котором функционируют несколько служб, доступных через сеть Интернет (рис. 1).

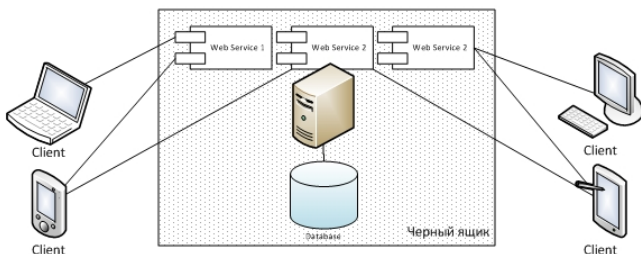


Рис. 1. Пример целевой системы: сервер приложений

В процессе планирования необходимо явно определить четыре этапа тестирования на проникновение: (1) сбор информации и сканирование сервера; (2) анализ уязвимостей; (3) реализация атак и выполнение тестовых сценариев; (4) обеспечение отчетности и составление рекомендаций по устранению уязвимостей. Здесь необходимо отметить, что между эта-

¹аспирант каф. ЗИ ЗНТУ

пами присутствуют обратные связи. Например, отчетность должна обеспечиваться как на этапах 1–3, так и по завершении аудита, а реализация атаки может оказаться неудачной, что подразумевает повторное сканирование и поиск уязвимостей.

С развитием компьютерных технологий классические Web-сайты стали заменяться динамическими Web-приложениями с большим количеством функций. Большинство современных Web-приложений реализованы в виде Web-сервисов (довольно часто – распределенных), построенных на сервисно-ориентированной архитектуре (SOA). Многие из таких сервисов имеют публично-доступный интерфейс доступа API (Application Programming Interface), а следовательно и его открытую документацию. Это может значительно упростить сбор информации о целевой системе.

На этапе планирования важным является определение таких элементов, как критические свойства сервера приложений (что должно быть защищено?), связанные с ними компоненты управления безопасностью (разграничение доступа, антивирус, сетевые экраны и т.п.), слабые места этих компонентов. Обладая этими элементами, инженеры-тестировщики и специалисты по аудиту безопасности могут оценить возможные векторы реализации атак на сервер, а также каналы, по которым эти атаки возможно реализовать. Определение всех этих элементов на этапе планирования может быть выполнено за счет параллельных работ по этапу сбора информации и сканирования сервера, а также изучения архитектуры клиентских приложений, если к ним имеется доступ. Также могут быть использованы техники социальной инженерии, что может значительно ускорить получение недостающей информации.

Подобная параллелизация работ позволяет решить две задачи: (1) составить более детальный и отлаженный план работ по тестированию безопасности сервера; (2) по мере получения большего количества информации о сервере на этапе планирования, возможно продвинуться выше по шкале типов тестирования. Таким образом, совмещая два этапа работ и накапливая все больше информации о целевой системе, становится возможным переход от тестирования «черного ящика» до тестирования типа «серого ящика», и даже «белого ящика», при наличии ресурсов и времени.

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МАССИВНО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ БАЗОВЫХ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

В настоящее время получила распространение и активно развивается концепция GPGPU – неграфические вычисления на графических процессорах, являющаяся разновидностью параллельных вычислений. Среди прочих реализаций данной концепции одной из самых популярных стала технология CUDA, разработанная компанией Nvidia [1]. Параллельные вычисления активно используются в задачах современной криптографии, в частности при работе с длинными целыми числами. В предыдущих работах нами были рассмотрены принципы создания библиотеки длинной целочисленной арифметики для криптографических приложений на графических процессорах. В качестве программно-аппаратного комплекса была выбрана технология CUDA. В ходе исследований было показано, что для оценки эффективности использования технологии произвольных математических вычислений на графических ускорителях в области криптографии необходимо провести ряд экспериментов с использованием действующего прототипа библиотеки и реальной аппаратной платформы.

Благодаря содействию спонсора кафедры программных средств ЗНТУ компании Cupid PLC, в нашем распоряжении оказалась необходимая для данных исследований аппаратная платформа. В ходе создания прототипа библиотеки длинной арифметики были разработаны алгоритмы арифметических операций, адаптированные под принципы массивно-параллельных вычислений, которые лежат в основе технологии CUDA. Были разработаны алгоритмы следующих базовых операций: сложение и вычитание, умножение, операции сравнения.

Алгоритмы сложения и вычитания реализованы по классической схеме векторных вычислительных устройств [2]. Эта схема заключается в параллельном выполнении операции сложения над группами разрядов исходных операндов, с сохранением флагов переноса. В качестве основы для реализации алгоритма умножения был взят модифицированный вариант метода умножения «в столбик» [3], адаптированный под массивно-параллельные вычисления [4]. Операции сравнения чисел, в связи с особенностями их внутреннего представления в разрабатываемой библиотеке, имеют две реализации – последовательную и параллельную. Парал-

¹ аспірант каф. програмних засобів ЗНТУ

² к.т.н., доц., доц. каф. програмних засобів ЗНТУ

тельная реализация используется для чисел, актуальное состояние которых сохранено в памяти графического процессора, а последовательная – для чисел, актуальное состояние которых сохранено в оперативной памяти центрального процессора.

Важной базовой арифметической операцией является операция деления. Помимо своей основной функции операция деления необходима, также, для выполнения редукции по модулю, что является неотъемлемой частью криптографических систем. Сложность реализации операции деления заключается в том, что существующие алгоритмы деления плохо приспособлены для параллельных и, особенно, для массивно-параллельных вычислений. Таким образом, разработка эффективного алгоритма деления является краеугольным камнем в создании библиотеки длинной арифметики, ориентированной на использование в сфере криптографических исследований.

Поиск и реализация массивно-параллельного алгоритма деления целых чисел является на данный момент наиболее приоритетной задачей в наших исследованиях и необходимой для дальнейшего развития библиотеки длинной арифметики.

Список литературы

1. Что такое CUDA? [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.nvidia.ru/object/what_is_cuda_new_ru.html, свободный. – Название с титул. экрана.
2. Нестеров А.П. Параллельный алгоритм сложения чисел большой разрядности / Нестеров А.П., Федулов А.С. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/main.pl?l=ru&n=16&pa=10&ar=2>
3. Качко Е.Г. Распараллеливание алгоритмов умножения чисел многократной точности // Международная научная конференция «Параллельные вычислительные технологии 2011» / Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, 28 марта – 1 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://kvap.ru/pavt2011_cd/short/015.pdf
4. Верещак М.И. Реализация библиотеки длинной модульной арифметики на графических ускорителях для криптографических приложений // Всеукраинский конкурс на лучшую научную работу 2011–2012 учебного года / Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, 2011 г – 26 с.

УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПІДПРИЄМСТВА

Для захисту інформації необхідно визначити інформацію на підприємстві, що підлягає захисту, мати чітке представлення про: можливі канали витоку інформації, вразливості інформації, вчасно вжити заходи з посилення програмного захисту, забезпечити нормальне й безперебійне функціонування баз і банків даних, установити контроль і керування системою захисту. Особливу увагу слід звернути на використання антивірусних програм, посилення паролів, зміну алгоритму закриття і т.п. Під безпекою інформації розуміються такі умови, за яких інформація не наражається на небезпеку. Небезпека за С.О. Петренком – загрози чого-небудь небезпечного[1]. Отже, під безпекою інформації слід розуміти умови зберігання, обробки і передачі інформації, при яких забезпечується її захист від загроз знищення, блокування, зміни та розкриття. За визначенням В.О. Хорошка – захист від небезпечних загроз розвивається за двома напрямками[2]. Перший напрямок складається в розкритті природи явищ, що приводить до порушення таких характеристик інформації, як конфіденційність, цілісність, доступність. Другий – в розробці практичних методів захисту від вищевикладених явищ. Загроза – постійно існуюча об'єктивна реальність, потенційно спрямована на порушення властивостей [об'єкта] системи, рівень безпеки якої не залежить від зусиль із забезпечення безпеки. Загрози здійснюються на практиці як в результаті збігу випадкових обставин (помилки, пропуски, збої електроенергії, природні лиха) так і через навмисні дії зловмисників. Виходячи з цього, найчастіше загрозу витоку інформації становлять працівники підприємства (табл. 1).

Предмет інформаційного менеджменту на підприємстві займається рішенням наступної головної проблеми: як відбувається зорієнтоване на підприємство управління, керівництво та контроль загальної інформаційної системи, від якої залежить забезпечення підприємства інформаційними товарами, а значить, існування підприємства?

Важливими сферами захисту даних власне в інформаційному менеджменті на підприємстві є: 1) Питання щодо управління та керівництва: чому та як для створення інформаційних можливостей направляються в певні сфери ресурси (капітал, людські, технічні, організаційні та наукові ресурси)? 2) Питання щодо організації та інфраструктури: як на підприєм-

¹ к.е.н., доц., проф. каф. менеджменту ЛДУ внутрішніх справ

² старший викладач Львівського державного університету бізнесу та права

³ к.т.н., доц., доц. каф. програмних засобів ЗНТУ

стві відбувається організація, алокація, синхронізація та розподіл ресурсів для створення інформаційних можливостей? 3) Питання щодо сервісу виробництва та контролю: як відбувається контроль за якістю, за витратами та прибутковістю ресурсів? Наскільки дійовими є механізми управління та контролю? Як і коли проявляється можливість реакції на екзогенні та ендогенні впливи на підприємство? Як відбувається строкове керівництво? 4) Питання щодо політики підприємства, його стратегії та планування: Як відбувається створення інформаційних можливостей? Як узгоджені політика підприємства, його стратегія та планування із створенням інформаційних можливостей? 5) Питання щодо інституційних визначень та підпорядкування: як відбувається інституційне управління виробництва інформації? Хто, як відповідає за це?

Таблиця 1. Загрози витоку інформації з підприємства від дій персоналу

Балакучість співробітників, особливо пов'язана із вживанням алкоголю і спілкуванням в дружніх компаніях	36 %
Прагнення співробітників заробити гроші будь-яким способом	22 %
Відсутність служби безпеки на підприємстві	10 %
Безконтрольне використання інформаційних і копіювальних засобів в компанії	10 %
Психологічні конфлікти між співробітниками, між співробітниками і керівництвом	10 %
Незадовільна мотивація персоналу	6 %
Звичка персоналу ділитися досвідом, давати поради, повчати (ментальність нації)	6 %

Інформаційний менеджмент на підприємстві тому має сфокусувати свій погляд на розподіленні та постійному контролі за найважливішими блоками витрат, зниженні ризику при інвестиціях в ІТ[3].

