

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ISSN 1563-0064

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ИНФОРМАТИКА

Научно-технический журнал

№ 2(77), апрель – июнь 2017

Основан в 1997 г.

Выходит 4 раза в год

© *Харьковский национальный
университет радиоэлектроники, 2017*

Свидетельство о государственной регистрации КВ № 12097-968 ПР 14.12.2006

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
------------------	---

РАДИОТЕХНИКА

ТОЛЮПА С.В., САМОХВАЛОВ Ю.Я. ПАСИВНО-АКТИВНЫЙ МЕТОД СУПРОВОЖДЕНИЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ЗІ ШТУЧНО ЗНИЖЕНОЮ ПЛОЩЕЮ ВІДДЗЕРКАЛЕННЯ.....	4
--	---

ТЕЛЕКОМУНИКАЦИИ

ЕРЕМЕНКО А.С., ТАРИКИ Н., ЕВДОКИМЕНКО М.А. ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ С БИЛИНЕЙНЫМИ УСЛОВИЯМИ ЗАЩИТЫ ПУТИ.....	9
--	---

ЛЕМЕШКО А.В., НЕВЗОРОВА Е.С. РАЗРАБОТКА ТРЕХУРОВНЕВОГО МЕТОДА ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ЦЕЛЕВОЙ КООРДИНАЦИИ.....	15
--	----

БАРАННИК В.В., ОКЛАДНОЙ Д.Е., ЛЕКАХ А.А., МЕДВЕДЕВ Д.О. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА CDMA СИСТЕМ И СИСТЕМ С НЕРАВНОМЕРНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ. ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЫИГРЫША В ОБЪЕМЕ.....	20
---	----

ТВЕРДОХЛЕБ В.В., ХАХАНОВА А.В., БАРАННИК В.В. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ БИТОВОЙ СКОРОСТИ ВИДЕОПОТОКА С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ТРЕБУЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА.....	27
--	----

СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

ОКСЮК О.Г., ЗЕРКО А.Л., КОХАНОВСЬКИЙ О.І. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	34
--	----

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

ТАРНОПОЛОВ Р.В. МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ВИДЕОПОТОКА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАКРЫТИЯ ИНФОРМАЦИИ.....	38
---	----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

БЕЛИКОВА Т.В. МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕСТРУКТИВНЫХ СУГГЕСТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В ИНФОРМАЦИОННО-СОЦИАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ.....	45
---	----

ХУДОВ В.Г., ХУДОВ Г.В. МЕТОД СЕГМЕНТУВАННЯ БАГАТОМАСШТАБНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВИХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	51
---	----

РЕФЕРАТИ.....	55
---------------	----

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА.....	58
---	----

CALL FOR PAPERS. 15 th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2017).....	60
--	----

ПРЕДИСЛОВИЕ
к тематическому выпуску журнала
«Радиоэлектроника и информатика», №2, 2017

Наиболее знаковым среди терминов, появившихся в начале XXI века, по праву можно считать «инфокоммуникации». Темпы развития инфокоммуникаций определяют динамику инфраструктурного обновления социально-экономической среды и перехода к Информационному обществу. Инфокоммуникации – это совокупность методов и средств накопления, обработки, хранения, защиты информации и переноса ее в пространстве, имплементированных в единую сетевую структуру, посредством которой обеспечивается доступность информационных ресурсов и информационный обмен. Развитие инфокоммуникаций является необходимым условием информационного обмена и построения информационной структуры общества. Это дает толчок развитию наукоемких технологий в инфокоммуникациях. Научоемкость технологий связана с использованием строгого математического аппарата и высокоинтегрированных вычислительных средств при решении задач обработки и защиты информации в инфокоммуникациях. Это определяет актуальность обсуждения данных вопросов среди специалистов, работающих в области инфокоммуникаций.

В конце мая 2017 г. кафедра «Информационно-сетевая инженерия» Харьковского национального университета радиоэлектроники совместно с кафедрой «Боевого применения и эксплуатации АСУ» Харьковского национального университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба провела второй научно-практический семинар на тему «Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях», которая тесно связана с основным научным направлением исследований кафедры. Этот семинар продолжил традиции первого семинара по такой тематике, который был проведен в рамках международной Крымской конференции «КрыМиКо'2013».

На семинаре были представлены доклады ведущих ученых из разных городов Украины по актуальным направлениям высокоинтеллектуальных инфокоммуникационных технологий хране-

ния, обработки, защиты и передачи информации, которые базируются на использовании строгих математических методов. На семинаре работали три секции. На 1-й секции рассматривались общие вопросы инфокоммуникаций, в частности, проблемы построения инфокоммуникационных сетей, вопросы кодирования, маршрутизации, планирования, контроля, управления, использования когнитивных технологий при передаче информации в сетях. На 2-й секции обсуждались вопросы обработки информации в инфокоммуникациях, включая вопросы интеллектуализированного кодирования, многомерно-го синтаксического преобразования, сегментации, обработки и сжатия изображений, контроля информационных потерь в центрах обработки данных, управления системами обработки информации. На 3-й секции рассматривались вопросы защиты информации и кибербезопасности, в частности, вопросы криптокомпрессионного представления изображений, устойчивости инфокоммуникационных систем от кибератак, различные методы обеспечения защиты при передаче информации информационной разведки в инфокоммуникационном пространстве.

Материалы ряда докладов, представленных на семинаре, публикуются в виде статей в настоящем тематическом выпуске журнала «Радиоэлектроника и информатика». Кроме того, материалы докладов ведущих ученых Харькова, Киева, Львова, Винницы, Черкасс использованы при подготовке второго издания коллективной монографии на тему «Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка информации, кибербезопасность, информационная борьба» (под общей редакцией В.М. Безрука, В.В. Баранника), которая опубликована в издательстве «Лидер» (Харьков).

Д-р техн. наук, проф.,
зав. кафедрой «Информационно-
сетевая инженерия»

В.М. Безрук

РАДИОТЕХНІКА

УДК 621.396.96

ПАСИВНО-АКТИВНИЙ МЕТОД СУПРОВОДЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ЗІ ШТУЧНО ЗНИЖЕНОЮ ПЛОЩЕЮ ВІДДЗЕРКАЛЕННЯ

ГОЛЮПА С.В., САМОХВАЛОВ Ю.Я.

Запропоновано виявлення і супроводження повітряних цілей зі штучно зменшеною площею віддзеркалення на основі комплексного використання як активного, передавального каналу, який здатний формувати резонансний радіосигнал, так і пасивного каналу радіолокаційної станції, що здатний приймати сигнали збудження радіопоглинаючого покриття у відповідному частотному діапазоні. Реалізація даного методу дозволить істотно зменшити кількість помилкових траєкторій на етапах зав'язки трас і підвищити ефективність супроводження повітряних цілей зі штучно зниженою площею віддзеркалення.

Ключові слова: радіолокація, ефективна площа віддзеркалення, радіолокаційна станція, пасивно-активний метод, повітряна ціль.

Key words: radar, the effective area of reflection, radar station, passive-active method, air target.

Актуальність теми. Актуальність дослідження зумовлена такими причинами: динамічним розвитком авіаційної техніки, широким впровадженням провідними країнами – виробниками літальних апаратів технології штучного зниження ЕПВ (ефективною площею віддзеркалення), зростанням частки літальних апаратів зі штучно зниженою ЕПВ, які надходять в експлуатацію в останній час, зниженням можливостей існуючих РЛС (радіолокаційна станція) щодо радіолокації таких літальних апаратів, недостатньою реалізацією потенційних можливостей РЛС під час виявлення та супроводження повітряних цілей зі штучно зниженою ЕПВ [1]. Ситуація, яка склалася спонукала об'єктивне протиріччя у практиці застосування РЛС відносно локації літальних апаратів зі штучно зниженою ЕПВ. Зростаюча увага з боку керівництва держави, вчених, конструкторів щодо питань створення нових радіолокаційних засобів та модернізації існуючих РЛС, нові стратегічні концепції, що лежать в основі державних програм передових держав світу, стрімкий розвиток техніки, в першу чергу, авіаційної, підвищують вимоги до рівня можливостей РЛС. Значне зростання вимог до РЛС, які й надалі широко використовуються на практиці, необхідність підняття якісних і кількісних показників ефективності функціонування радіолокаційних систем до потрібного рівня, незорієнтованість РЛС на виявлення та супроводження повітряних цілей зі штучно зниженою ефективною площею віддзеркалення [2], необхідність модернізації існуючих та створення нових високоефек-

тивних радіотехнічних комплексів для потреби України, відсутність науково-методичного підходу до визначення напрямків підвищення ефективності радіолокації новітніх літальних апаратів, відсутність обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення ефективності радіолокації визначають напрям дослідження.

Основна частина. Одним із шляхів удосконалення процесу локації є розробка нових методів отримання та використання радіолокаційної інформації про повітряну ціль зі штучно зменшеною ЕПВ за допомогою використання ефекту резонансного збудження радіопоглинаючих покриттів. Виявлення і супроводження повітряних цілей зі штучно зменшеною площею віддзеркалення пропонується на основі комплексного використання як активного, передавального каналу, який здатний формувати резонансний радіосигнал, так і пасивного каналу РЛС, що здатний приймати сигнали збудження радіопоглинаючого покриття у відповідному частотному діапазоні. Для радіолокації повітряної цілі зі штучно зменшеною площею віддзеркалення пропонується новий метод, що ґрунтується на адаптації системи керування АХС (антенно-хвилевідна система) в умовах інформаційної невизначеності, яка спричиняється флюктуацією сигналу збудження радіопоглинаючого покриття повітряної цілі [3]. Пасивно-активним методом супроводження повітряних цілей пропонується називати такий метод, який дозволяє здійснювати пеленгацію цілей за сигналом резонансного збудження від радіопоглинаючого покриття в пасивному режимі на частоті обертопу внаслідок опромінення зондуючим сигналом активної РЛС. Зазначений метод базується на сумісному функціонуванні пасивних і активних радіолокаційних каналів РЛС супроводження [4-5].

Розглянемо систему виявлення повітряних цілей (ПЦ), в яку входять активний передавальний канал РЛС супроводження і пасивний – приймального типу.

При виявленні ПЦ РЛС супроводження вектор вимірів у момент часу t_i в сферичній системі координат буде мати вид

$$\theta_{\text{акт}} = \{r_{\text{рлс}}, \beta_{\text{рлс}}, \varepsilon_{\text{рлс}}\}^T,$$

із кореляційною матрицею помилок вимірів $C_{\theta_{\text{акт}}}$, і тому, що виміри незалежні, матриця $C_{\theta_{\text{акт}}}$ буде діагональною:

$$C_{\theta_{\text{акт}}} = \begin{vmatrix} \sigma_{r_{\text{рлс}}}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\beta_{\text{рлс}}}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{\varepsilon_{\text{рлс}}}^2 \end{vmatrix}.$$

Вектор вимірів пасивного каналу виявлення буде мати вид

$$\theta_{\text{пас}} = \{\beta_{\text{пас}}, \varepsilon_{\text{пас}}\}^T,$$

із кореляційною матрицею помилок вимірів $C_{\theta_{\text{пас}}}$

$$C_{\theta_{\text{пас}}} = \begin{vmatrix} \sigma_{\beta_{\text{пас}}}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{\varepsilon_{\text{пас}}}^2 \end{vmatrix}.$$

Спільне функціонування активно-пасивних каналів РЛС супроводження припускає необхідність вирішення задачі спільної фільтрації їхніх вимірів із метою підвищення точнісних характеристик і зменшення кількості помилкових траєкторій на етапах зав'язки і супроводу. Для рішення цієї задачі необхідно зробити ототожнення вимірів активно-пасивних засобів для ухвалення рішення – чи належать ці виміри одному чи різним динамічним об'єктам.