Список літератури

1. Петренко С. Защите ваш Интернет-сервер / С.Петренко // Мир InpeterI. – 2001. – № 3. – С. 76–80.
2. Хорошко В.О. Побудова структурної моделі інформаційної системи для синтезу комплексної системи захисту інформації / В.О.Хорошко, О.П.Дмитренко // Сучасний захист інформації, 2011. – № 1. – С. 64–70.
3. Живко З.Б. Інформаційна безпека та захист інформації: навч. посіб. / Живко З.Б., Живко М.О., Босак Х.З. – Львів: Ліга-Прес, 2010. – 145 с.

АНАЛИЗ СВОЙСТВ СЛУХА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНТЕГРАЦИИ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

Цифровой водяной знак (ЦВЗ) может представлять собой хеш-функцию некоторого видео-, фото- или аудиофайла, подтверждающую его подлинность, авторское право и т. д., который записывается в тот же файл. В ряде случаев ЦВЗ должен быть незаметен настолько, чтобы сам факт его существования невозможно было обнаружить.

В представляемой работе рассмотрены существующие способы незаметного внедрения дополнительной информации в звуковые сигналы, а также пути их дальнейшего развития и дополнения.

Аудиосигналы являются достаточно большими массивами данных, для того, чтобы внедрять в них дополнительную информацию. При этом могут использоваться как статистические свойства любого цифрового массива данных (например, замещение наименее значимых битов), так и особенности системы слуха человека (ССЧ). В настоящее время в указанных целях широко используются такие свойства слуха:

- ССЧ не воспринимает абсолютное значение начальной фазы сигнала, что позволяет изменять начальные фазы блоков аудиосигналов в соответствии с кодируемой информацией [1];

- ССЧ воспринимает два звука одинаковой структуры, отстоящих друг от друга приблизительно на 0,001 секунды, как один. Это позволяет кодировать скрываемую информацию во времени задержки эхо-сигнала [1];

- ССЧ обладает слабой чувствительностью к незначительному изменению громкости. На этом свойстве основан метод LSB (Least Significant Bit, наименее значащий бит), заключающийся в замене наименее значимых бит в аудиопотоке (файле) на информационные [1].

Эти свойства положены в основу методов внесения скрываемой информации в аудиосигналы, которые реализованы и активно используются. Однако ССЧ обладает еще целым рядом интересных свойств, достаточно перспективных с точки зрения внедрения скрываемой информации, но пока неиспользуемых. Рассмотрим эти свойства более подробно.

1. Звук некоторого диапазона частот (полосы пропускания резонатора уха) воспринимается, как звук одной частоты [3]. Искусственное из-

¹ д.т.н., каф. Радиоэлектронных устройств, ХНУРЕ

² студент Харьковского национального университета радиоэлектроники

менение частоты в пределах этого диапазона не будет заметно на слух, но может нести в себе информацию.

2. Короткий импульс более слабой амплитуды, следующий за более сильным не будет слышен, даже если взаимная задержка больше 50 мс [2]. Добавление (или удаление) второго короткого импульса, а также время его задержки может содержать кодируемые данные.

3. Время установления тональности звука составляет, как правило, 2–3 периода колебания [3]. Практически это означает, что частота сигнала в течение первых 2–3 периодов может отличаться от действительной, что не будет восприниматься на слух, но позволит скрыть некие данные.

4. Импульс с большой амплитудой и малой продолжительностью и импульс с малой амплитудой и большой продолжительностью при некоторых условиях будут слышны равногромко, если их энергии равны. Это означает, что длительность импульсов может быть искусственно изменена до одного из базовых значений, в которых содержится, например, ЦВЗ [2].

5. При воздействии звука одной частоты с большой интенсивностью человек слышит вторую, третью и т. д. гармоники с меньшей интенсивностью, даже если в исходном сигнале их нет. Это позволяет вносить кодируемую информацию путем искусственных гармонических искажений.

6. При воздействии на слух двух чистых тонов f_1 и f_2 возникают комбинационные частоты, значения которых вычисляются как $f = \pm mf_1 \pm nf_2$, где $m, n = 1, 2, 3 \dots$. Данное свойство позволит скрыть информацию во время наличия в исходном сигнале мощных гармонических составляющих путем искусственного добавления их гармоник.

7. Аналогично можно использовать возникновение ощущения сильных искажений при действии интенсивных сложных звуков с кратными частотами [3]. Во время наличия в исходном сигнале таких звуков можно добавлять в него дополнительные составляющие, которые будут скрыты возникающими искажениями.

Рассмотренные свойства, безусловно, требуют дополнительного теоретического изучения и экспериментального исследования. Что касается их сферы применения, то это могут быть ситуации, где необходимо подтвердить целостность аудиофайла, например, в аудиозаписях заседаний, интервью, переговоров, которые могут стать предметом разногласий. Также ЦВЗ могут использоваться в качестве подтверждения авторского права и для идентификации обладателя голоса (при телефонном разговоре). В докладе рассмотренные методы будут представлены более подробно.

Список литературы

1. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. – М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 272 с.
2. Хорошко В. А., Чекатков А. А. Методы и средства защиты информации, Киев: Юниор, 2003. – 504 с.
3. Олейников А. М., Коваль Ю. О. Захист мовної інформації методом радіомоніторингу, Харків, 2007. – 96 с.

УДК 003.26; 512.54

Каменский А.А.¹, Козина Г.Л.²

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ГРУПП КОС ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КРИПТОСИСТЕМ

Большинство используемых сегодня криптосистем на открытых ключах основаны на численно-теоретических задачах, таких как факторизация целых чисел или нахождение дискретного логарифма [1]. Однако, ввиду развития облачных технологий и перспективы создания квантовых компьютеров, криптостойкость широко используемых сегодня алгоритмов открытого шифрования, распределения ключей и электронно-цифровой подписи уже подвергается сомнению.

Появилась необходимость в поиске нового математического примитива для построения криптосистем. Одним из таких базисов стали некоммутативные группы и, в частности, группы кос. Несмотря на то, что теория кос получила развитие еще в начале XX в., исследование ее применения в криптографии началось лишь в конце 90-х [2].

За последние 10 лет изучения групп кос был предложен ряд схем криптоалгоритмов [3]. Но, как оказалось, реализация таких схем на практике во многом зависит от представления косы – способа ее преобразования в форму, удобную для обработки вычислительной техникой. К сожалению, существующие представления (Артина, Бурау, Лоуренс-Крамера) являются непригодными для построения стойкого криптоалгоритма с приемлемыми требованиями к памяти и производительности вычислительной системы.

В работе предложено новое представление кос, отличительной особенностью которого является использование двух матриц с целочисленными элементами.

¹ ассистент каф. ЗИ ЗНТУ

² кандидат физ-мат. наук, доцент каф. ЗИ ЗНТУ

Данное представление имеет следующие преимущества: операции над матрицами сохраняют свойства операций над косами; отсутствуют случайные ошибки, возникающие при осуществлении операции над матрицами; матрицы с целочисленными элементами предъявляют значительно меньшие требования к памяти и производительности вычислительной системы, чем символьные матрицы Бурау или Лоуренс-Крамера.

Потенциально двуматричное представление может стать основой для построения криптографических схем шифрования и ЭЦП. Однако данный метод требует изучения на предмет наличия уязвимостей к атакам линейной алгебры.

Список литературы

1. Lee E. Cryptanalysis of the public-key encryption based on braid groups / E. Lee, J. H. Park // EUROCRYPT 2003, volume 2656 of Lecture Notes in Comput. Sci. – 2003. – С. 477–490.
2. Mahlborg K. An overview of Braid Group Cryptography / K. Mahlborg // 2004. – С. 13. – Режим доступа: www.math.wisc.edu/~boston/mahlburg.pdf.
3. Ko K. H. New Public-Key Cryptosystems Using Braid Groups / K. H. Ko, S. J. Lee, J. H. Cheon, J. W. Han, J. S. Kang, C. Park // Advances in Cryptology – Crypto 2000 / Lecture Notes in Computer Science. – 2000. – С. 166–183.

УДК 681.3.067

Корольков Р.Ю.¹, Говоров А.О.²

ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СМАРТФОНОВ

Рост количества пользователей смартфонов приводит к тому, что эти устройства используются на предприятиях и стирают грань между их применением в деловых и личных целях. За этим следует и рост интереса кибер-мошенников к данным, хранящимся на личных мобильных устройствах сотрудников крупных компаний. Не меньшую угрозу, таят в себе и социальные сети. Информация, которая передается или хранится в мобильных приложениях, – это логин и пароль, личная финансовая информация, список контактов, переписка и коммерческие сведения. Многие мобильные приложения хранят эти данные, не шифруя их. В случае кражи

¹ ст. преподаватель каф. ЗИ ЗНТУ

² асс. каф. ЗИ ЗНТУ

телефона или заражения вирусом информация с мобильных приложений может легко оказаться в руках злоумышленников.

Если злоумышленники получают логин и пароль к одному из приложений, возникнет риск доступа и к другим программам: многие используют один пароль для нескольких аккаунтов. Слабее всего защищены «социальные» приложения. Если смартфон окажется в чужих руках, то злоумышленник получит доступ к имени пользователя, списку контактов и всей переписке приложения Skype для iPhone и Android-фона. Потеря данных, которые хранятся в коммерческих приложениях (такая информация в основном связана с интернет-торговлей), более чувствительна для пользователей: для покупок владелец смартфона вводит номер кредитной карты.

Компания Bitdefender, занимающаяся антивирусным программным обеспечением обнаружила, что порядка 19 % iOS приложений получают доступ к вашим персональным данным, таким как, например адресная книга, и при этом никаким образом не информируют об этом пользователей. Кроме того около 41 % приложений отслеживают ваше местоположение, большинство из которых не шифруют собранные данные.