Дану задачу сформулюємо на базі критерію максимальної правдоподібності для складних гіпотез:

$$\ell = \frac{\max P(x/H_1)}{\max P(x/H_2)} \geq C(\alpha),$$

де ℓ – відношення максимальної правдоподібності; P – функція правдоподібності приналежності вектора вимірів x при справедливості гіпотез $H_1(H_2)$; H_1 – гіпотеза того, що параметри вимірів, отримані активними і пасивними засобами, належать одному об'єкту; H_2 – гіпотеза того, що параметри вимірів, отримані активними і пасивними засобами, належать різним об'єктам; $C(\alpha)$ – поріг ухвалення рішення для заданої ймовірності α правильного ухвалення рішення про ототожнення.

У загальному випадку пошук у відповідальному секторі контрольованого простору пасивним каналом може здійснюватися з періодом, який можна порівняти із періодом випромінювання активним каналом РЛС супроводження, а також і з меншим періодом огляду, тобто

$$\Delta T_{\text{РЛС}} \approx \Delta T_{\text{ПАС}} \vee \frac{\Delta T_{\text{РЛС}}}{\Delta T_{\text{ПАС}}} = n, \quad n > 1, \quad (1)$$

де $\Delta T_{\text{РЛС}}, \Delta T_{\text{ПАС}}$ – періоди огляду.

Отже, можливі такі режими роботи активно-пасивних каналів:

– синхронний ($\Delta T_{\text{РЛС}} = \Delta T_{\text{ПАС}}$);

– асинхронний ($\Delta T_{\text{РЛС}} \neq \Delta T_{\text{ПАС}}$).

Під час роботи активно-пасивних засобів у загальному випадку координати ПЦ, що вимірюються РЛС $\{r_{\text{ірлс}}, \beta_{\text{ірлс}}, \varepsilon_{\text{ірлс}}\}$, не збігаються з координатами ПЦ, що вимірюються пасивним каналом $\{\beta_{\text{іпас}}, \varepsilon_{\text{іпас}}\}$ через помилки вимірів ($C_{\theta_{\text{акт}}}, C_{\theta_{\text{пас}}}$).

Отже, при роботі активно-пасивних каналів у синхронному режимі буде деяка відстань між позначкою від цілі, заданої вектором вимірів РЛС $\theta_{\text{акт}} = \{r_{\text{ірлс}}, \beta_{\text{ірлс}}, \varepsilon_{\text{ірлс}}\}^T$, і прямою, заданою

променем напрямку на ціль. Позначимо цю відстань Δr .

Розглянемо роботу активно-пасивних каналів в асинхронному режимі у випадку супроводу РЛС ПЦ при $\Delta T_{\text{РЛС}} > \Delta T_{\text{ПАС}}$.

При цьому маємо: $\Delta T_{\text{РЛС}} = (t_{\text{ірлс}} - t_{\text{іпас}})$, де $t_{\text{ірлс}}$

відповідає моменту часу екстрапольованих параметрів траєкторії польоту ПЦ, які виміряні РЛС супроводження у момент часу t_1 . Таким чином, будемо мати деяку кількість вимірів в інтервалі $\Delta T_{\text{РЛС}}$.

Отже, у цьому випадку будуть дві перехресні прямі, рівняння яких задані траєкторією польоту ПЦ, зумовленої двома сусідніми вимірами РЛС супроводження і променем напрямку на ціль. Відстань між ними позначимо Δr_k , де k змінюється в інтервалі $(1 \div (\Delta T_{\text{РЛС}} / \Delta T_{\text{ПАС}}))$, приймаючи менше значення виразу $(\Delta T_{\text{РЛС}} / \Delta T_{\text{ПАС}})$.

Відстані $\Delta r, \Delta r_k$ приймемо за параметр ототожнення вимірів активно-пасивних засобів і визначимо як функцію

$$\Delta r = F(r_{\text{ірлс}}, \beta_{\text{ірлс}}, \varepsilon_{\text{ірлс}}, \beta_{\text{іпас}}, \varepsilon_{\text{іпас}}). \quad (2)$$

У прямокутній системі координат рівняння прямої, заданої променем напрямку, у координатній формі буде мати вид

$$\frac{x}{l} = \frac{y}{m} = \frac{z}{n}, \quad (3)$$

і у векторній формі

$$Rr = 0,$$

де $R = (l, m, n)$ – направляючий вектор прямої; l, m, n – направляючі косинуси, що визначаються так

$$l = \cos \varepsilon_{\text{іпас}} \cos \beta_{\text{іпас}},$$

$$m = \cos \varepsilon_{\text{іпас}} \sin \beta_{\text{іпас}},$$

$$n = \sin \varepsilon_{\text{іпас}}.$$

Обмірювані РЛС супроводження у t_1 момент часу координати $(r_{\text{ірлс}}, \beta_{\text{ірлс}}, \varepsilon_{\text{ірлс}})$ ПЦ можуть бути перераховані в прямокутну систему координат за формулами

$$x_i = r_i \cos \varepsilon_i \sin \beta_i,$$

$$y_i = r_i \cos \varepsilon_i \cos \beta_i,$$

$$z_i = r_i \sin \varepsilon_i.$$

Під час роботи активно-пасивних засобів у синхронному режимі вираз (2) у координатній формі буде мати вид

$$\Delta r^2 = \frac{1}{l^2 + m^2 + n^2} \times$$

$$\times [(x_i m - y_i l)^2 + (y_i n - z_i m)^2 + (z_i l - x_i n)^2].$$

Під час роботи в асинхронному режимі є дві прямі, рівняння однієї з них задано променем напрямку на ціль (3), рівняння другої задано ви-

мірами РЛС супроводження в t_i і екстрапольованими на t_j моменту часу

$$\frac{x - x_i}{x_j - x_i} = \frac{y - y_i}{y_j - y_i} = \frac{z - z_i}{z_j - z_i},$$

у векторній формі

$$(r - r_i)(r_j - r_i) = 0,$$

де $r_j = (x_j, y_j, z_j)$ – вектор вимірів РЛС супроводження, екстрапольованих на момент часу t_j ;

$R' = (r_j - r_i)$ – направляючий вектор прямої.

Під час роботи активно-пасивних каналів у цьому режимі, вираз (2) у векторній формі буде мати вид

$$\Delta r_k = \frac{|r_i R R'|}{|R R'|}.$$

Будемо вважати, що операція переносу помилок при перерахуванні сферичних координат у прямокутні і при екстраполяції параметрів траєкторії ПЦ на момент часу t_j одержання вимірів $x_{j\text{нас}}$ є лінійною, і помилки первинних вимірів мають розподіл за нормальним законом.

Тоді вектор Δr за умови, що екстрапольований і вимірюваний вектори можуть належати одному об'єкту супроводження, розподілений за нормальним законом, із нульовим математичним очікуванням $M(\Delta r) = 0$ і з дисперсією $\sigma_{\Delta r}^2$, що зумовлена помилками вимірів ($C_{\theta_{\text{акт}}}, C_{\theta_{\text{пас}}}$).

За умови, що вектори вимірів можуть належати різним об'єктам супроводження, вектор Δr розподілений за нормальним законом з математичним очікуванням $M(\Delta r) \neq 0$ і з дисперсією $\sigma_{\Delta r}^2$, що зумовлена помилками вимірів ($C_{\theta_{\text{акт}}}, C_{\theta_{\text{пас}}}$).

Отже, задача ототожнення екстрапольованого $\theta_{j\text{рлс}}$ й вимірюваного $\theta_{i\text{рлс}}$ векторів зводиться до перевірки гіпотез:

- 1) H_1 ; $M(\Delta r) = 0$ проти складної гіпотези;
- 2) H_2 ; $M(\Delta r) \neq 0$ і записується у вигляді

$$\ell = \frac{\max P(\Delta r / M(\Delta r) = 0)}{\max P(\Delta r / M(\Delta r) \neq 0)} \geq C(\alpha). \quad (4)$$

Якщо $\ell \geq C(\alpha)$, то приймається гіпотеза H_1 , у протилежному випадку приймається гіпотеза H_2 .

Розглянемо рішення для двох режимів роботи активно-пасивних каналів РЛС супроводження. Під час роботи в синхронному режимі умовна щільність ймовірності розподілу параметра Δr має вигляд

$$P(\Delta r / M(\Delta r)) = \frac{1}{\sigma_{\Delta r} \sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(\Delta r - M(\Delta r))^2}{2\sigma_{\Delta r}^2}.$$

Очевидно, що \max значень виразу (1) досягається: при $\Delta r = M(\Delta r)$ (справедливість гіпотези H_2) і дорівнює

$$\max_{M(\Delta r)} P(\Delta r / M(\Delta r) \neq 0) = \frac{1}{\sigma_{\Delta r} \sqrt{2\pi}},$$

при $M(\Delta r) = 0$ (справедливість гіпотези H_1) і дорівнює

$$\max_{M(\Delta r)} P(\Delta r / M(\Delta r) = 0) = \frac{1}{\sigma_{\Delta r} \sqrt{2\pi}} \exp \frac{-\Delta r^2}{2\sigma_{\Delta r}^2}. \quad (5)$$

Після логарифмування виразу (4) одержимо

$$\ln \ell = \frac{(\Delta r - M(\Delta r))^2}{\sigma_{\Delta r}^2} \leq 2 \ln C(\alpha) = C_1(\alpha). \quad (6)$$

Таким чином, рішення задачі ототожнення параметрів вимірів різних засобів зводиться до перевірки умови (6).

Поріг $C_1(\alpha)$ знаходиться з виразу

$$\int_{C_1(\alpha)}^{\infty} P(\ln \ell / H_1) d \ln \ell = \alpha,$$

де P – щільність розподілу ймовірностей відношення правдоподібності при справедливості гіпотези H_1 ; α – задане значення ймовірності правильного ухвалення рішення.

Випадкова величина $P(\ln \ell / H_1)$ розподілена за центральним законом χ^2 з двома ступенями свободи.

Отже, поріг ухвалення рішення може бути знайдений із виразу [5,6]:

$$\int_{\chi_{\text{пор}}^2}^{\infty} \frac{1}{4\Gamma} \exp \frac{-\Delta r^2}{2\sigma_{\Delta r}^2} d \left(\frac{\Delta r^2}{\sigma_{\Delta r}^2} \right) = \alpha,$$

де Γ – гама-розподіл.

Випадкова величина $P(\ln \ell / H_2)$ розподілена за нецентральним законом χ^2 з двома ступенями свободи і параметром нецентральності $M(\Delta r)$, де $M(\Delta r)$ вибирається з характеристик мінімальної відстані між повітряними цілями, що рухаються. Тому ймовірність помилкового ухвалення рішення може бути знайдена з виразу

$$\int_0^{\chi_{\text{пор}}^2} P(\ln \ell / H_2) d \ln \ell = F_{\text{лт}}.$$

Розподіл χ^2 табульовано і при заданому значенні ймовірності правильного ухвалення рішення може бути визначене чисельне значення вагового коефіцієнта порогу ухвалення рішення.

Таким чином, на підставі виразу (6) запишемо вирішальне правило для ототожнення параметрів вимірів супроводження активно-пасивними каналами РЛС супроводження під час роботи в синхронному режимі:

$$Z_1 = \frac{(\Delta r - M(\Delta r))^2}{\sigma_{\Delta r}^2} \leq C_1(\alpha).$$

Рішення про належність параметрів вимірів активно-пасивних каналів однієї ПЦ за даними чергового циклу огляду приймається, якщо значення Z_1 перевищує заданий поріг $C_1(\alpha)$.

При роботі активно-пасивних каналів в асинхронному режимі умовна щільність ймовірності розподілу параметра Δr_k в інтервалі $(1 \div (\Delta T_{\text{рлс}} / \Delta T_{\text{пас}}))$ має вид

$$P(\Delta r_k / M(\Delta r_k)) = \prod_{k=1}^{(\Delta T_{\text{рлс}} / \Delta T_{\text{пас}})} \frac{1}{\sigma_{\Delta r} \sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(\Delta r_k - M(\Delta r_k))^2}{2\sigma_{\Delta r}^2}.$$

Під час роботи активно-пасивних засобів у цьому режимі рішення задачі ототожнення параметрів вимірів зводиться до перевірки гіпотези $H_1(M(\Delta r_k) = 0)$ проти складної гіпотези $H_2(M(\Delta r_k) \neq 0)$ і записується у вигляді

$$I_1 = \frac{\max \prod_{k=1}^{(\Delta T_{\text{рлс}} / \Delta T_{\text{пас}})} P(\Delta r_k / M(\Delta r_k) = 0)}{\max \prod_{k=1}^{(\Delta T_{\text{рлс}} / \Delta T_{\text{пас}})} P(\Delta r_k / M(\Delta r_k) \neq 0)} C_2(\alpha). \quad (7)$$

Після логарифмування виразу (7) одержимо

$$\ln \ell_1 = \sum_{k=1}^{(\Delta T_{\text{рлс}} / \Delta T_{\text{пас}})} \frac{(\Delta r_k - M(\Delta r_k))^2}{\sigma_{\Delta r}^2} \leq 2 \ln C(\alpha) = C_2(\alpha). \quad (8)$$

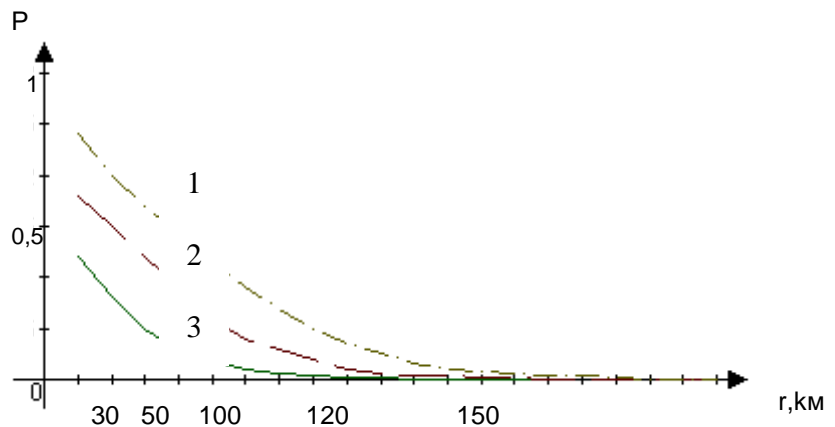
Рішенням задачі ототожнення параметрів вимірів є перевірка умови (8).

Випадкова величина $\sum_{k=1}^{(\Delta T_{\text{рлс}} / \Delta T_{\text{пас}})} (\ln \ell_1 / H_2)$ розподілена за нецентральним законом χ^2 із $(k+1)$ ступенями свободи і параметром нецентральності $M(\Delta r_k)$, а випадкова величина $\sum_{k=1}^{(\Delta T_{\text{рлс}} / \Delta T_{\text{пас}})} (\ln \ell_1 / H_1)$ розподілена за центральним законом χ^2 із $(k+1)$ ступенями свободи.

Ваговий коефіцієнт порогу ухвалення рішення визначається за методом, аналогічним раніше описаному, для випадку із $(k+1)$ ступенями свободи.

Вирішальне правило для ототожнення параметрів вимірів активно-пасивних каналів РЛС супроводження, при їхній роботі в асинхронному режимі, буде мати вигляд

$$Z_2 = \sum_{k=1}^{(\Delta T_{\text{рлс}} / \Delta T_{\text{пас}})} \frac{(\Delta r_k - M(\Delta r_k))^2}{\sigma_{\Delta r}^2} \leq C_2(\alpha).$$



Графік розподілу ймовірності взяття на супроводження залежно від помилкового ухвалення рішення про виявлення повітряної цілі зі зниженою ЕПВ: 1 – розподіл ймовірності взяття на супроводження при ймовірності виявлення повітряної цілі $p = 0,7$; 2 – розподіл ймовірності взяття на супроводження при ймовірності виявлення повітряної цілі $p = 0,8$; 3 – розподіл ймовірності взяття на супроводження при ймовірності виявлення повітряної цілі $p = 0,9$

Рішення про належність параметрів вимірів у результаті опрацювання даних циклу $\Delta T_{\text{рлс}}$ і декількох $\Delta T_{\text{пас}}$ приймається, якщо при деякому k значення Z_2 перевищує заданий поріг $C_2(\alpha)$.

Для оцінки якості запропонованого методу ототожнення на рисунку подана залежність $P = f(\Delta r)$ ймовірності помилкового рішення супроводження траси цілі від значення параметра нецентральності при фіксованому значенні ймовірності правильного рішення $P = \text{const}$. Дані залежності побудовані відповідно до наведених в [6] табульованих значень функції χ^2 .

З аналізу наведених залежностей можливо стверджувати, що при ефективній площі віддзеркалення динамічних літальних апаратів в діапазоні від $[0,015 \div 0,025] \text{ м}^2$ і при ймовірності ухвалення рішення правильного ототожнення вимірів $P=0,9$ ймовірність помилкового рішення не перевищує значення $0,1$.

Таким чином, реалізація даного методу ототожнення вимірів РЛС супроводження і пасивних засобів дозволить істотно зменшити кількість помилкових траєкторій на етапах зав'язки трас і супроводження повітряних цілей зі штучно зниженою площею віддзеркалення.

Література: 1. Барабаш Ю.Л. Проблемы радиолокационного распознавания и возможные пути их решения / Ю.Л. Барабаш. К.: 1984. 369 с. 2. Востриков А.К. Радиолокационные станции сопровождения цели и визирования / А.К. Востриков, А.Н. Райкин. К.: КВЗРИУ, 1984. 84 с. 3. Пархомей І.Р., Толюпа С.В., В.А. Дружинін, Наконечний В.С. Резонансні методи отримання і використання інформації в радіотехнології // Монографія. К. Логос, 2013. 146 с. 4. Толюпа

С.В., Дружинін В.А., Наконечний В.С. Методи та алгоритми обробки та захисту радіолокаційної інформації у багатопозиційних системах зі змінною просторовою конфігурацією // Монографія. К. Логос, 2014. 251 с. 5. Толупа С.В., Дружинін В.А., Наконечний В.С. Ефективність радіолокації при використанні технології штучного зниження ефективної поверхні випромінювання літальних апаратів // Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2014. №1. С. 62-69. 6. Дорохов А.П. Расчет и конструирование антенно-фидерных устройств / А.П. Дорохов. Х.: ХГУ, 1980. 284 с.

Transliterated bibliography:

1. *Barabash Ju.L.* Problemy radiolokacionnogo raspoznavaniya i vozmozhnye puti ih resheniya / Ju.L. Barabash. K.: 1984. 369 s.
2. *Vostrikov A.K.* Radiolokacionnye stancii so-provozhdeniya celi i vizirovaniya. / A.K. Vostrikov, A.N. Rainkin K.: KVZRIU, 1984. 84 s.
3. *Parhomej I.R., Toljupa S.V., V.A. Druzhinin, Nakonechnij V.S.* Rezonansni metodi otrimannja i vikoristannja informacii v radiotehnologii // Monografija. K. Logos, 2013. 146 s.
4. *Tolyupa S.V., Druzhinin V.A., Nakonechniy V.S.* Metodi ta algoritmi obrobki ta zahistu radiolokatsiynoi informatsiyi u bagatopozitsiynih sistemah zi zminnoyu prostorovoyu konfiguratsiyeu // Monografiya. K. Logos, 2014. 251 s.
5. *Tolyupa S.V., Druzhinin V.A., Nakonechniy V.S.* Efektivnist radiolokatsiyi pri vikoristanni tehnologiyi shtuchnogo znizheniya effektivnoyi poverhni viprominyuvannya litalnih aparativ // Telekomunikatsiyni ta informatsiyni tehnologiyi. 2014. №1. S. 62-69.
6. *Dorohov A.P.* Raschet i konstruirovanie antenno-fidernyh ustrojstv / A.P. Dorohov. H.: HGU, 1980. 284 s.

Надійшла до редколегії 11.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Бараннік В.В.

Толупа Сергій Васильович, д-р техн. наук, професор кафедри кібербезпеки та захисту інформації факультету інформаційних технологій Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Наукові інтереси: інтелектуальні системи управління, напрямки підвищення ефективності функціонування інформаційних систем та мереж, системи технічного захисту інформації, кібербезпека та кіберзахист, обробка та захист радіолокаційної інформації. Адреса: Україна, 01033, Київ, вул. Володимирська, 60, e-mail: tolupa@i.ua

Самохвалов Юрій Якович, д-р техн. наук, професор кафедри кібербезпеки та захисту інформації факультету інформаційних технологій Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Наукові інтереси: теорія і практика побудови інтелектуальних систем, нечіткі алгоритми управління, логіко-лінгвістичне моделювання у кіберпросторі та теорія і практика проектування автоматизованих систем та проведення експертиз. Адреса: Україна, 01033, Київ, вул. Володимирська, 60, e-mail: yu1953@ukr.net

Tolyupa Sergey Vasilievich, Dr. of Sc., Professor, Department of Cybersecurity and Information Protection at Faculty of Information Technologies, Kyiv National University named after T. Shevchenko. Scientific interests: intellectual control systems, directions for improving the operation of information systems and networks, systems of technical protection of information, cyber security and cyber defense, processing and protection of radar information. Address: Ukraine, 01033, Kyiv, Vladimirska Str., 60, e-mail: to-lupa@i.ua

Samokhvalov Yuriy Yakovlevich, Dr. of Sc., Professor, Department of Cybersecurity and Information Protection at Faculty of Information Technologies, Kyiv National University. T. Shevchenko. Research interests: the theory and practice of building intelligent systems, fuzzy control algorithms, logic-linguistic modeling in cyberspace, and the theory and practice of designing automated systems and conducting expert assessments. Address: Ukraine, 01033, Kyiv, Vladimirska Str., 60, e-mail: yu1953@ukr.net

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ С БИЛИНЕЙНЫМИ УСЛОВИЯМИ ЗАЩИТЫ ПУТИ

ЕРЕМЕНКО А.С., ТАРИКИ Н.,
ЕВДОКИМЕНКО М.А.

Описывается усовершенствованная потоковая модель отказоустойчивой маршрутизации с защитой пути. Новизна предложенного усовершенствования заключается в том, что условия защиты пути включены в критерий оптимальности в билинейной форме. Работоспособность и адекватность предлагаемой модели подтверждается на ряде расчетных примеров при решении задач отказоустойчивой маршрутизации в процессе реализации схемы защиты пути/мультипути.

Ключевые слова: маршрутизация; отказоустойчивость; потоковая модель; мультипуть; схема защиты пути.

Key words: routing; fault-tolerance; flow-based model; multipath; path protection scheme.

1. Введение

В современных телекоммуникационных сетях (ТКС) маршрутизация занимает важное место среди средств обеспечения межконцевого качества обслуживания (Quality of Service, QoS). При этом за счет применения соответствующих метрик протоколы маршрутизации могут определять и использовать пути с заданными свойствами при доступной производительности, а также средней задержке и уровне потерь пакетов. Кроме того, существующие протоколы оснащены возможностями адаптации (как структурной, так и функциональной) решений, принимаемых в процессе маршрутизации, к изменениям состояний сети [1, 2].