Для большинства специалистов по информационной безопасности необходимость обеспечения сохранности данных, подразумевающая защиту информации от случайной потери и сбоев в работе систем хранения, уже давно является очевидной.

Предлагаем общие рекомендации по повышению безопасности.

- Пароль на доступ в телефон должен быть установлен «сложный», не 4-значный цифровой.
- Время активации блокировки экрана с паролем – минимальное, 1 минута или даже «немедленно».
- Включение опции удаления данных после 10 неправильных попыток ввода пароля.
- Настройка учетной записи iCloud (для iPhone, iPad).
- Отключение Bluetooth.
- Избегать подключения к открытым WiFi-сетям (без паролей).
- Отключить беспроводную синхронизацию.
- Регулярно обновлять ПО мобильных устройств обновлениями производителя.
- Использовать для переписки между устройствами программу Сообщения, в которой шифруются данные.
- При создании локальной резервной копии, она должна шифроваться, а пароль должен быть сложный (для iPhone, iPad).
- При запросе мобильного интернет-браузера на сохранение логина-пароля – отказываться, данные не сохранять.

- Обязательно включить двухшаговую авторизацию на Gmail, при которой на телефон будет приходить SMS-сообщение при логине.
- Периодически проверять, не установлена ли пересылка всей корреспонденции на какой-то неожиданный адрес.
- Использовать протокол HTTPS.
- При настройке почтового клиента в приложении Mail обязательно использование подключения SSL.
- Обязательная защита паролем беспроводной сети с системой WPA2.
- Настроить доступ в сеть только разрешенным устройствам (фильтрация по MAC-address).

Разумеется, даже если применять все эти советы на практике, никто не даст стопроцентную гарантию, что с вашей информацией ничего не случится. Но в целом это повысит степень защиты ваших персональных данных от несанкционированного доступа.

УДК 519.688

Козіна Г.Л.¹, Нікуліщев Г.І.²

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ СХЕМ ЦИФРОВОГО ПІДПИСУ

Схеми електронного цифрового підпису (ЕЦП) належать до криптосистем з відкритим ключем. Стійкість або захищеність алгоритмів асиметричної криптографії, як правило, оцінюють за можливостями криптоаналітика здійснити успішну атаку на алгоритм, яка передбачає розкриття ключової або зашифрованої інформації.

Згідно з цим підходом виділяють інформаційно-теоретичну стійкість (криптоаналітик не може розкрити криптосистему навіть при наявності нескінченно великих обчислювальних можливостей), абсолютну стійкість (при функціонуванні криптосистеми відсутній витік відомостей про відкрите повідомлення у шифрограму), обчислювальну стійкість (передбачає, що найкращий алгоритм зламу криптосистеми міститиме визначену скінчену достатньо велику кількість кроків) [1].

Оскільки криптосистеми з інформаційно-теоретичною стійкістю існують лише у вигляді моделей, абсолютно стійкі криптосистеми мають певні складнощі у використанні (наприклад, одноразовий блокнот), а за-

¹ доцент кафедри «Захист інформації», ЗНТУ

² асистент кафедри «Захист інформації», ЗНТУ

хищеність обчислювально стійких криптосистем може знизитись з появою більш ефективного алгоритму зламу, то нерідко використовують інший спосіб доведення стійкості криптосистеми – зведення до певної важкорозв’язуваної математичної проблеми, покладеної в основу алгоритму (наприклад, факторизація великих чисел, пошук дискретного логарифму в групі точок еліптичної кривої тощо).

Очевидно, що за такого підходу до оцінки стійкості підвищити захищеність схеми ЕЦП можна двома шляхами. Перший полягає у збільшенні розміру математичної задачі, тобто збільшення порядку чисел, які використовуються під час обчислень (наприклад, використовувати множники порядку 1024 біт замість 512 біт у алгоритмі RSA). Другий передбачає використання у схемі більш стійкого математичного апарату, який забезпечить ту ж саму захищеність при меншому розмірі задачі (наприклад, використання групи точок еліптичної кривої замість групи залишків по модулю).

У [2] пропонується використовувати певний алгоритм передобчислень при генерації закритого ключа. Це забезпечує захищеність асиметричного алгоритму при відносно простих операціях шифрування/розшифрування (постановки/перевірки підпису), оскільки криптоаналітику потребується набагато більше часу і ресурсів для розкриття ключа.

Окреме місце серед інших схем ЕЦП займає сліпий підпис, адже його захищеність необхідно оцінювати ще й за критерієм анонімності. Тобто, у криптоаналітика не має бути не тільки можливості зламати криптосистему, що реалізує підпис, але і однозначно пов’язати підписаний документ з його автором. Захищеність за критерієм анонімності в схемі ЕЦП забезпечується використанням засліплюючих параметрів.

Авторами доведено, зокрема у [3], що від вибору цих параметрів залежить стійкість схеми сліпого ЕЦП. Так у схемі на базі алгоритму Ель-Гамала лише один параметр обирається випадково, інші з нього обчислюються. Наявність такої залежності дає криптоаналітику можливість довести однозначний зв’язок між підписаним документом та його автором. Таким чином, незалежний і рівномірний випадковий вибір засліплюючих параметрів дозволяє підвищити захищеність схем сліпого ЕЦП.

В залежності від критеріїв оцінки захищеності схем ЕЦП можна розглядати декілька шляхів її підвищення: збільшення розміру задачі, використання більш стійкого математичного апарату, використання алгоритмів передобчислення, незалежний випадковий вибір засліплюючих параметрів тощо. В подальшому авторами планується впровадження обраних шляхів підвищення захищеності при використанні існуючих і розробці нових схем ЕЦП.

Список літератури

1. Математичні основи криптоаналізу [Текст]: навч. посібник / С.О. Сушко, Г.В. Кузнецов, Л.Я. Фомічова, А.В. Корабльов. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 465 с.
2. Молдовян Н.А., Молдовян А.А. Введение в криптографию с открытым ключом / Н.А. Молдовян, А.А. Молдовян. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
3. Козіна Г.Л. Оцінка схеми сліпого електронного цифрового підпису на базі алгоритму Ель-Гамала за критерієм анонімності / Козіна Г.Л., Нікуліщев Г.І. // Захист інформації і безпека інформаційних систем 2012. Науково технічна конференція. Львів, 31 травня – 01 червня 2012 : Матеріали конференції. – Львів: Львівська політехніка, 2012. – С. 126–127.

УДК 621.391.7

Стрельницкий А.А.¹, Шокало В.М.², Ягудина Е.В.³,
Мухаммед К. Абдул-Хуссейн³

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ СКРЫТНОСТИ ЛЕГИТИМНОГО КАНАЛА СВЯЗИ ЗА СЧЕТ РАБОТЫ ПОД «ИСКУССТВЕННЫМ ШУМОМ»

В докладе изложена идея и дано теоретическое обоснование простого метода работы легитимного канала (ЛК) под «искусственным шумом», который отличается от известных [1, 2] использованием протоколов только первого и второго уровней модели OSI. Впервые предложен и практически опробован метод повышения уровня скрытности каналов связи за счет их работы под «искусственным шумом» без использования криптоалгоритма и применения в генераторах шума антенн, создающих «ноль» излучения в направлении легитимного модема и максимальную интенсивность шума во всех других направлениях.

Рассмотрим суть предлагаемого способа (рис. 1). В точках А и В расположены модемы легитимного канала с антеннами, характеризующимися диаграммами направленности ДН1. В этих же точках находятся и генераторы искусственного шума снабженные антеннами, у которых диаграмма направленности ДН2 – кардиоида. При ориентации антенн модемов максимумами ДН1 друг на друга, а антенн генераторов искусственного шума минимумом ДН2 на максимум ДН1, на входах приемниках модемов в идеальном случае будет выделяться только информационный сигнал.

¹ кандидат техн. наук, доцент, доцент каф. ОРТ ХНУРЕ

² доктор техн. наук, профессор, зав. каф. ОРТ ХНУРЕ

³ аспирант каф. ОРТ ХНУРЭ

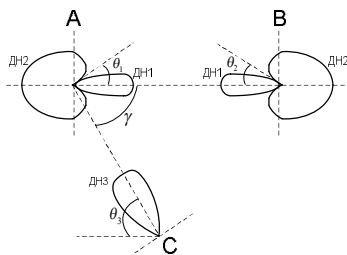


Рис. 1. Схема расположения антенн легитимного и отводного каналов

Критерием скрытности канала связи является вероятность обнаружения $P_{об}$. Искусственный шум будет воздействовать лишь на вход приемника-обнаружителя, находящегося в точке С. Его антенна имеет диаграмму направленности ДНЗ. При этом условия обнаружения легитимного канала существенно ухудшаются.

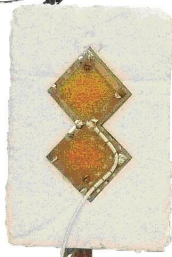
Высказанная идея проверялась экспериментально.

Установка была собрана на основе Wi-Fi оборудования рабочего диапазона 2,45 ГГц.

Антенная система передатчика была выполнена из двух антенн (рис. 2, а): антенны А2 «двойной квадрат» над экраном, подключенной к точке доступа и укороченного симметричного вибратора АЗ, соединенного с генератором шума.

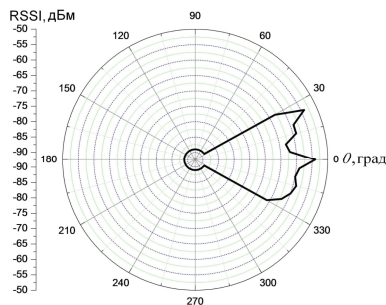


- АЗ



- А2

а)



б)

Рис. 2. Внешний вид антенн А2 и АЗ экспериментальной установки и результаты измерений

Эксперименты по измерению уровня сигнала RSSI на входе модема легитимного приемника (рис. 2, б) при включенном генераторе шума подтвердили правильность высказанной идеи работы под «искусственным шумом».

Список литературы

1. H. Wen and G. Gong. A MIMO based cross-layer approach to augment the security of wireless networks, Technical Report, University of Waterloo, Department of Electrical and Computer Engineering, CACR 2008-21, Oct. 2008. – 14 p.

2. S. Goel and R. Negi. Secret Communication in Presence of Colluding Eavesdroppers, Proc. IEEE Military Communication (MILCOM), Atlantic City, Oct. 2005, vol. 3, Pp. 1501–1506.

6 СЕКЦІЯ «ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКИ»

УДК 539.2

Бабич А.В.¹, Погосов В.В.²

ОДНОЭЛЕКТРОННОЕ РЕЗОНАНСНОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ В СТРУКТУРЕ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КВАНТОВОЙ ТОЧКЕ

В одноэлектронных приборах в качестве ключевых компонент используется одна из разновидностей квантовых точек – наноостровки металлов. Вероятность туннелирования электронов между массивными электродами в присутствии островка значительно выше, чем в его отсутствии, т. к. туннелирование идет не непосредственно между электродами, а через островок. При повышении напряжения протекание тока блокируется в результате накопления на островке электронов («кулоновская блокада») и на вольт-амперной характеристике (ВАХ) появляются характерные особенности в виде ступенек «кулоновской лестницы». С уменьшением размеров островка туннелирование приобретает резонансный характер в связи с проявлением дискретного спектра электронов и на вольт-амперной характеристике дополнительно появляются еще и ступеньки «квантовой лестницы».

В [1] нами приводились результаты теоретического исследования одноэлектронного туннелирования в кластерной структуре с учетом дискретного спектра кластера [2]. В предположении неизменности полной энергии системы при туннелировании получены точные уравнения для исследования динамики протекания тока, объяснена асимметрия пятки ВАХ. Рассчитанная ВАХ имеет характерные особенности связанные, как с кулоновской блокадой, так и с дискретностью спектра. Однако в многочисленных экспериментах ступени лестниц на ВАХ при гелиевых температурах существенно размыты, что не находит объяснения в рамках традиционных представлений.

В [3] нами было исследовано влияние уширения уровней и перегрева электронной подсистемы электрода–островок на характер ВАХ трехэлектродной структуры. Уширения уровней «имитирует» квазинепрерывный энергетический спектр электронов в островке. Величина уширения электронных уровней в дискообразных и сферических золотых островках определяется интенсивностью туннелирования электронов по ана-

¹ Канд. физ.-мат. наук, доцент каф. микро- и нанoeлектроники, ЗНТУ

² Доктор физ.-мат. наук, проф., зав. каф. микро- и нанoeлектроники, ЗНТУ

логии с образованием энергетических зон в твердом теле. В двухтемпературной модели металлического кластера с учетом размерной зависимости дебаевской частоты оценена кинетическая температура электронов в зависимости от напряжения смещения. Эффект уширения приводит к сильной сглаженности ВАХ и исчезновению щели тока (пятаки ВАХ) даже для кластера состоящего из десятков атомов, что фактически и наблюдается экспериментаторами. Однако простая модель не позволяла детально исследовать зависимость тока от напряжения, вследствие неизменности формы (прямоугольной) потенциальных барьеров.

Нами предлагается новый метод расчета туннельных характеристик структур в произвольном потенциале, основанный на матрице рассеяния.

Область неоднородности потенциального профиля разбивается на большое число малых отрезков, а затем потенциал в каждом из них считается неизменным. Тогда решение волнового уравнения можно искать матричным методом, заменяя профиль любой формы на ступенчатый. Такой прием позволяет решать задачи о волновом движении частицы через потенциальный рельеф произвольной формы, с одной стороны, не прибегая к численному решению краевой задачи (что является вычислительно емким процессом), а с другой стороны, получая сколь угодно точное решение. В каждой из областей, где потенциальная энергия является постоянной, уравнение Шредингера является однородным и имеет хорошо известное решение (волновые функции являются плоскими волнами).

Метод опробован на металлической цилиндрической квантовой точке. В результате определения матрицы рассеяния найден спектр электронов, уширение уровней, рассчитаны туннельные скорости и ток в зависимости от напряжения.

Список литературы

1. V.V. Pogosov, E.V. Vasyutin. Nanotechnology. 17, 3366 (2006).
2. V.V. Pogosov, V.P.Kurbatsky, E.V.Vasyutin, Phys. Rev. B71, 195410 (2005).
3. А.В. Бабич, В.В. Погосов ФТТ. Т. 52, 165 (2010).

**ЗМІНИ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІКРОКРИСТАЛІВ ZnS:Mn
ПРИ ЇХ ДИСПЕРГУВАННІ**

Подрібнення мікрокристалів твердих речовин (диспергування) з використанням сучасних млинів планетарного типу – є ефективним засобом отримання нанорозмірних матеріалів. Навіть без використання кріомеханічного подрібнення, при кімнатних температурах диспергування суттєво впливає на фізичні властивості мікрокристалів. Процеси, що відбуваються при механічному подрібненні неможливо звести до звичайного зменшення розмірів мікрокристалів. Диспергування супроводжується додатковими супутніми процесами: дефектоутвореннями в об'ємі мікрокристалів, зміною внутрішніх деформаційних напружень та кристалічної структури, локальним виділенням тепла, хімічними реакціями, прискоренням термодифузії, фазовими перетвореннями, формуванням активних центрів на новостворених поверхнях, тощо.

Нами було досліджено зміни властивостей мікрокристалів ZnS:Mn при їх диспергуванні. Самоактивовані мікрокристали ZnS змішувалися з легуючою домішкою MnCl₂ (концентрація марганцю складала 1,1 вагових відсотка). З метою легування мікрокристалів ZnS іонами Mn²⁺ було проведено відпал порошкової суміші при температурі T = 950°C протягом 3,5 годин. Наявність іонів Mn²⁺ в матриці ZnS обумовлює яскраву фотолюмінесценцію (ФЛ) мікрокристалів ZnS:Mn поблизу $\lambda_{\max} = 580\text{--}590$ нм. Марганцеві центри випромінювання в матриці ZnS та механізми їх збудження достатньо добре вивчені [1, 2]. На рис. 1 наведено вигляд поверхні отриманих зразків, розміри окремих мікрокристалів ZnS:Mn дорівнює ~ 25 мкм. Рентгенодифракційний аналіз виявив, що в мікрокристалах ZnS:Mn присутня фаза потрійної сполуки Mn_{0,75}Zn_{0,25}S. Диспергування базових зразків протягом 10 та 20 хвилин суттєво зменшує розміри мікрокристалів відповідно до 10 та 5 мкм, інтенсивність ФЛ при цьому зменшилася відповідно в 6,5 та в 10 разів (рис. 1). Зі збільшенням часу диспер-

¹д.ф.-м.н., проф. каф. радіоелектроніки, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара (ДНУ);

²д.ф.-м.н., проф. зав. каф. радіоелектроніки, ДНУ;

³старший викладач каф. радіоелектроніки, ДНУ;

⁴старший науковий співробітник каф. радіоелектроніки, ДНУ;

⁵зав. лаб. каф. радіоелектроніки, ДНУ.

гування частка фази $\text{Mn}_{0,75}\text{Zn}_{0,25}\text{S}$ зменшується, а при диспергуванні 20 хвилин вона зникає.

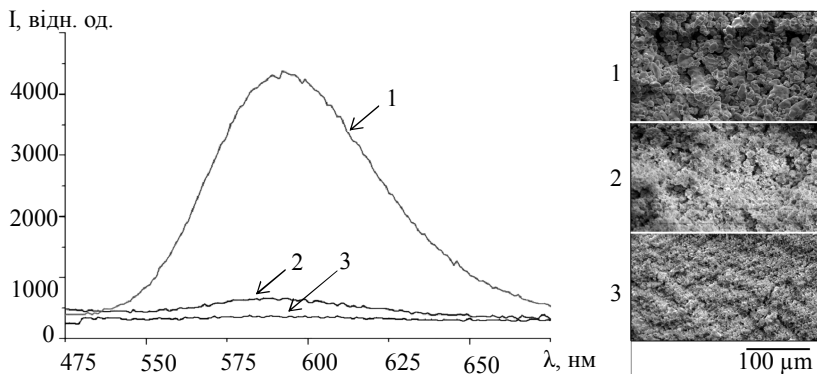


Рис. 1. Спектр ФЛ мікрокристалів ZnS:Mn ($\lambda_{\text{збудж}} = 365$ нм, $T = 300$ К) та морфологія поверхні досліджених зразків: тривалість диспергування 0 (1), 10 (2) та 20 (3) хвилин відповідно.

Зменшення інтенсивності ФЛ у подрібнених зразках, на наш погляд, неможливо пояснити тільки зменшенням розмірів мікрокристалів та збільшенням розсіювання збуджуючого світла внаслідок цього. При збудженні ФЛ світлом з $\lambda_{\text{збудж}} = 365$ нм головним механізмом збудження центрів ФЛ є резонансна передача енергії від центрів сенсibiliзації до іонів Mn^{2+} [2]. При диспергуванні такий механізм збудження послаблюється. Крім того, необхідно враховувати можливість утворення в об'ємі мікрокристалів додаткових центрів безвипромінювальної рекомбінації. Спільна дія таких чинників може пояснити суттєве зменшення інтенсивності ФЛ в подрібнених мікрокристалах ZnS:Mn .

Список літератури

1. М.Ф. Буланый, О.В. Коваленко, С.О. Омельченко, О.С. Морозов. Марганцеві центри випромінювання в монокристалах сульфиду цинку// Фізика і хімія твердого тіла. 2011. 12 (3). С. 573–578.
2. М.Ф. Буланый, А.А. Горбань, А.В. Коваленко, Б.А. Полежаев. О резонансной передаче энергии в кристаллах ZnS:Mn при фото- и электролюминесценции// Оптика и спектроскопия. 2003. 94 (3). С. 426–430.

ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СТЕКЛОКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ VO₂ НА ЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Диоксида ванадия (VO₂) и материалы на его основе давно привлекают внимание исследователей резким изменением электрических и оптических параметров в области температуры фазового перехода металл-полупроводник (ФПМП) $T_i \approx 68$ °С и самим значением температуры T_i , удобным для многих практических применений. Это позволяет создавать на основе таких материалов пороговые переключатели, болометры, критические терморезисторы, оптические модуляторы, интеллектуальные окна, а также другие электронные и оптоэлектронные приборы. Недостатком объемных поликристаллических и керамических материалов на основе VO₂ является низкая стабильность электрических параметров при термодиклировании через температуру ФПМП [1].