Стремительно возрастающая производительность ТКС приводит к отказам и перегрузкам сетевого оборудования. При этом значительный объем данных, который передается за время определения протоколом резервных (обходных) маршрутов, может быть потерян, что критично влияет на численные значения показателей качества обслуживания. По этой причине в транспортных ТКС, основанных на технологиях IP (Internet Protocol) и MPLS (Multiprotocol Label Switching), используются дополнительные средства повышения отказоустойчивости [3-5]. К ним относят следующие технологии:

- быстрая протокольная сходимость (Fast IGP/BGP Convergence);
- отказоустойчивая маршрутизация (Fault-tolerant routing);

- быстрая перемаршрутизация (Fast ReRoute, FRR) [6-9].

Технологии FRR основаны на том, что наряду с основным маршрутом (или множеством маршрутов) одновременно рассчитывается резервный (backup) путь или мультипуть [5]. При этом в ходе реализации защиты пути (мультипути) основной и резервный маршруты содержат общие лишь узлы отправителя и получателя. В случае же необходимости защиты пропускной способности резервный маршрут также должен обеспечивать и заданную пропускную способность соединения.

В соответствии с этим актуальной является задача, связанная с усовершенствованием потоковой модели быстрой перемаршрутизации с реализацией схем защиты пути как при однопутевой, так и при мультипутевой маршрутизации в телекоммуникационной сети при отсутствии в основном и резервном маршрутах общих узлов и каналов, а также, обеспечением приемлемой вычислительной сложности получаемых маршрутных решений.

2. Структурно-функциональная модель отказоустойчивой маршрутизации в ТКС

Предположим, что структуру телекоммуникационной сети описывает граф $G = (R, E)$ (рис. 1), в котором $R = \{R_i; i = \overline{1, m}\}$ – множество вершин, моделирующих маршрутизаторы, а $E = \{E_{i,j}; i, j = \overline{1, m}; i \neq j\}$ – множество дуг, представляющих каналы связи в сети. Обозначим через $R_i^* = \{R_j; E_{j,i} \neq 0; j = \overline{1, m}; i \neq j\}$ подмножество маршрутизаторов, которые являются смежными для маршрутизатора R_i .

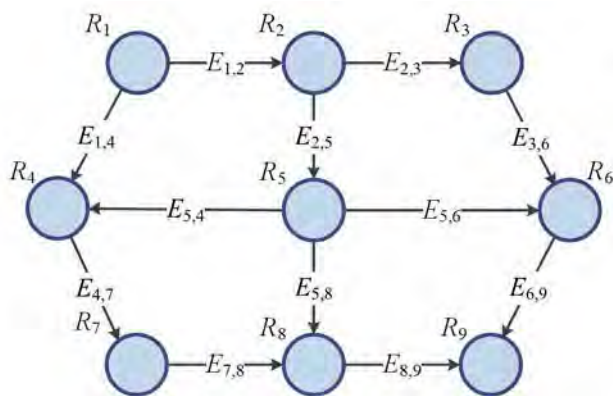


Рис. 1. Пример описания структуры ТКС в виде графа

Тогда $|E| = n$ определяет количество каналов связи в ТКС. При этом каждой дуге $E_{i,j} \in E$, моделирующей соответствующий канал, ставится в соответствие его пропускная способность $\phi_{i,j}$.

Пусть с каждым k -м одноадресным потоком связан ряд функциональных параметров: λ^k – средняя интенсивность пакетов k -го потока, измеряемая в пакетах за секунду ($1/c$); s_k – узел-отправитель; d_k – узел-получатель при $k \in K$, где K – множество потоков в сети. В ходе решения задачи одноадресной маршрутизации необходимо рассчитать множество переменных $x_{i,j}^k$, каждая из которых характеризует долю интенсивности k -го потока в канале связи, представленного дугой $E_{i,j} \in E$ и входящего в основной маршрут. Количество маршрутных переменных $x_{i,j}^k$ соответствует произведению $|K| \cdot |E|$.

На управляющие переменные в соответствии с их физическим смыслом накладывается ряд ограничений. В случае реализации многопутевой стратегии маршрутизации необходимо выполнение следующего условия:

$$0 \leq x_{i,j}^k \leq 1. \quad (1)$$

Для обеспечения согласованности при расчете множества маршрутных переменных, отвечающих за реализацию маршрутизации в сети в целом, важно обеспечить выполнение условий сохранения потока в узлах основного пути/мультипути [3]:

$$\begin{cases} \sum_{j: E_{i,j} \in E} x_{i,j}^k - \sum_{j: E_{j,i} \in E} x_{j,i}^k = 0; & k \in K, R_i \neq s_k, d_k; \\ \sum_{j: E_{i,j} \in E} x_{i,j}^k - \sum_{j: E_{j,i} \in E} x_{j,i}^k = 1; & k \in K, R_i = s_k; \\ \sum_{j: E_{i,j} \in E} x_{i,j}^k - \sum_{j: E_{j,i} \in E} x_{j,i}^k = -1; & k \in K, R_i = d_k. \end{cases} \quad (2)$$

В системе (2) индекс j указывает номер входного или выходного интерфейса маршрутизатора R_i , через который k -й поток поступает или покидает маршрутизатор.

При решении задачи быстрой перемаршрутизации в ТКС наряду с расчетом множества основных маршрутов необходимо рассчитать и множество резервных путей. Поэтому, как показано в работе [10], вводятся дополнительные маршрутные переменные $\bar{x}_{i,j}^k$, которые характеризуют долю k -го

потока в канале связи, представленного дугой $E_{i,j}$, но уже резервного пути/мультипути. Для обеспечения связности резервного пути/мультипути на переменные $\bar{x}_{i,j}^k$ накладываются ограничения, аналогичные (2):

$$\begin{cases} \sum_{j: E_{i,j} \in E} \bar{x}_{i,j}^k - \sum_{j: E_{j,i} \in E} \bar{x}_{j,i}^k = 0; & k \in K, R_i \neq s_k, d_k; \\ \sum_{j: E_{i,j} \in E} \bar{x}_{i,j}^k - \sum_{j: E_{j,i} \in E} \bar{x}_{j,i}^k = 1; & k \in K, R_i = s_k; \\ \sum_{j: E_{i,j} \in E} \bar{x}_{i,j}^k - \sum_{j: E_{j,i} \in E} \bar{x}_{j,i}^k = -1; & k \in K, R_i = d_k. \end{cases} \quad (3)$$

При необходимости осуществления резервирования пропускной способности сети, а также в целях предотвращения возможной перегрузки каналов связи в модель по аналогии с результатами, полученными в работе [10], вводятся условия вида:

$$\frac{1}{2} \sum_{k \in K} \left(\lambda^k \left[(x_{i,j}^k + \bar{x}_{i,j}^k) + \sqrt{(x_{i,j}^k - \bar{x}_{i,j}^k)^2} \right] \right) \leq \phi_{i,j}. \quad (4)$$

3. Критерий оптимальности при отказоустойчивой маршрутизации с билинейными условиями защиты пути

В случае реализации защиты пути необходимо обеспечить отсутствие в основном и резервном маршрутах как общих узлов, так и каналов, тогда как в ранее известных решениях [10, 11] резервный путь допускал узловое пересечение с основным. В связи с этим в усовершенствованной модели предлагается к использованию критерий оптимальности, ориентированный на минимизацию следующей целевой функции:

$$\begin{aligned} F = & \sum_{k \in K} \sum_{i,j \in E} c_{i,j}^k x_{i,j}^k + \sum_{k \in K} \sum_{i,j \in E} \bar{c}_{i,j}^k \bar{x}_{i,j}^k + \\ & + \sum_{k \in K} \sum_{i,j \in E} \bar{c}_{i,j}^k \bar{x}_{i,j}^k + \sum_{k \in K} \sum_{i,j \in E} \bar{c}_{i,j}^k \bar{x}_{i,j}^k + \\ & + \sum_{R_i \in R \setminus \{s_k, d_k\}} \sum_{R_j \in R_i^*} \sum_{R_p \in R_i^*} h x_{j,i}^k \bar{x}_{p,i}^k, \end{aligned} \quad (5)$$

в которой $c_{i,j}^k$ и $\bar{c}_{i,j}^k$ – маршрутные метрики каналов основного и резервного путей; h – весовой коэффициент, характеризующий важность билинейного слагаемого в критерии оптимальности.

Первое и второе слагаемые в выражении (5) определяют условные стоимости формирования и использования основного пути/мультипути, а третье и четвертое – резервного. Пятое слагаемое является

наиболее важным и отвечает за реализацию схемы защиты пути, т.е. за отсутствие общих узлов и каналов в основном и резервном маршрутах. Таким образом, устанавливается следующая система иерархии соотношений весовых коэффициентов в целевой функции (5):

$$h \gg c_{i,j}^k \text{ и } h \gg \bar{c}_{i,j}^k, \quad (6)$$

а также слагаемых:

$$\begin{aligned} & \sum_{k \in K} \sum_{E_{i,j} \in E} c_{i,j}^k x_{i,j}^k + \sum_{k \in K} \sum_{E_{i,j} \in E} \bar{c}_{i,j}^k \bar{x}_{i,j}^k \leq \\ & \leq \sum_{k \in K} \sum_{E_{i,j} \in E} \bar{c}_{i,j}^k \bar{x}_{i,j}^k + \sum_{k \in K} \sum_{E_{i,j} \in E} c_{i,j}^k x_{i,j}^k. \end{aligned} \quad (7)$$

Выполнение условия (7) гарантирует, что рассчитанный основной путь/мультипуть не будет уступать по производительности резервному.

Таким образом, в рамках проведенного усовершенствования математической модели задача быстрой перемаршрутизации была сформулирована в оптимизационной форме. При этом критерием оптимальности выступает минимум целевой функции (5), а ограничения – условия (1)-(4). При реализации быстрой перемаршрутизации в ТКС расчет искомым маршрутных переменных обеспечивается в ходе решения задачи квадратичного программирования. Кроме того, предлагаемое усовершенствование модели быстрой перемаршрутизации с билинейными условиями защиты пути является более строгим, так как рассчитываемые основной и резервный маршруты не пересекаются ни по узлам, ни по каналам.

4. Исследование предложенной модели отказоустойчивой маршрутизации

Особенности решения задачи многопутевой отказоустойчивой маршрутизации с использованием модели (1)-(5) продемонстрируем в качестве примера на сетевой структуре, показанной на рис. 2. Представленная сеть состоит из девяти маршрутизаторов и двенадцати каналов связи (рис. 2). В разрывах каналов связи указаны их пропускные способности. Для обеспечения расчета путей с максимальной производительностью маршрутные метрики каналов связи принимали значения $10^7/\varphi_{i,j}$ по аналогии с протоколом IGRP.

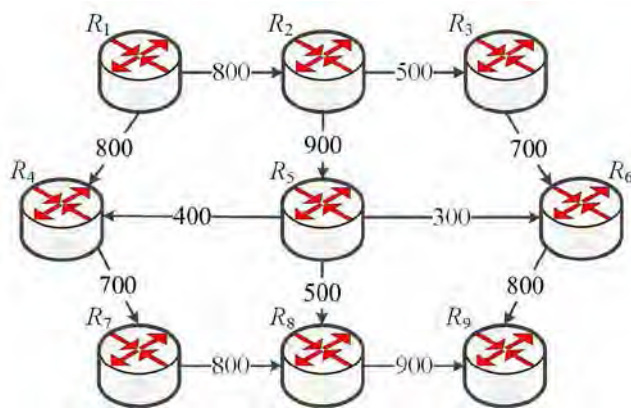


Рис. 2. Исходная структура ТКС

Проведем исследование влияния загруженности сети, изменяя интенсивность входного потока, на получаемые маршрутные решения для ТКС, структура которой приведена на рис. 2, при необходимости защиты основного маршрута между узлом-отправителем $s_1 = R_1$ и узлом-получателем $d_1 = R_9$.