Перспективными для решения проблемы стабилизации являются стеклокерамические материалы системы VO₂-V₂O₅-P₂O₅-Cu₂O-SnO₂ [2]. Настоящая работа посвящена изучению микроструктуры и фазового состава таких материалов и выяснению их влияния на электрические свойства стеклокерамики, связанные с ФПМП в диоксиде ванадия.

В качестве базового объекта исследований была использована система VO₂-V₂O₅-P₂O₅-SnO₂, в которую, за счет уменьшения содержания SnO₂, вводили добавку Cu₂O, реализуя различные составы стеклокерамики системы VO₂-V₂O₅-P₂O₅-Cu₂O-SnO₂. Содержание VO₂ и ванадиево-фосфатного стекла (ВФС) системы V₂O₅-P₂O₅ сохранялось постоянным. Технология получения стеклокерамики описана в [1, 2].

Согласно данным рентгенофазового анализа стеклокерамические материалы системы VO₂-V₂O₅-P₂O₅-SnO₂ содержат только кристаллические фазы VO₂, SnO₂ и ВФС. Это дает основание заключить, что при синтезе стеклокерамики в такой системе взаимодействие между компонентами шихты не происходит. Микроструктура стеклокерамики состоит из кристаллитов VO₂, пор, и субмикронных кристаллитов SnO₂ диспергиро-

¹ к. ф.-м. н., доц. каф. радиоэлектроники, ДНУ

² д. ф.-м. н., проф. каф. ЭВМ, ДНУ

³ д. ф.-м. н., профессор каф. компьютерно-интегрированных технологий и метрологии, Украинский государственный химико-технологический университет

⁴ д. ф.-м. н., профессор, Киевский национальный университет им. Т. Шевченко

ванных в ванадиево-фосфатном стекле, которое образует прослойки между кристаллитами VO_2 и располагается на их поверхности.

В рентгеновских спектрах стеклокерамики системы $\text{VO}_2\text{--V}_2\text{O}_5\text{--P}_2\text{O}_5\text{--SnO}_2\text{--Cu}_2\text{O}$, кроме фаз VO_2 и SnO_2 , идентифицированы линии фаз Магнели $\text{V}_n\text{O}_{2n-1}$, оксидов SnO_2 , SnO , Sn_2O_3 , V_2O_5 , CuO , а также ряда оксидов с общей формулой $\text{V}_n\text{O}_{2n+1}$. Это свидетельствует о протекании при синтезе окислительно-восстановительных реакций, изменяющих фазовый состав керамики. Такие реакции на этапе синтеза происходят в жидкой фазе, содержащей V_2O_5 и растворенные оксиды VO_2 , SnO_2 и Cu_2O . Функцию восстановителя выполняет закись меди, которая окисляется до CuO за счет восстановления оксидов V_2O_5 , VO_2 и SnO_2 .

По данным СЭМ и рентгеновского элементного микроанализа компонентами микроструктуры стеклокерамики системы $\text{VO}_2\text{--V}_2\text{O}_5\text{--P}_2\text{O}_5\text{--Cu}_2\text{O--SnO}_2$ являются кристаллиты VO_2 (средний размер 11 мкм), отдельные кристаллиты SnO_2 октаэдрической формы (размеры 5–17 мкм), а также субмикронные кристаллиты SnO_x ($x=1, 4/3, 2$) и оксиды ванадия V_3O_5 , V_4O_7 , V_5O_9 , V_6O_{11} , V_4O_9 , V_6O_{13} , диспергированные в ВФС. Стекло с диспергированными в нем субмикронными кристаллитами оксидов олова и ванадия покрывает поверхность VO_2 кристаллитов и образует прослойки между ними.

Диспергированные в стекле оксиды олова, фазы Магнели и V_6O_{13} с низкими температурами перехода металл-диэлектрик имеют высокую электропроводность при комнатной температуре. Это обеспечивает электрические связи между кристаллитами VO_2 . Как следствие, образуется развитая сетка кристаллитов VO_2 , по которой осуществляется протекание тока в стеклокерамике системы $\text{VO}_2\text{--V}_2\text{O}_5\text{--P}_2\text{O}_5\text{--Cu}_2\text{O--SnO}_2$. Такая сетка дает основной вклад в электропроводность стеклокерамики, что обеспечивает электрические свойства, связанные с ФПМП в VO_2 . Различные составы стеклокерамики системы $\text{VO}_2\text{--V}_2\text{O}_5\text{--P}_2\text{O}_5\text{--Cu}_2\text{O--SnO}_2$ в области $T_f \approx 68^\circ\text{C}$ имеют скачок электропроводности около 2-х порядков, который ведет себя стабильно при термоциклировании через температуру фазового перехода металл-полупроводник в диоксиде ванадия.

Список литературы

1. Ivon A.I., Kolbunov V.R., Chernenko I.M. Stability of electrical properties of vanadium dioxide based ceramics // Journal of the European Ceramic Society. – 1999. – V.19, №10. – P. 1883–1888.
2. Ivon A.I., Kolbunov V.R., Chernenko I.M. Conductivity stabilization by metal and oxide additives in ceramics on the basis of VO_2 and glass $\text{V}_2\text{O}_5\text{--P}_2\text{O}_5$ // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2005. V. 351, № 46–48. – P. 3649–3654.

ВПЛИВ СЕРЕДОВИЩА ВИРОЩУВАННЯ НА РЕКОМБІНАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В МОНОКРИСТАЛІЧНОМУ Si

Ефективне функціонування більшості класів приладів і мікросхем можливо при використанні кристалічного кремнію з досить високими величинами часу життя нерівноважних носіїв заряду $\tau_{\text{ннз}}$. Оптимальна для даного вигляду приладу величина $\tau_{\text{ннз}}$ забезпечується при здобутті кристалічного кремнію і обумовлена як чистотою вихідної сировини, так і процесами дефектно-домішкової взаємодії в кристалі. Зокрема, при вирощуванні монокристалів кремнію за методом Чохральського, досить ефективним прийомом підвищення $\tau_{\text{ннз}}$ є використання інтенсивного обдування зростаючого кристала потоком аргону або гелію. Проте такий підхід може привести до розтріскування великогабаритних монокристалів, унаслідок механічної напруги, що виникає в них, і малоефективний для монокристалів, що містять дислокації.

Досліджена можливість підвищення $\tau_{\text{ннз}}$ у монокристалах, що вирощуються за методом Чохральського, за рахунок використання газових середовищ з різною теплопровідністю. Проведений аналіз структурних і електрофізичних параметрів монокристалів кремнію (питомий електричний опір, $\tau_{\text{ннз}}$, концентрація кисню) як середовище вирощування яких використовували аргон, гелій і суміш $\text{Ar}+\text{SiH}_4$.

Встановлено істотне підвищення $\tau_{\text{ннз}}$ у монокристалах, вирощених з використанням суміші аргону і моносилану, що можна пояснити загартуванням центрів рекомбінації, викликаним інтенсивним охолодженням кристала. Підвищення теплопровідності суміші відбувається за рахунок появи в ній атомарного водню, що утворюється унаслідок розкладання моносилану при температурі більш 673 К. В той же час обумовлений атомарним воднем ефект підвищення $\tau_{\text{ннз}}$ виявився нестабільним в часі: після витримки монокристалів при кімнатній температурі протягом п'яти-шести місяців спостерігалось зниження параметра у декілька разів (рис. 1).

Водень в Si знаходиться переважно в атомарному стані в міжвузлі. Проте за наявності потенційних ям, що створюються дислокаціями, може локалізуватися в них. Однак енергія зв'язку атома водню Н з дислокацією не велика і з часом (за відсутності додаткового потоку водню) Н виходє в

¹ д. ф.-м. н., кафедра Мікро та наноелектроніки, ЗНТУ

² д. т. н., кафедра ЕС, ЗДІА

³ к. ф.-м. н., кафедра Мікро та наноелектроніки, ЗНТУ

газову атмосферу. При цьому τ поступово повертаються до свого первинного значення.

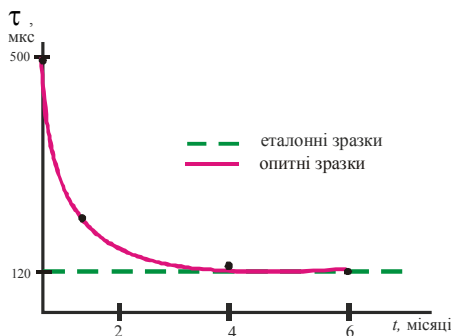


Рис. 1. Зміна часу життя низ із витримкою за кімнатних умов (КЕФ-10)

Поширення водню можна описати математично – як і в разі одновимірної дифузії з обмеженого джерела з концентрацією C_{0H} у тонкому приповерхневому шарі. При цьому:

$$C_0^H = \frac{Q}{\sqrt{\pi D t}}$$

де Q – загальна кількість атомів H, введена в кристал кремнію через 1 см^2 поверхні за час дифузії; D – коефіцієнт дифузії H в кремнії; t – час дифузії. Якщо прийняти, що Q і D в умовах експерименту постійні, то отримане співвідношення

$$\Theta(t) = \frac{C_H^0(t)}{Q} = \frac{1}{\sqrt{\pi D t}},$$

добре збігається з експериментально отриманою залежністю $\tau(t)$.

Таким чином, підвищення $\tau_{\text{низ}}$ в умовах зростання злитків кремнію може бути пов'язано із локалізацією атомарного водню в злитках. При використанні такого кремнію потрібно враховувати ефект «нестабільності» $\tau_{\text{низ}}$ у часі, яке відбувається через активну деабсорбція в газову фазу через плівку природного оксиду SiO_2 в процесі витримки в нормальних умовах (атмосферний тиск, кімнатна температура).

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВУГЛЕЦЕВИХ НЕОЧИЩЕНИХ НАНОТРУБОК МАГНЕТОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Розвиток нанотехнологій є однією з основних рушійних сил нової науково-технічної революції, яка зумовлює суттєві зміни у багатьох галузях промисловості й енергетики, будівництва і сільського господарства, медицини і охорони довкілля, військової техніки та ін. Підвищення властивостей нових конструкційних і функціональних матеріалів також можливе за умов використання нанотехнологій та наноструктурованого стану.

Значна частина субмікроскопічних і нанокристалічних матеріалів належить до слабомagnetних речовин, тобто до діамagnetиків або парамагнетиків. Вуглецеві нанотрубки мають досить низький вміст феромагнетних домішок, тому визначення такого низького вмісту (<0,5 %) нанозаліза є проблематичним. Важливим параметром, який характеризує магнетні властивості матеріалу, є його магнетна сприйнятливість. Для різних форм вуглецю магнетна сприйнятливість значно відрізняється за величиною. Також магнетні властивості нанотрубок в залежності від температури вивчені недостатньо. Отже, визначення низького вмісту феромагнітних домішок і вивчення залежності питомої магнетної сприйнятливості від температури за допомогою чутливого магнетометричного методу дозволять дослідити фазові перетворення у вуглецевих нанотрубках.

Для дослідження використовувались вуглецеві нанотрубки у вигляді чорного порошку, які містять феромагнітні кластери заліза і мінеральні домішки.

Вельми низький вміст феромагнетних домішок P_a в об'ємних відсотках визначали чутливим магнетометричним методом, що враховує намагніченість парамагнітної аустенітної матриці [1]. Залежності питомої магнетної сприйнятливості χ від температури були отримані з використанням автоматизованої установки [2].

На рисунку наведена типова залежність питомої магнетної сприйнятливості χ неочищених вуглецевих нанотрубок від температури T . Вимірювання здійснювалися у магнетному полі $H = 4.22 \cdot 10^5$ А/м. При кімнатній температурі маємо додатне сумарне значення χ , але з підвищенням

¹ к.ф.-м.н, доцент, Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

² д.т.н,с.н.с., Інститут чорної металургії НАН України, м. Дніпропетровськ

температури до 575 К відбувається різкий перебіг χ до від'ємної діамagnetної складової сприйнятливості вуглецевих нанотрубок.

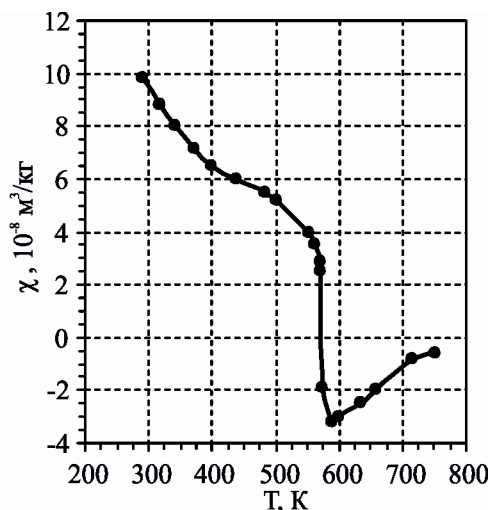


Рис. Залежність питомої магнетної сприйнятливості χ вуглецевих неочищених нанотрубок від температури

Отже встановлено, що в області температур 575 К у досліджуваних нанотрубках відбувається фазове перетворення, при температурі вище за цю область переважає додатна магнетна сприйнятливості, а нижче – від'ємна. Звідси можна припустити, що вказане фазове перетворення можливе за рахунок діамagnetизму нанотрубок.

Об'ємна частка вмісту феромагнетних кластерів P_α кількісно змінювалась від 0,07 % до 0,54 %.

Методом екстраполяції $P_\alpha \rightarrow 0$ [3] знайдено значення питомої магнетної сприйнятливості парамагнетної матриці $\chi_0 = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$.

Список літератури

1. Снежной Г.В. Интегральный физический метод идентификации α -фазы в аустенитных хромоникелевых сталях / Г.В. Снежной, В.Г. Мищенко, В.Л. Снежной // *Литье и металлургия*. – 2009. – №3(52). – С. 241–244.
2. Сніжної Г.В. Автоматизована установка для визначення магнетної сприйнятливості криць та стопів / Г.В. Сніжної, Є.Л. Жавжаров // збірник наукових праць «Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування». – 2012. – №49. – С. 136–141.
3. Snizhnoi G.V. Magnetic state of the deformed austenite before and after martensite nucleation in austenitic stainless steels // G.V.Snizhnoi, M.S.Rasshchupkyna / *Journal of Iron and Steel Research, International*. – 2012. – V.19. – № 6. – P. 42–46.

**ФАЗОВИЙ СКЛАД, МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ТА
ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА
ОСНОВІ CO І AG ТА FE І GE**

Інтерес до дослідження властивостей нанорозмірних магнітно-неоднорідних багатошарових плівок типу феромагнетик/благородний метал і феромагнетик/напівпровідник обумовлений взаємним зв'язком між їх магніторезистивними і електрофізичними властивостями та фазовим складом і перспективами практичного застосування як середовищ для запису інформації з підвищеною щільністю, чутливих елементів багатофункціональних сенсорів з високою чутливістю та магніторезистивної пам'яті з довільною вибіркою [1, 2].

У роботі наведені результати експериментальних досліджень фазового складу, магніторезистивних (магнітоопір (МО)) і електрофізичних (коефіцієнт поздовжньої тензочутливості (КТ)) властивостей двохкомпонентних дво- і тришарових плівок на основі Co і Ag та Fe і Ge. Вибір досліджуваних систем обумовлений тим, що в них можуть утворюватись твердих розчинів (т.р.) та гранульовані плівкові сплави. Плівкові системи були отримані методом пошарової конденсації з подальшою термообробкою в температурному інтервалі $T_b = 300 - 800$ К.

Встановлено, що утворення гранульованого твердого розчину на основі Ag в плівках Co/Ag/Co відбувається при температурі $T = 700-750$ К, що узгоджується з результатами роботи [3]. Фазовий склад свіжо-сконденсованої плівкової системи Fe/Ge/Fe відповідає т.р. (Fe,Ge). У процесі відпалювання при $T = 600-620$ К відбувається розпад твердого розчину з утворенням інтерметалідної фази FeGe₂ та вивільненням атомів Fe, що призводить до різкого падіння величини питомого опору на температурній залежності.

Дослідження МО плівкових систем Co(8)/Ag(4)/Co(10)/П та Co(5)/Ag(2)/Co(5)/П показали наступне. Максимальне значення коерцитивної сили спостерігається у перпендикулярній геометрії вимірювання ($B_c = 20$ мТл), мінімальне – у поздовжній геометрії, що можна пояснити наявністю у зразках осі легкої намагніченості. Величина МО в системі

¹ аспірант кафедри прикладної фізики, Сумський державний університет (СДУ)

¹ к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри прикладної фізики, СДУ

² д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри прикладної фізики, СДУ

Co(8)/Ag(4)/Co(10)/П складала 0,38 і 0,60% в поздовжній і поперечній геометріях вимірювання, відповідно, та 0,16 % – в перпендикулярній.

На деформаційних залежностях миттєвого (γ_{lm}) та середнього (γ_l) значень КТ для плівкової системи Ag(45)/Co(36)/П спостерігається ефект аномального збільшення коефіцієнта тензочутливості при деформації від 0 до 1%, що пов'язано з переходом зразків до пластичної деформації. Порівняння значень γ_l для одношарових плівок Ag і Co з величиною γ_l для двошарових систем Ag/Co з однаковою загальною товщиною вказує на більшу величину КТ в двошарових плівках. Так, наприклад, у випадку системи Ag (38)/Co(15)/П $\gamma_l = 1,74$, а у випадку Ag(53)/П – $\gamma_l = 1,45$. Цей факт пояснюється додатковими процесами розсіювання електронів провідності на межі розділу шарів або гранулах.

Максимальні значення величини МО для плівкової системи Fe(10)/Ge(x)/Fe(10) ($x = 2,8 - 10$ нм) спостерігаються у поздовжній геометрії вимірювання для зразків з товщиною проміжного напівпровідникового шару 2,8 нм (МО = 0,38%). При збільшенні товщини Ge відбувається зменшення величини МО від 0,38 до 0,03–0,02 %. Магніторезистивний ефект в тришарових системах Fe/Ge/Fe спостерігається тільки після термообробки, що пояснюється початком формування при $T = 600 - 620$ К магнітної фази FeGe₂, і узгоджується з даними авторів [4] та результатами власних досліджень процесів фазоутворення.

Список літератури

1. M.F. Toney, J.A. Borchers, K.V. O'Donovan, C.F. Majkrzak, D.T. Margulies, E.E. Fullerton, Appl. Phys. Lett. 86, 162506 (2005).
2. Advanced magnetic nanostructures (Eds D. Sellmyer, R. Skomski) (Springer, N. Y.: 2006).
3. J.H. Du, W.J. Liu, Q. Li, H. Sang, S.Y. Zhang, Y.W. Du, D. Feng, J. Magn. Magn. Mater. 191, 17 (1999).
4. Л.А. Чеботкевич, А.В. Огнев, Ю.П. Иванов, ФТТ 51 Вып.9, 1761 (2009).

УДК 537.312

Коротун А.В.¹

РОЛЬ КВАНТОВО-РОЗМІРНИХ ЕФЕКТІВ У ОПТИЧНОМУ ПОГЛИНАННІ МЕТАЛЕВОГО НАНОКОМПОЗИТУ

Електромагнітні, оптичні та низка інших властивостей, залежно від розміру провідного об'єкту, що розглядається, можуть мати істотні від-

¹ Запорізький національний технічний університет

мінності. Такі властивості різні у малої металевої частинки і в масивного металу. Ця обставина викликана тим, що коли лінійні розміри R об'єктів, які розглядаються, співмірні з довжиною вільного пробігу ℓ електронів, то характер взаємодії носіїв заряду з межею зразка значно впливає на його властивості. Зокрема, переріз поглинання електромагнітного випромінювання малою металевою частинкою є нетривіальною залежністю від величини R/ℓ , на відміну від масивних зразків металу. При створенні композитних матеріалів використовується несуче нейтральне (непоглинаюче) середовище і вкраплені в нього металеві частинки. Вводячи надмалі провідні частинки всередину керамічної основи, створюють спеціальні радіопоглинаючі матеріали – кермети. Саме кермети використовуються для покриття корпусів різноманітних літальних апаратів за технологією «стелс», які надають їм здатність істотно знизити помітність на радіолокаторах [1].