Рассмотрим случай, когда в критерии оптимальности (5) отсутствуют слагаемые квадратичной формы. Пусть необходимо передать поток пакетов с интенсивностью $\lambda^1 = 200$ 1/с. Иллюстрация получаемого решения при использовании предложенной модели приведена на рис. 3, где основной путь представлен сплошной линией, резервный – пунктирной, не используемые каналы связи показаны полупрозрачными линиями.

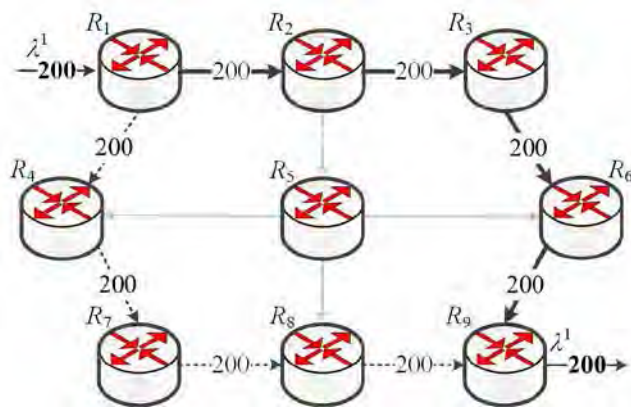


Рис. 3. Порядок отказоустойчивой маршрутизации потока с интенсивностью 200 1/с без квадратичных членов в критерии оптимальности (5)

В результате расчетов получены два непересекающихся маршрута. Причем основной маршрут проходит через маршрутизаторы:

$$R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_6 \rightarrow R_9,$$

а резервный путь в свою очередь определяется узлами: $R_1 \rightarrow R_4 \rightarrow R_7 \rightarrow R_8 \rightarrow R_9$.

Увеличивая загруженность сети, при передаче потока пакетов с интенсивностью $\lambda^1 = 700$ 1/с решение задачи отказоустойчивой маршрутизации с билинейными условиями защиты пути при тех же исходных данных будет иметь вид, представленный на рис. 4.

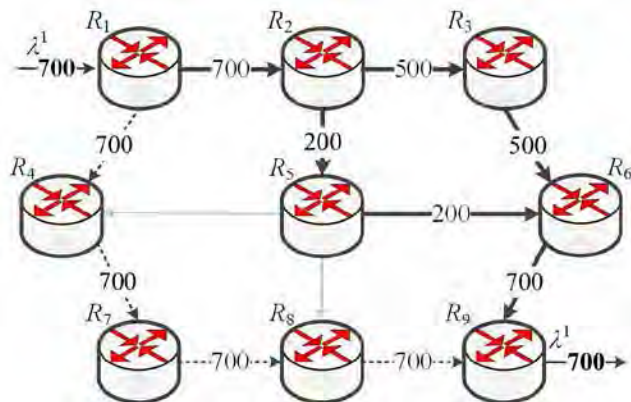


Рис. 4. Порядок отказоустойчивой маршрутизации потока с интенсивностью 700 1/с без квадратичных членов в критерии оптимальности (5)

В этом случае основной мультипуть включает в себя два пути:

- $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_6 \rightarrow R_9$ при передаче потока с интенсивностью 500 1/с;
 - $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_5 \rightarrow R_6 \rightarrow R_9$ при передаче потока с интенсивностью 200 1/с,
- а резервный путь обеспечивает передачу всего потока через маршрутизаторы:
- $R_1 \rightarrow R_4 \rightarrow R_7 \rightarrow R_8 \rightarrow R_9$.

Таким образом, при отсутствии в критерии оптимальности (5) слагаемых квадратичной формы наблюдается последовательное включение маршрутов при формировании мультипути, т.е. многопутевое решение задачи отказоустойчивой маршрутизации будет получено только в случае роста загруженности сети.

При использовании квадратичного критерия оптимальности (5) при низкой загруженности сети и передаче потока пакетов с интенсивностью $\lambda^1 = 200$ 1/с получаем следующее многопутевое решение задачи отказоустойчивой маршрутизации, показанное на рис. 5.

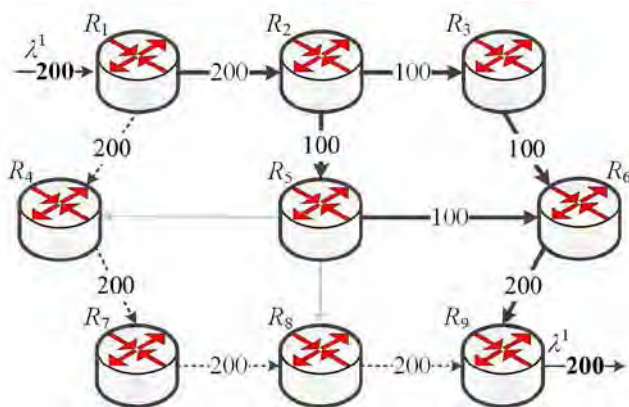


Рис. 5. Порядок отказоустойчивой маршрутизации потока с интенсивностью 200 1/с при использовании квадратичного критерия оптимальности (5)

Здесь основной мультипуть представлен двумя маршрутами:

- $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_6 \rightarrow R_9$ при передаче потока с интенсивностью 100 1/с;
- $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_5 \rightarrow R_6 \rightarrow R_9$ при передаче потока с интенсивностью 100 1/с,

тогда как единственный резервный путь проходит через маршрутизаторы:

- $R_1 \rightarrow R_4 \rightarrow R_7 \rightarrow R_8 \rightarrow R_9$.

При более высокой загруженности сети, например, при передаче потока пакетов с интенсивностью $\lambda^1 = 700$ 1/с получаемое решение следующее:

- $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_6 \rightarrow R_9$ при передаче потока с интенсивностью 400 1/с;
- $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_5 \rightarrow R_6 \rightarrow R_9$ при передаче потока с интенсивностью 300 1/с,

а резервный путь представляет собой один маршрут: $R_1 \rightarrow R_4 \rightarrow R_7 \rightarrow R_8 \rightarrow R_9$.

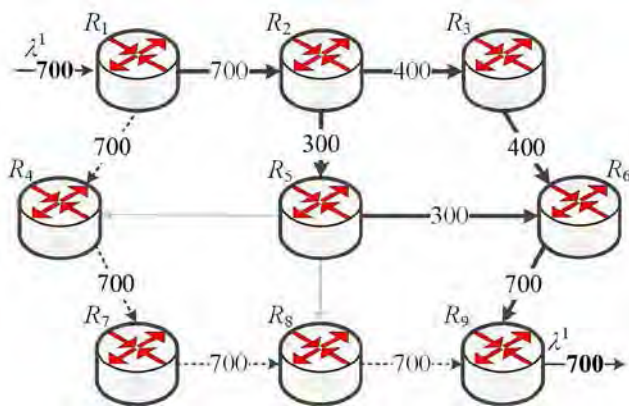


Рис. 6. Порядок отказоустойчивой маршрутизации потока с интенсивностью 700 1/с при использовании квадратичного критерия оптимальности (5)

Таким образом, использование квадратичного критерия оптимальности (5) за счет введения соответствующей билинейной формы позволило обеспечить расчет основного и резервного пути/мультипути, которые не пересекаются ни по узлам, ни по каналам.

5. Заключение

Усовершенствована потоковая модель отказоустойчивой маршрутизации с защитой пути. При этом задача отказоустойчивой маршрутизации представлена в оптимизационной форме. В ходе усовершенствования сформулирован критерий оптимальности (5), содержащий в себе условия защиты пути при возможности реализации как однопутевой, так и многопутевой стратегий маршрутизации. Обоснованы к использованию различные варианты критерия оптимальности, основанные на минимизации целевой функции (5).

Установлена система иерархии соотношений весовых коэффициентов (6) и слагаемых (7) в целевой функции (5), при которой обеспечивались корректные решения по быстрой перемаршрутизации. Работоспособность и адекватность предлагаемого усовершенствования потоковой модели отказоустойчивой маршрутизации подтверждена на ряде расчетных примеров при решении задач одно- и многопутевой маршрутизации при реализации схемы защиты пути в сети.

Литература: 1. *Rak, J.* Resilient Routing in Communication Networks (Computer Communications and Networks). 1st edition / J. Rak. Springer, 2015. 181 p. 2. *Hariyawan, M.Y.* Comparison Analysis of Recovery Mechanism at MPLS Network / M.Y. Hariyawan // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2011. Vol.1, No2. P. 151-160. DOI: <http://dx.doi.org/10.11591/ijece.v1i2.84>. 3. *Lemeshko, O.V.* Fault-Tolerant Unicast, Multicast and Broadcast Routing Flow-based Models / O.V. Lemeshko, A.M. Arous, O.S. Yeremenko // Scholars Journal of Engineering and Technology (SJET), India. 2015. Vol-3: Issue-4A. P. 343–350. 4. *Yeremenko, O.* Fault-tolerant IP routing flow-based model / O. Yeremenko, N. Tariki, A.M. Hailan // IEEE 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET). Publishing House of Lviv Polytechnic, 2016. P. 655-657. DOI: 10.1109/TCSET.2016.7452143. 5. *Lemeshko, O.V.* Fault-Tolerance Improvement for Core and Edge of IP Network / O.V. Lemeshko, O.S. Yeremenko, N. Tariki, A.M. Hailan // IEEE 2016 XIth International Scientific and Technical Conference “Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT), 2016. P. 161-164. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2016.7589895. 6. *Papán, J.* Analysis of

existing IP Fast Reroute mechanisms / J. Papán, P. Segeč, P. Palúch // IEEE 2015 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT), 2015. P. 291-297. DOI: 10.1109/DT.2015.7222986. 7. RFC 7490 Remote Loop-Free Alternate (LFA) Fast Reroute (FRR) / S. Bryant, C. Filtsils, S. Previdi, M. Shand, N. So // Internet Engineering Task Force (IETF), April 2015. 29 p. 8. RFC 7811 An Algorithm for Computing IP/LDP Fast Reroute Using Maximally Redundant Trees (MRT-FRR) / G. Enyedi, A. Csaszar, A. Atlas, C. Bowers, A. Gopalan // Internet Engineering Task Force (IETF), June 2016. 118 p. 9. RFC 7812 An Architecture for IP/LDP Fast Reroute Using Maximally Redundant Trees (MRT-FRR) / A. Atlas, C. Bowers, G. Enyedi // Internet Engineering Task Force (IETF), June 2016. 44 p. 10. *Lemeshko, O.* Effective solution for scalability and productivity improvement in fault-tolerant routing / O. Lemeshko, K. Arous, N. Tariki // IEEE 2015 Second International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), 2015. P. 76-78. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357274. 11. *Gomes, T.* Algorithms for Determining a Node-Disjoint Path Pair Visiting Specified Nodes / T. Gomes, L. Martins, S. Ferreira, M. Pascoal, D. Tipper // Optical Switching and Networking. 2017. Vol. 23, Part 2. P. 189-204. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.osn.2016.05.002>.