При аналізі взаємодії випромінювання з дрібнодисперсними системами слід враховувати дискретність рівнів енергії електронів провідності в малих металевих частинках. Для виявлення вказаних розмірних ефектів немає необхідності проводити послідовний квантово-механічний опис системи електронів провідності як кінцевої фермі-системи. Достатньо розрахувати відгук електронів провідності на зовнішнє електромагнітне поле в частинці з урахуванням взаємодії електронів з межею зразка [2].

У роботі досліджено вплив розмірного квантування на поглинання електромагнітного випромінювання в розрідженому композиті з металевими наночастинками. Для цього в розрахунках коефіцієнта поглинання було використано діелектричну функцію частинки, яка має форму паралелепіпеду одне з ребер якого порядку ферміївської довжини хвилі електронів. Розмірною залежна енергія Фермі $\varepsilon_F(L)$ визначалася шляхом підрахунку числа зайнятих електронних станів в частинці з урахуванням розмірного квантування [3].

Класична теорія припускає сферичну форму частинок, тому виконані розрахунки слід розглядати лише як оцінку ролі квантування електронного спектру в процесі поглинання. Незважаючи на те, що геометричний чинник для частинок помітно впливає на величину коефіцієнта поглинання композитів, використані наближення відтворюють експериментальну частотну залежність коефіцієнта поглинання, а його розрахункові значення ближче до експериментальних, ніж значення класичної теорії.

Коефіцієнт поглинання розраховано для різних матриць з різними коефіцієнтами заповнення і розмірами включень Al, Ag і Au. Для розміру частинок до 10 нм на розрахункових кривих присутні характерні піки розмірного квантування. Зі збільшенням розміру металевих включень

домінуючу роль у поглинанні композиту починають відігравати вихрові струми. При цьому квантовий розмірний ефект практично не спостерігається. Вплив матриці виявляється в зсуві кривої частотної залежності при збереженні її якісного вигляду.

Список літератури

1. А. Н. Лагарьков, М. А. Погосян. Вестник РАН. 73, 848 (2003)
2. E. Šimanek. Solid State Commun. 37, 97 (1981).
3. В.П. Курбацкий, А.В. Коротун, В.В. Погосов, Е.В. Васютин. ФТТ. 50, 909(2008).

УДК 539.2

Погосов В.В.¹, Коротун А.В.², Курбацкий В.П.²

ИНФРАКРАСНОЕ ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КОМПОЗИТАХ

Оптические исследования, необходимые для разработки эффективных покрытий, традиционно являются одним из прямых способов изучения свойств частиц малых размеров, характеристики которых определяют поведение дисперсных сред. Возможная область применения композитных материалов связывается с их использованием в качестве оптических элементов, таких как поляризаторы, призмы, линзы. Свойства подобных искусственных сред могут настраиваться соответствующим выбором материалов, геометрией включений, их концентрацией. Однако такое применение композитных сред ограничивается возникающим из-за наличия металлических включений поглощением электромагнитного излучения.

В работах [1,2] измерены коэффициенты поглощения ряда монодисперсных систем частиц Al, Al₂O₃, Ag, Pd и Au в диэлектрических матрицах (нанокомпозитов) с различным значением коэффициента заполнения. Поскольку частицы были достаточно большими, для объяснения экспериментальных результатов использовалась классическая электродинамика и полуэмпирические модели с применением подгоночных параметров. Недостаточно исследованным остается вопрос о влиянии квантования электронного спектра на коэффициент поглощения η ансамбля малых металлических частиц. Так, в [3] существование локальных максимумов поглощения в композитах на основе CdS, Ag и Fe, по мнению автора,

¹ Доктор физ.-мат. наук, проф., зав. каф. микро- и наноэлектроники, ЗНТУ

² Запорожский национальный технический университет

обусловлено именно размерным квантованием. Поэтому актуальным является оценка влияния размерного квантования в малых металлических частицах, находящихся в диэлектрической *немагнитной* матрице, на коэффициент поглощения электромагнитных волн.

В работе [4] исследованы оптические свойства системы металлических наночастиц в диэлектрической матрице. Для оценки квантовых эффектов использовано аналитическое выражение для диэлектрической функции металлической частицы в форме параллелепипеда. Рассчитан коэффициент поглощения для композитов с частицами разных металлов в различных матрицах и проведено сравнение с имеющимися экспериментальными данными.

Коэффициент поглощения

$$\eta(\omega) = \frac{2\omega}{c} \text{Im} \sqrt{\epsilon_c \mu_c} \quad (1)$$

определяет ослабление интенсивности I_0 электромагнитной волны ($I = I_0 e^{-\eta d}$) с частотой ω , проходящей через слой композита толщиной d . В (1) ϵ_c и μ_c – диэлектрическая и магнитная постоянная композита. Для их определения использовался результат работы [5], в которой определен отклик 2D- и 1D-электронных систем на падающую плоскую монохроматическую волну $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 e^{i(\mathbf{q} \cdot \mathbf{r} - \omega t)}$, которая рассматривается как возмущение, и рассчитаны соответствующие диэлектрические функции.

Коэффициент поглощения рассчитан для разных матриц с разными коэффициентами заполнения и размерами включений Al, Ag, Fe, Cu и Au. С увеличением размера частиц доминирующую роль начинают играть вихревые токи, а квантовый размерный эффект в поглощении практически не наблюдается. Влияние матрицы проявляется в сдвиге кривой частотной зависимости при сохранении ее характера.

В нанокомпозитах при большом значении коэффициента заполнения, когда существенно взаимодействие между частицами, данный подход неприменим и систему необходимо рассматривать как перколяционную.

Список литературы

1. Carr G.L., Henry R.L., Russell N.E., Garland J.C., Tanner D.B. // Phys. Rev. B. 1981. V. 24. P. 777.
2. Kim Y.H., Tanner D.B. // Phys. Rev. B. 1989. V. 39. P. 3585.
3. Кульбацкий Д.М. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Саратов: СГТУ, 2009. 21 с.
4. Курбачкий В.П., Коротун А.В., Погосов В.В. / ЖТФ. 2012 Т.82. С. 130.
5. Kurbatsky V.P., Pogosov V.V. // Phys. Rev. B. 2010. V. 81. P. 155404.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ САНДВИЧЕЙ

Традиционные исследования тонких металлических пленок (или пластин), плоских островков на полупроводниковых или диэлектрических подложках (2D-систем) помимо фундаментальных целей ставят задачу создания новых наномасштабных электронных приборов и устройств.

О сложности получения подходящих для исследования объектов и методов измерения говорит сравнительно малое количество экспериментальных исследований, целью которых являются квантово-размерные эффекты [1]. Одной из важнейших равновесных характеристик металлических наноструктур является работа выхода электронов.

Существуют различные модели, которые позволяют рассчитывать электронную структуру пластин, состоящих из нескольких атомных слоев, конечных в одном направлении и квазинепрерывных в двух других перпендикулярных направлениях. Для наглядности объединим их в три группы по степени сложности вычислений: I – электроны в модели Зоммерфельда (прямоугольный потенциальный ящик, аналитические вычисления, пластинки и проволоочки); II – самосогласованные вычисления в различных вариантах модели желе металла (пластинки, проволоочки); III – *ab initio* вычисления (пластинки). Полученные результаты по группам проиллюстрированы на рис. 1. Вычисления в группе III зависят от числа монослоев в пленке (точки на рис. 1). Величина L для групп I и II меняется непрерывным образом. Работа выхода и поверхностная энергия пленок в диэлектрическом окружении до сих пор не вычислялась.

В экспериментах также нет однозначного ответа о характере монотонной компоненты зависимости $W(L)$: в работах [2] она незаметна (пленки Yb на Si, метод контактной разности потенциалов), а в других работах она такая же как в группе I. Отметим, что сравнение измеренной фотоэмиссионным методом работы выхода электронов пленки Ag(100) на вискерах Fe(100) с расчетными результатами для пластинок *в вакууме* достаточно условное.

В данной работе впервые предложен метод самосогласованных вычислений равновесных профилей электронной концентрации, эффективного потенциала, энергетического спектра и интегральных характери-

¹ Канд. физ.-мат. наук, доцент каф. микро- и нанoeлектроники, ЗНТУ

² Доктор физ.-мат. наук, проф., зав. каф. микро- и нанoeлектроники, ЗНТУ

стик металлической пленки в диэлектриках и на диэлектрических подложках. Для этого использована модель стабильного желе и приближении локальной плотности для обменно-корреляционного потенциала, на основе которых нами ранее [3] исследованы характеристики полубесконечного металла с диэлектрическим покрытием. В качестве примеров простых металлов выбраны Al, Pb и Na.

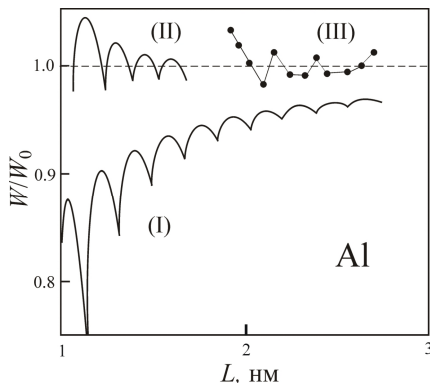


Рис. 1. Иллюстрация результатов вычислений по группам I, II и III.

W_0 – работа выхода электронов 3D-металлов.

В отличие от поверхностной энергии размерные зависимости работы выхода имеют глубокие и резко выраженные минимумы, которые тем сложны для численного исследования, чем больше концентрация атомов. С увеличением толщины пленки размерные изменения работы выхода, поверхностной энергии происходят вблизи своих средних значений (для симметричных сэндвичей эти значения соответствуют 3D-металлам) и не содержат заметных монотонных размерных составляющих. Диэлектрическое окружение в целом приводит к уменьшению работы выхода электронов и поверхностной энергии.

Исследован случай асимметричных металл-диэлектрических сэндвичей: разных диэлектриков по обе стороны пленки. Частный случай – пленка нанесенная на диэлектрическую подложку. Наличие диэлектрика с одной стороны пленки приводит к такой «деформации» электронного распределения, что в электростатическом и эффективном потенциалах с другой стороны пленки возникает «вал» выше вакуумного уровня. Такая асимметрия потенциального профиля должна приводить к анизотропии полевой эмиссии. Помимо размерных изменений сдвиг работы выхода в

целом определяется среднеарифметическим значением диэлектрических констант окружающих сред.

Список литературы

1. Погосов В.В. Введение в физику зарядовых и размерных эффектов: поверхность, кластеры, низкоразмерные системы. М.: Физматлит, 2006. 328 с.
2. Бутурович Д.В. и др. ФТТ. 2006. Т.48. С. 2085; 2008. Т.50. С. 354.
3. Babich A.V., Pogosov V.V. Surf. Sci. 2009. V.603. P. 2393.

УДК 539.2

Курбацкий В.П.¹

КОЭФФИЦИЕНТ ПРОПУСКАНИЯ СВИНЦОВЫХ НАНОПЛЕНОК В ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ

В прошедшее десятилетие были усовершенствованы технологии получения сплошных металлических пленок нанометровой толщины и созданы методики оптического исследования их свойств [1–3]. Для интерпретации результатов экспериментаторы использовали теорию Друде с подгоночными параметрами ω_p (плазменная частота) и ω_τ (скорость релаксации). Целью работы было получить аналитическое выражение для коэффициента пропускания металлических нанопленок на основе модели свободных электронов в потенциальном ящике, удобное для обсуждения экспериментальных результатов на языке, используемом экспериментаторами. Мы полагаем, нам удалось доказать, что подгонка параметров – это не единственный путь согласования эксперимента с теорией и что их расхождение может иметь другие причины и не является основанием для отказа от простой исходной модели.

В работе [3] приведены результаты измерения коэффициента пропускания пленок свинца толщиной в несколько нанометров в диапазоне $1000\text{--}5000\text{ см}^{-1}$. Типичную картину зависимости коэффициента пропускания от толщины пленки демонстрирует рис. 1 (красный пунктир).

В условиях нормального падения излучения на пленку, как это имело место в эксперименте, диэлектрическая функция нанометровой пленки в первом приближении описывается формулой Друде [4]. Путем решения уравнений Максвелла была получена формула для коэффициента пропускания. Результаты расчета по этой формуле представлены на рис. 1 (сплошная линия). Анализ формулы показал, что коэффициент пропускания столь

¹ Запорожский национальный технический университет

же чувствителен к изменению толщины пленки L , как и к изменению ω_τ или ω_p . Точность измерения толщины становится важным фактором при толщине пленки свыше 2 нм. Методика определения средней толщины пленки L по массе покрытия, использованная в эксперименте, связана с большой погрешностью, так как плотности свинца в макроскопических образцах и в нанометровой пленке заметно отличаются. Это косвенно подтверждает STM сканирование поверхности пленки, выполненное в той же работе [3]. Толщина пленки L получается заниженной. На рис. 1 показано (зеленые точки), какими были бы результаты измерения при внесении 20 % поправки в значение толщины пленки. Согласие с расчетом улучшилось.

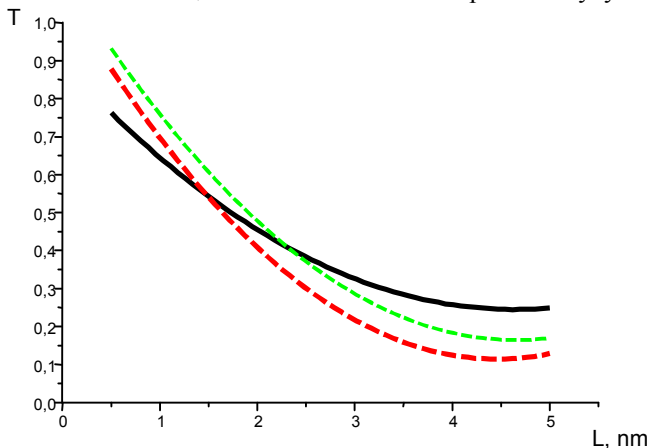


Рис. 1. Коэффициент пропускания нанометровых пленок свинца ($\omega = 1000 \text{ см}^{-1}$, $\omega_p = 62000 \text{ см}^{-1}$, $\omega_\tau = 550 \text{ см}^{-1}$).

Таким образом, хотя размерные зависимости $\omega_\tau(L)$ и $\omega_p(L)$ не могут быть получены в рамках модели свободных электронов в потенциальном ящике, эта простая модель остается пригодной для анализа результатов экспериментов.

Список литературы

1. G. Fahsold, A. Bartel, o. Klauth, N. Magg, A. Pucci. Phys. Rev. B 61, 14108 (2000).
2. J.J. Tu, C.C. Homes, M. Strongin. Phys. Rev. Let. 90, 17402 (2003).
3. A. Pucci, F. Kost, G. Fahsold. Phys. Rev. B 74, 125428 (2006).
4. V.P. Kurbatsky, V.V. Pogosov. Phys. Rev. B 81, 155404 (2010).

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАБОТОК НА СВОЙСТВА КОНТАКТА КРЕМНИЙ – АМОРФНЫЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СПЛАВ

В последние годы увеличился объем исследований, посвященных использованию пленок металлов и металлических сплавов с аморфной структурой в технологии диодов Шоттки (ДШ), что обусловлено их важным прикладным значением [1]. В частности, солнечные элементы (СЭ) с барьерами Шоттки отличаются повышенной радиационной стойкостью, их технология может быть удешевлена за счет устранения операции высокотемпературной диффузии для создания р-п-переходов, использования поликристаллических подложек и тонких слоев с малыми величинами $t_{\text{ННЗ}}$, и др. Применение металлов с аморфной структурой позволяет формировать более однородную и устойчивую во времени границу раздела металл-полупроводник (ГР) и получить диоды Шоттки с характеристиками, близкими к идеальным [2].

Исследовано влияние различных обработок (механических, термических и ультразвуковых) на свойства диодов Шоттки, а также влияние облучения γ -квантами на характеристики образцов солнечных элементов, изготовленных по технологии диодов Шоттки. При изготовлении СЭ на кремниевую подложку, подвергнутую химико-механической полировке, производилось напыление металлического сплава состава $\text{Ni}_{35}\text{Ti}_{65}$, который имеет тенденцию к аморфизации [3]. Данное концентрационное соотношение обеспечивалось подбором скоростей испарения компонентов сплава, который наносили методом электронно-лучевого испарения из двух источников. Подложки были изготовлены из бездислокационных монокристаллов кремния, выращенных методом Чохральского, легированных фосфором. Удельное электрическое сопротивление $\sim 0,7 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, кристаллографическая ориентация $\langle 111 \rangle$ [4]. Матрица содержала 14 диодов, площади которых менялись в интервале от 100 до 1400 мкм^2 , площадь контакта составляла 200 мкм^2 . СЭ облучались γ -квантами ^{60}Co с дозой $\sim 10^6$ рад при комнатной температуре. Облученные образцы были последовательно, в два этапа, подвергнуты ультразвуковой обработке (УЗО): УЗО-1 (частота $f_{\text{УЗ}} \sim 95 \text{ МГц}$, интенсивность $W_{\text{УЗ}} \sim 0,55 \text{ Вт/см}^2$, про-

¹ профессор, д.т.н. Запорожская государственная инженерная академия, Украина

² доцент, к.ф.-м.н. - Бакинский государственный университет, Азербайджанская Республика

³ магистр - Бакинский государственный университет, Азербайджанская Республика

должительность $t \sim 120$ мин), и УЗО-2 ($f_{\text{уз}} \sim 30$ МГц, $W_{\text{уз}} \sim 15$ Вт/см² и $t \sim 200$ мин). После каждого этапа УЗО измерялись фотоэлектрические параметры СЭ. Установлено, что γ -облучение негативно сказывается на характеристиках ДШ (искажение как обратной, так и прямой ВАХ по сравнению с исходными, увеличение обратного тока $I_{\text{обр}}$).

Показано, что восстановление параметров СЭ после γ -облучения, возможно с помощью ультразвуковой обработки. По-видимому, в этом случае происходит перегруппировка и атермический отжиг радиационных дефектов, образованных гамма-квантами. Полученные в работе результаты свидетельствуют также о том, что УЗО частично восстанавливает структуру α -NiTi и кристаллическую структуру кремниевой подложки образцов СЭ после γ -облучения. Экспериментально установлено, что характер и степень изменений фотоэлектрических свойств СЭ зависят от выбранного режима УЗО, т.е. регулируя режим УЗО, можно целенаправленно корректировать параметры СЭ.

Список литературы

1. Askerov Sh. G. Electropnysial properties of silicon contact prepared wnit amorphous metallic NiTi allox / Sh. G.Askerov, I.G. Pashaev // Conference Proceeding Second International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering – Tabriz-Iran. 6–8 September 2004. P. 367–368.
2. Pashaev I.G. Elektronysikal Properties of Schottky-diodes made on the basis of silikon with amorphous and polycrystalline metal alloy at Low direct voltage [Text] / I.G. Pashaev // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (ИТПЕ). Iss. 10, Vol. 4, No. 1. – 2012. – P. 41–44.
3. Судзуки К. Аморфные металлы [Текст] / К. Судзуки К. Х.Фудзумори, К. Хасимов; пер. с англ. Е.У.Поляка, под. ред. И.В.Кекало. – Москва: Металлургия, 1987. – 328 с. – Библиогр.: с. 324–328.
4. Критская Т. В. Управление свойствами и разработка промышленной технологии монокристаллов кремния для электроники и солнечной энергетики [Текст]: дисс. докт. техн. наук / Т.В.Критская. – Запорожье, 2006. – 375 с.

Наукове видання

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ І ДОСЯГНЕННЯ В ГАЛУЗІ
РАДІОТЕХНІКИ,
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Тези доповідей
VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Технічні редактори Д. М. Піза, С. В. Морщавка
Комп'ютерне верстання С. В. Морщавка, С. В. Зуб
Відповідальний за випуск С. В. Морщавка

Оригінал-макет підготовлено
в редакційно-видавничому відділі ЗНТУ

Підписано до друку 17.09.2012. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 19,4.
Тираж 30 прим. Зам. № 1259.

Запорізький національний технічний університет
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції
від 27.12.2005 р., серія ДК № 2394