Transliterated bibliography:

1. *Rak, J.* Resilient Routing in Communication Networks (Computer Communications and Networks). 1st edition / J. Rak. Springer, 2015. 181 p.
2. *Hariyawan, M.Y.* Comparison Analysis of Recovery Mechanism at MPLS Network / M.Y. Hariyawan // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2011. Vol. 1, No. 2. P. 151-160. DOI: <http://dx.doi.org/10.11591/ijece.v1i2.84>.
3. *Lemeshko, O.V.* Fault-Tolerant Unicast, Multicast and Broadcast Routing Flow-based Models / O.V. Lemeshko, A.M. Arous, O.S. Yeremenko // Scholars Journal of Engineering and Technology (SJET), India. 2015. Vol.3: Issue-4A. P. 343–350.
4. *Yeremenko, O.* Fault-tolerant IP routing flow-based model / O. Yeremenko, N. Tariki, A.M. Hailan // IEEE 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET). Publishing House of Lviv Polytechnic, 2016. P. 655-657. DOI: 10.1109/TCSET.2016.7452143.
5. *Lemeshko, O.V.* Fault-Tolerance Improvement for Core and Edge of IP Network / O.V. Lemeshko, O.S. Yeremenko, N. Tariki, A.M. Hailan // IEEE 2016 XIth International Scientific and Technical Conference “Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT), 2016. P. 161-164. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2016.7589895.
6. *Papán, J.* Analysis of existing IP Fast Reroute mechanisms / J. Papán, P. Segeč, P. Palúch // IEEE 2015 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT), 2015. P. 291-297. DOI: 10.1109/DT.2015.7222986.

7. *RFC 7490 Remote Loop-Free Alternate (LFA) Fast Reroute (FRR)* / S. Bryant, C. Filsfils, S. Previdi, M. Shand, N. So // Internet Engineering Task Force (IETF), April 2015. 29 p.
8. *RFC 7811 An Algorithm for Computing IP/LDP Fast Reroute Using Maximally Redundant Trees (MRT-FRR)* / G. Enyedi, A. Csaszar, A. Atlas, C. Bowers, A. Gopalan // Internet Engineering Task Force (IETF), June 2016. 118 p.
9. *RFC 7812 An Architecture for IP/LDP Fast Reroute Using Maximally Redundant Trees (MRT-FRR)* / A. Atlas, C. Bowers, G. Enyedi // Internet Engineering Task Force (IETF), June 2016. 44p.
10. *Lemeshko, O. Effective solution for scalability and productivity improvement in fault-tolerant routing* / O. Lemeshko, K. Arous, N. Tariki // IEEE 2015 Second International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), 2015. P. 76-78. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357274.
11. *Gomes, T. Algorithms for Determining a Node-Disjoint Path Pair Visiting Specified Nodes* / T. Gomes, L. Martins, S. Ferreira, M. Pascoal, D. Tipper // Optical Switching and Networking. 2017. Vol. 23, Part 2. P. 189-204. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.osn.2016.05.002>.

Поступила в редколлегию 17.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.М.

Еременко Александра Сергеевна, канд. техн. наук., с.н.с., докторант кафедры инфокоммуникационной инженерии ХНУРЭ. Научные интересы: NGN, Future Internet, качество обслуживания, управление трафиком, отказоустойчивая маршрутизация, сетевая безопасность. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, тел. +380577021320, e-mail: oleksandra.yeremenko.ua@ieee.org.

Тарики Надия, аспирант кафедры инфокоммуникационной инженерии ХНУРЭ. Научные интересы: управление трафиком, качество обслуживания, отказоустойчивая маршрутизация. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, тел. +380577021320, e-mail: nadotariki@gmail.com.

Евдокименко Марина Александровна, канд. техн. наук., доцент кафедры инфокоммуникационной инженерии ХНУРЭ. Научные интересы: управление трафиком, качество обслуживания, информационная безопасность, безопасность беспроводных сетей. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, тел. +380577021320, e-mail: marina.ievdokymenko@nure.ua.

Oleksandra Yeremenko, Cand. of Sc., Senior Researcher, Doctoral Candidate of the Department of Infocommunication Systems, Kharkiv National University of Radio Electronics. Research interests: NGN, Future Internet, Quality of Service, Traffic Management, Fault-Tolerant Routing, Network Security. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauka Ave., 14, Phone/fax: +380577021320, e-mail: oleksandra.yeremenko.ua@ieee.org.

Nadia Tariki, postgraduate student of the Department of Infocommunication Systems, Kharkiv National University of Radio Electronics. Research interests: Traffic Management, Quality of Service, Fault-Tolerant Routing. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauka Ave., 14, Phone/fax: +380577021320, e-mail: nadotariki@gmail.com.

Maryna Yevdokymenko, Cand. of Sc., Associate Professor of the Department of Infocommunication Systems, Kharkiv National University of Radio Electronics. Research interests: Traffic Management, Quality of Service, Information Security, Wireless Networks Security. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauka Ave., 14, Phone/fax: +380577021320, e-mail: marina.ievdokymenko@nure.ua.

РАЗРАБОТКА ТРЕХУРОВНЕВОГО МЕТОДА ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ЦЕЛЕВОЙ КООРДИНАЦИИ

ЛЕМЕШКО А.В., НЕВЗОРОВА Е.С.

Предлагается трехуровневый метод иерархической маршрутизации, основанный на принципе целевой координации. Метод основан на декомпозиционном представлении потоковой модели маршрутизации и включает в себя три уровня иерархии вычислений: на нулевом уровне происходит расчет маршрутных переменных приграничными маршрутизаторами каждого домена; на первом уровне осуществляется координация решений нулевого уровня с целью предотвратить перегрузку каналов связи в каждом отдельном домене, а задача координатора второго уровня состоит в обеспечении междоменного взаимодействия.

Ключевые слова: иерархическая маршрутизация, потоковая модель, метод целевой координации, трехуровневый метод, междоменная/внутридоменная маршрутизация.

Key words: hierarchical routing, flow-based model, goal coordination principle, tree-level method, inter-area/intra-area routing.

1. Введение

В современных территориально-распределенных телекоммуникационных сетях (ТКС) при обеспечении заданного уровня качества обслуживания (Quality of Service, QoS) все чаще приходится сталкиваться с проблемой масштабируемости сетевых решений. Это проявляется в том, что при росте размера сети, а также увеличении числа пользователей, количества и разнородности предоставляемых услуг существующие протоколы маршрутизации не всегда обеспечивают высокую эффективность функционирования ТКС.

В этой связи большинство протоколов маршрутизации, такие, например, как OSPF, IS-IS, BGP, PNNI [1, 2] для повышения масштабируемости сети ориентируют на реализацию иерархической маршрутизации, что отражается на снижении объемов циркулирующего в сети служебного трафика, времени расчета и размеров маршрутных таблиц. Однако данные протоколы в основном базируются на структурной иерархии построения сети, а заложенные в них комбинаторные алгоритмы расчета путей, к сожалению, особенности функциональной иерархии маршрутизаторов не учитывают. Это, в свою очередь, негативно сказывается как на показателях масштабируемости сети, так и на уровне качества обслуживания ТКС в целом.

При разработке перспективных протоколов и методов маршрутизации важно максимально учитывать требования системного подхода, адекватно

применяя положения, постулаты и принципы теории иерархических многоуровневых систем [3, 4]. Ранее положения данной теории были успешно использованы при двухуровневом решении по отдельности задач иерархической внутридоменной [5-7] и междоменной [8-9] маршрутизации. Поэтому в данной работе предлагается трехуровневый метод маршрутизации, учитывающий как внутридоменную, так и междоменную функциональную иерархию расчета маршрутов в телекоммуникационной сети.

2. Потоковая декомпозиционная модель иерархической маршрутизации

Пусть структура ТКС представлена в виде ориентированного графа $G = (M, E)$, где M – множество вершин графа, которые моделируют маршрутизаторы сети, а E – множество ребер графа, моделирующих каналы связи. Обозначим через K множество потоков, циркулирующих в сети, тогда $|K| = \tilde{K}$ – мощность множества K , количественно характеризующая общее число потоков в ТКС. Обозначим через K_r ($K_r \in K$) множество потоков маршрутизируемых r -м ($r \in M$) маршрутизатором. Для каждого k_r -го потока ($k_r \in K_r$) считается известной его средняя скорость пакетов (интенсивность) – λ^{k_r} , измеряемая в пакетах в секунду ($1/c$).

В ходе разработки декомпозиционной модели междоменной маршрутизации предположим, что телекоммуникационная сеть состоит из N взаимосвязанных между собой подсетей – доменов. Тогда пусть каждый отдельный p -й домен в ТКС описывается с помощью подграфа $G^p = (M^p, E^p)$ графа G , где $M^p = \{M_i^p; i = \overline{1, m_p}\}$ – множество маршрутизаторов p -го домена, а m_p – их общее число в домене; $E^p = \{E_{i,j}^p; i, j = \overline{1, m_p}, i \neq j\}$ – это множество каналов, соединяющих маршрутизаторы p -го домена.

Условимся, что в ходе декомпозиции ТКС граница доменов проходит через маршрутизаторы сети, как это реализовано, например, в протоколе OSPF:

$$M^p \cap M^q \neq \emptyset \text{ и } E^p \cap E^q = \emptyset,$$

т.е. некоторые маршрутизаторы ТКС могут принадлежать одновременно нескольким смежным доменам. Также для каждого p -го домена определим множество приграничных маршрутизаторов V^p , где $V^p \in M^p$, через которые потоки поступают или убывают из данного домена. В свою очередь все множество приграничных маршрутизаторов

р-го домена можно разделить на два подмножества: V_{in}^{p,k_r} ($k_r \in K_r$) – подмножество приграничных маршрутизаторов, через которые k_r -й поток поступает в р-й домен; V_{out}^{p,k_r} – подмножество приграничных маршрутизаторов, через которые k_r -й поток убывает из р-го домена. Для каждого канала связи р-го домена через $\phi_{(i,j)}^p$ обозначим его пропускную способность, измеряемую в пакетах в секунду (1/с).

Пусть в ходе решения задачи иерархическо-координационной междоменной маршрутизации для каждого р-го домена необходимо рассчитать маршрутные переменные $x_{(i,j)}^{p,k_r}$, которые характеризуют долю интенсивности k_r -го потока пакетов, протекающего в канале $E_{i,j}^p \in E^p$. Для каждого маршрутизатора р-го домена необходимо выполнить условия сохранения для каждого k_r -го потока в целях обеспечения связности рассчитываемых междоменных маршрутов в сети. Если р-й домен является транзитным для k_r -го потока пакетов, то подобные условия имеют вид [8-9]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{V_{in}^{p,k_r} \in B^p} \left(\sum_{E_{i,j}^p \in E^p} x_{(i,j)}^{p,k_r} - \sum_{E_{j,i}^p \in E^p} x_{(j,i)}^{p,k_r} \right) = 1; \\ \sum_{E_{i,j}^p \in E^p} x_{(i,j)}^{p,k_r} - \sum_{E_{j,i}^p \in E^p} x_{(j,i)}^{p,k_r} = 0; \\ \sum_{V_{out}^{p,k_r} \in B^p} \left(\sum_{E_{i,j}^p \in E^p} x_{(i,j)}^{p,k_r} - \sum_{E_{j,i}^p \in E^p} x_{(j,i)}^{p,k_r} \right) = -1. \end{array} \right. \quad (1)$$

Система уравнений (1) должна выполняться для каждого k_r -го потока пакетов в отдельности, причем первое условие системы (1) охватывает все приграничные маршрутизаторы, через которые k_r -й поток поступает в р-й домен; второе условие вводится для тех маршрутизаторов р-го домена, которые для k_r -го потока являются транзитными; третье условие должно выполняться для всех приграничных маршрутизаторов, через которые k_r -й поток убывает из р-го домена.

Если k_r -й поток пакетов сгенерирован в р-м домене, а его источником является, например, марш-

рутизатор M_1^p , то для этой сети первое условие системы (1) несколько упростится и примет вид

$$\sum_{E_{i,j}^p \in E^p} x_{(i,j)}^{p,k_r} = 1.$$

Остальные равенства в системе (1) останутся неизменными. В случае, когда маршрутизатор M_1^p р-го домена выступает получателем пакетов k_r -го потока, то упростится лишь последнее уравнение системы (1), принимая следующий вид:

$$\sum_{E_{j,i}^p \in E^p} x_{(j,i)}^{p,k_r} = 1.$$

С целью предотвратить перегрузку каналов связи р-го домена мультитоктовым трафиком важно выполнить следующие условия:

$$\sum_{M_1^p \in M^p} \sum_{k_r \in K_r} \lambda^{k_r} x_{(i,j)}^{p,k_r} \leq \phi_{(i,j)}^p;$$

данное условие ориентировано на централизованную маршрутизацию, когда расчет переменных $x_{(i,j)}^{p,k_r}$ происходит на едином сервере маршрутов.

При реализации иерархической распределенной маршрутизации подобных серверов несколько, в их роли могут выступать маршрутизаторы из множества M^p . В этом случае условия примут следующий вид:

$$\sum_{k_r \in K_r} \lambda^{k_r} x_{(i,j)}^{p,k_r} \leq \phi_{(i,j)}^p - \sum_{\substack{M_s^p \in M^p \\ s \neq r}} \sum_{k_s \in K_s} \lambda^{k_s} x_{(i,j)}^{p,k_s}, \quad p = \overline{1, N}. \quad (2)$$

При реализации однопутевой маршрутизации на маршрутные переменные накладываются ограничения вида:

$$x_{(i,j)}^{p,k_r} \in \{0,1\}, \quad (3)$$

а для обеспечения реализации многопутевой маршрутизации – ограничения вида:

$$0 \leq x_{(i,j)}^{p,k_r} \leq 1. \quad (4)$$

Маршрутные переменные (3), (4) являются координатами соответствующих маршрутных векторов, которые в соответствии с проведенной структурной декомпозицией подлежат функциональной декомпозиции:

$$\bar{x}_p = \begin{bmatrix} \bar{x}_p^1 \\ \bar{x}_p^2 \\ \vdots \\ \bar{x}_p^r \\ \vdots \\ \bar{x}_p^{M^p} \end{bmatrix}, \quad \bar{x}_p^r = \begin{bmatrix} \bar{x}_p^{r,k_1} \\ \bar{x}_p^{r,k_2} \\ \vdots \\ \bar{x}_p^{r,k_r} \\ \vdots \\ \bar{x}_p^{r,k_r} \end{bmatrix}, \quad \bar{x}_p^{k_r} = \begin{bmatrix} x_{(1,2)}^{p,k_r} \\ x_{(1,3)}^{p,k_r} \\ \vdots \\ x_{(i,j)}^{p,k_r} \\ \vdots \\ x_{(m_p, m_p-1)}^{p,k_r} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

В векторно-матричной форме условия (2) можно представить в виде:

$$\sum_{k_r \in K_r} B_r^p \bar{x}_p^{k_r} \leq D_r^p \bar{\varphi}_p - \sum_{\substack{M_s^p \in M^p \\ s \neq r}} \sum_{k_s \in K_s} C_{rs}^p \bar{x}_p^{k_s}, \quad (6)$$

где $\bar{x}_p^{k_r}$ – вектор, координатами которого являются искомые переменные $x_{(i,j)}^{p,k_r}$; $\bar{\varphi}_p$ – вектор пропускных способностей каналов связи ТКС с координатами $\varphi_{(i,j)}^p$; B_r^p , D_r^p , C_{rs}^p – согласующие матрицы, так как размерности векторов $\bar{x}_p^{k_r}$ ($M_r^p \in M^p$) и $\bar{\varphi}_p$, а также нумерации их координат в общем случае могут не совпадать.

При распределенном (децентрализованном) расчете вектора $\bar{x}_p^{k_r}$ в пределах каждого отдельного p -го домена важно обеспечить связность междоменных маршрутов, т.е. маршрутов, проходящих через множество маршрутизаторов различных доменов. Это подразумевает введение в структуру модели (1)-(5) дополнительных условий междоменного взаимодействия:

$$C_{p,q}^{k_r} \bar{x}_p^{k_r} = C_{q,p}^{k_r} \bar{x}_q^{k_r}, \quad p, q = \overline{1, n}, \quad p \neq q, \quad k_r \in K_r, \quad (7)$$

где $C_{p,q}^{k_r}$ – матрица взаимодействия p -го и q -го доменов, имеющая размер $m_{p,q} \times m_x^{p,k_r}$; $m_{p,q} = |M^p \cap M^q|$ – число маршрутизаторов, через которые проходит граница между p -м и q -м доменом; m_x^{p,k_r} – число координат $x_{(i,j)}^{p,k_r}$ вектора $\bar{x}_p^{k_r}$.

3. Трехуровневый метод иерархической маршрутизации

Основываясь на предложенной выше математической модели (1)-(7), в основу предлагаемого метода иерархическо-координационной междоменной маршрутизации положено решение оптимизационной задачи по расчету векторов маршрутных переменных $\bar{x}_p^{k_r}$ ($p = \overline{1, N}$, $k_r \in K_r$) при соблюдении ограничений (1)-(4), (7) в ходе использования следующего критерия оптимальности получаемых решений [5-9]:

$$\min F, \quad F = \sum_{p \in N} \sum_{M_r^p \in M^p} \sum_{k_r \in K_r} (\bar{x}_p^{k_r})^t H_p^{k_r} \bar{x}_p^{k_r}. \quad (8)$$

Здесь $H_p^{k_r}$ – диагональная матрица весовых коэффициентов, координатами которой, как правило, являются маршрутные метрики каналов связи в p -

м домене ТКС; $[\cdot]^t$ – операция транспонирования вектора (матрицы). Целевая функция F численно характеризует суммарные условные затраты на организацию процесса междоменной маршрутизации в ТКС.

Для придания искомым решениям свойств иерархическо-координационной маршрутизации в ходе решения сформулированной оптимизационной задачи, связанной с минимизацией выражения (8) при наличии ограничений (1)-(4), (7) использован принцип целевой координации [2-3]. Тогда, переходя к задаче на безусловный экстремум

$$\min_x F = \max_{\mu, \eta} L,$$

необходимо максимизировать по векторам множителей Лагранжа $\bar{\mu}$ и $\bar{\eta}$ лагранжиан вида:

$$L = \sum_{p \in N} \sum_{M_r^p \in M^p} \sum_{k_r \in K_r} (\bar{x}_p^{k_r})^t H_p^{k_r} \bar{x}_p^{k_r} + \\ + \sum_{p=q=1}^N \sum_{\substack{M_r^p \in M^p \\ q \neq p}} \sum_{k_r \in K_r} \bar{\mu}_{p,q}^{k_r} (C_{p,q}^{k_r} \bar{x}_p^{k_r} - C_{q,p}^{k_r} \bar{x}_q^{k_r}) + \\ + \sum_{p=1}^N \sum_{M_r^p \in M^p} \bar{\eta}_p^{k_r} \left(\sum_{k_r \in K_r} B_r^p \bar{x}_p^{k_r} - D_r^p \bar{\varphi}_p + \sum_{\substack{M_s^p \in M^p \\ s \neq r}} \sum_{k_s \in K_s} C_{rs}^p \bar{x}_p^{k_s} \right), \quad (9)$$

$\bar{\mu}_{p,q}^{k_r}$ – подвекторы вектора $\bar{\mu}$, отнесенные к каждому из векторно-матричных условий взаимодействия p -го и q -го доменов, представленных выражением (7); $\bar{\eta}_p^{k_r}$ – подвекторы вектора $\bar{\eta}$, отнесенные к каждому из условий (6), представленных в каждом p -м домене.

В виду того, что в рамках принципа целевой координации векторы множителей Лагранжа $\bar{\mu}$, $\bar{\eta}$ рассчитываются на верхнем уровне и для нижнего уровня являются известными значениями, выражение (9) можно представить в следующей декомпозиционной форме:

$$L = \sum_{p=1}^N \sum_{M_r^p \in M^p} L_r^p, \\ L_r^p = \sum_{k_r \in K_r} (\bar{x}_p^{k_r})^t H_p^{k_r} \bar{x}_p^{k_r} + \\ + \sum_{\substack{q=1 \\ p \neq q}}^N \sum_{k_r \in K_r^+} \bar{\mu}_{p,q}^{k_r} C_{p,q}^{k_r} \bar{x}_p^{k_r} - \sum_{\substack{q=1 \\ p \neq q}}^N \sum_{k_r \in K_r^-} \bar{\mu}_{q,p}^{k_r} C_{p,q}^{k_r} \bar{x}_p^{k_r} + \\ + \bar{\eta}_p^{k_r} \left(\sum_{k_r \in K_r} B_r^p \bar{x}_p^{k_r} - D_r^p \bar{\varphi}_p + \sum_{\substack{M_s^p \in M^p \\ s \neq r}} \sum_{k_s \in K_s} \bar{\eta}_p^{k_s} C_{sr}^p \bar{x}_p^{k_s} \right). \quad (10)$$

Таким образом, общая проблема междоменной многопоточковой маршрутизации формулируется как задача иерархическо-координационной трехуровневой оптимизации и декомпозируется на ряд маршрутных задач. Задача нулевого иерархического уровня сводится к расчету маршрутных переменных, представленных векторами $\bar{x}_p^{k_r}$ ($p = \overline{1, N}, M_p^r \in M^p, k_r \in K_r$). На первом уровне предлагаемого метода в ходе минимизации выражения (10) происходит координация решений, полученных с нулевого уровня, в целях предотвращения перегрузок каналов связи (2) в каждом отдельно взятом домене:

$$\bar{\eta}_p^{k_r}(a+1) = \bar{\eta}_p^{k_r}(a) + \nabla \bar{\eta}_p^{k_r}, \quad (11)$$

где a – номер итерации работы координатора первого уровня; $\nabla \bar{\eta}_p^{k_r}$ – градиент функции (11), который рассчитывается исходя из получаемых с нижнего уровня результатов решения задач маршрутизации $\bar{x}_p^{k_r^*}$ ($p = \overline{1, N}, M_p^r \in M^p, k_r \in K_r$) в каждом конкретном домене:

$$\nabla \bar{\eta}_p^{k_r}(x) \Big|_{x=x^*} = \sum_{k_r \in K_r} B_r^p \bar{x}_p^{k_r} - D_r^p \bar{\eta}_p + \sum_{\substack{M_s^p \in M^p \\ s \neq r}} \sum_{k_s \in K_s} C_{rs}^p \bar{x}_p^{k_s}. \quad (12)$$

При приближении координат градиента $\nabla \bar{\eta}_p^{k_r}$ к нулю будет обеспечиваться выполнение условия предотвращения перегрузки (2) для каждого отдельного домена.

Задача координатора второго уровня состоит в обеспечении выполнения условий междоменного взаимодействия (7) путём модификации векторов множителей Лагранжа в ходе выполнения следующей градиентной итерационной процедуры:

$$\bar{\mu}_{p,q}^{k_r}(b+1) = \bar{\mu}_{p,q}^{k_r}(b) + \nabla \bar{\mu}_{p,q}^{k_r}, \quad (13)$$

где b – номер итерации работы координатора второго уровня; $\nabla \bar{\mu}_{p,q}^{k_r}$ – градиент функции (13), который рассчитывается исходя из получаемых на нижнем уровне результатов решения задач маршрутизации $\bar{x}_p^{k_r^*}$ ($p = \overline{1, N}, k_r \in K_r$) в каждом конкретном домене:

$$\nabla \bar{\mu}_{p,q}^{k_r}(x) \Big|_{x=x^*} = C_{p,q}^{k_r} \bar{x}_p^{k_r} - C_{q,p}^{k_r} \bar{x}_q^{k_r}. \quad (14)$$

При приближении значений координат градиента (14) к нулю обеспечивается связность междоменных маршрутов. Общий оптимум достигается, когда $\nabla \bar{\eta}_p^{k_r}(x)$ и $\nabla \bar{\mu}_{p,q}^{k_r}(x)$ приближаются к нулю.

Эффективность предложенного трехуровневого метода иерархическо-координационной междо-

менной маршрутизации с точки зрения оптимальности и оперативности получаемых решений во многом зависит от скорости сходимости координирующей процедуры второго уровня (11)-(12) и третьего уровня (13)-(14). С технологической точки зрения, чем меньше итераций потребуется для получения искомого оптимального решения, тем ниже объем циркулирующего в сети служебного трафика, передаваемого между иерархическими уровнями о результатах расчетов на каждой из итераций, и время решения задачи маршрутизации в ТКС в целом.

4. Выводы

Предложен трёхуровневый метод иерархическо-координационной маршрутизации. Он является усовершенствованием метода междоменной маршрутизации [8-9], в рамках которого расчет маршрутных переменных внутри доменов проводился централизованно. С целью повысить масштабируемость решений задачи маршрутизации предлагается децентрализовать (распределить) расчет маршрутов внутри каждого домена по приграничным маршрутизаторам ТКС. В основу предложенного метода положен принцип целевой координации, с помощью которого удалось разделить задачу расчета маршрутных переменных для передачи потока от отправителя к получателю на три уровня с последовательной координацией решений. На нулевом уровне происходит расчет маршрутных переменных приграничными маршрутизаторами каждого домена; на первом уровне осуществляется координация решений нулевого уровня в целях предотвращения перегрузки каналов связи в каждом отдельном домене, а задача координатора второго уровня состоит в обеспечении междоменного взаимодействия.

Литература: 1. *Uyless D. Black*. IP routing protocols: RIP, OSPF, BGP, PNNI and Cisco routing protocols. Prentice Hall PTR, 2000. 287 p. 2. *Osterloh H*. IP Routing Primer Plus. Sams Indianapolis, IN, USA, 2000. 3. *Mesarovic M.D., Macko D., Takahara Y*. Theory of hierarchical, multi-level, system. New York and London: Academic Press, 1970. 344 p. 4. *Singh M. G., Titli A.*, Systems: Decomposition, Optimization and Control. Pergamon. Oxford, 1978. 5. *Rak J*. Resilient Routing in Communication Networks (Computer Communications and Networks), Springer. 1st edition, 2015. 6. *Wright B*. Inter-Area Routing, Path Selection and Traffic Engineering. Metaswitch Networks, 2009. 44 p. 7. *Lemeshko O., Nevzorova O., Hailan A*. The increasing convergence of coordination procedure in the implementation of multipath hierarchical routing // Proceedings of First International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications Science and Technology”, PICS&T’2014. Kharkiv, Ukraine, 2014. P. 45-48. 8. *Nev-*

zorova Ye.S., Arous K. M., Salakh M. T. R. Method for hierarchical coordinated multicast routing in a telecommunication network // Telecommunication and Radio Engineering. 2016. Volume 75. P. 1137-1151. 9. Lemeshko O., Nevzorova O., Vavenko V. Hierarchical coordination method of inter-area routing in telecommunication network // Proceedings of International Conference "Radio Electronics & Info Communications (UkrMiCo)". Kyiv, Ukraine, 2016. P.1-4. 10. Yeremenko O., Nevzorova O., Ali Salem Ali. Two-level method of fault-tolerant inter-area routing // 14th International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD System in Microelectronic" (CADSM). Polyana-Svalyava (Zakarpatya), Ukraine. 2017. P 105-108.

Transliterated bibliography.

1. Uyless D. Black. IP routing protocols: RIP, OSPF, BGP, PNNI and Cisco routing protocols. Prentice Hall PTR, 2000. 287 p.
2. Osterloh H. IP Routing Primer Plus. Sams Indianapolis, IN, USA, 2000.
3. Mesarovic M.D., Macko D., Takahara Y. Theory of hierarchical, multilevel, system. New York and London: Academic Press, 1970. 344 p.
4. Singh M. G., Titli A., Systems: Decomposition, Optimization and Control. Pergamon. Oxford, 1978.
5. Rak J. Resilient Routing in Communication Networks (Computer Communications and Networks), Springer. 1st edition, 2015.
6. Wright B. Inter-Area Routing, Path Selection and Traffic Engineering. Metaswitch Networks, 2009. 44 p.
7. Lemeshko O., Nevzorova O., Hailan A. The increasing convergence of coordination procedure in the implementation of multipath hierarchical routing // Proceedings of First International Scientific-Practical Conference "Problems of Infocommunications Science and Technology", PICS&T'2014. Kharkiv, Ukraine, 2014. P. 45-48.

8. Nevzorova Ye.S., Arous K. M., Salakh M. T. R. Method for hierarchical coordinated multicast routing in a telecommunication network // Telecommunication and Radio Engineering. 2016. Volume 75. P. 1137-1151.

9. Lemeshko O., Nevzorova O., Vavenko V. Hierarchical coordination method of inter-area routing in telecommunication network // Proceedings of International Conference "Radio Electronics & Info Communications (UkrMiCo)". Kyiv, Ukraine, 2016. P. 1-4.

10. Yeremenko O., Nevzorova O., Ali Salem Ali. Two-level method of fault-tolerant inter-area routing // 14th International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD System in Microelectronic" (CADSM). Polyana-Svalyava (Zakarpatya), Ukraine. 2017. P 105-108.

Поступила в редколлегию 12.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Поповский В.В.

Лемешко Александр Витальевич, д-р техн. наук, профессор кафедры инфокоммуникационной инженерии ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, тел. +38 (057) 70 21 320. E-mail: oleksandr.lemeshko@nure.ua

Невзорова Елена Сергеевна, аспирант кафедры инфокоммуникационной инженерии ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, тел.: +38 (057) 70 21 320. E-mail: olena.nevzorova@nure.ua

Lemeshko Oleksandr, sciences doctor (technic), professor, professor of infocommunication engineering department, Kharkiv National University of Radioelectronics. Address: Ukraine, Kharkiv, Nauka ave., 14. Tel. +38 (057) 702 13 20. E-mail: oleksandr.lemeshko@nure.ua

Nevzorova Olena, post-graduate student of infocommunication engineering department, Kharkiv National University of Radioelectronics. Address: Ukraine, Kharkiv, Nauka ave., 14. Tel: +38 (057) 702 13 20. E-mail: olena.nevzorova@nure.ua

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА CDMA СИСТЕМ И СИСТЕМ С НЕРАВНОМЕРНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ. ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЫИГРЫША В ОБЪЕМЕ

БАРАННИК В.В., ОКЛАДНОЙ Д.Е., ЛЕКАХ А.А., МЕДВЕДЕВ Д.О.

Рассматривается современная CDMA-технология, анализируются ее основные характеристики, выявляются положительные и отрицательные стороны данной технологии. Предлагается принципиально новый метод кодового разделения канала. Приводится пример и анализ функционирования нового метода.

Ключевые слова: CDMA-технология, коды Уолша, OFDM-сигнал.

Keywords: CDMA technology, Walsh codes, OFDM signal.

1. Введение

Что движет научно-техническим прогрессом? Естественный ответ: спрос и нужда потребителей. Если проанализировать тенденцию спроса на рынке услуг, то становится очевидным актуальность и необходимость обеспечения качественных и высокоскоростных методов передачи данных.

В этом направлении технологии развиваются уже несколько десятилетий, выходя на всё более высокие уровни (поколения). И то, что до определенного момента казалось невозможным и максимум вычерпанным, в следующем поколении становится естественным и открывающим новые горизонты.

Отсюда, *цель исследования* заключается в разработке технологии передачи данных, которая использует системы с неравномерным распределением весовых коэффициентов.

2. Современные системы передачи данных

История развития связи имеет огромное количество гениальных идей усовершенствования и конструктивных решений, которые до сих пор не прекращают рождаться и реализовываться. Человечество сначала изобрело частотное распределение доступа (FDM) Frequency Division Multiplexing, что позволило в общем эфире без препятствий организовать работу больше одного канала связи. Из-за повышения количества любителей воспользоваться данными изобретения частотного разрешенного пространства стало недостаточно. Тогда было разработано и реализовано временное распределение доступа Time Division Multiplexing (TDM), что позволило эффективнее использовать частотно-временной ресурс. Но рост абонентов не прекращался увеличиваться, и следствием стала разработка кодового распределения доступа Code Division Multiple Access (CDMA), которая позволила говорить уже о частотно-временном-энергетическом распреде-

лении каналов связи. CDMA технология позволила в разы увеличить количество абонентов и качество связи.

CDMA основана на использовании ансамбля 64-х ортогональных кодов Уолша, которые в свою очередь кодируют 1024 ортогональных поднесущих модуляции Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM). Несколько поднесущих и их результат OFDM – сигнал приведены на рис.1.

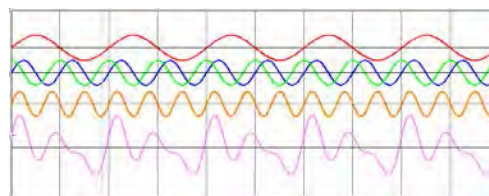


Рис. 1. Совокупность ортогональных гармоник, формирующих OFDM-сигнал

Эта конструкция позволяет в компактном спектре частот параллельно во времени организовать несколько каналов связи без взаимных препятствий.

К таким сигналам также относятся коды Уолша, которые позволяют без взаимных помех организовать несколько независимых каналов связи для разных абонентов на единственной частоте параллельно во времени. Количество каналов связи прямо пропорционально зависит от длины кодовой последовательности.

Увеличение количества возможных независимых каналов связи на единственной частоте приводит к увеличению длины кодирующей последовательности Уолша, которая в свою очередь уменьшает скорость передачи информации по каналу связи. Зависимость скорости трафика от количества независимых каналов достаточно простая и имеет следующий вид:

$$R_{\text{реал}} = \frac{R_{\text{факт}}}{N_{\text{кан}}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{факт}}$ – фактическая (максимальная) скорость канала связи без использования распределения информационного пространства между разными абонентами; $N_{\text{кан}}$ – количество организованных независимых каналов связи на единственной несущей частоте параллельно во времени.

Можно отметить, что использование всех независимых каналов не обязательно. В случае необходимости возможно увеличивать или уменьшать количество абонентов в общем эфире при необходимости.

Рассмотрев частичную нагрузку абонентами единого пространства передачи данных с ортогональным разграничением, можно заметить зависимость помехоустойчивости системы от количества абонентов. Помехоустойчивость системы эквивалентна следующему отношению:

$$E_{\text{сист}} \approx \frac{(N_{\text{max}})^2}{N_{\text{real}}}, \quad (2)$$

где N_{max} – максимально возможное количество независимых каналов связи; N_{real} – реальное количество абонентов, которые использует данный канал одновременно.

Коды Уолша строятся несколькими методами [1].

Метод Радемахера превращает синусоиду согласно алгоритма:

$$r_n(x) = \begin{cases} +1, & \text{если } \sin(n \cdot x) > 0, \\ -1, & \text{если } \sin(n \cdot x) < 0. \end{cases} \quad (3)$$

Вид полученной последовательности имеет вид, как показано на рис. 2.

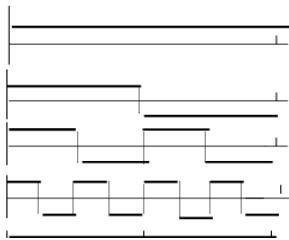


Рис. 2. Ансамбль функций Уолша

При получении функций Уолша из системы функций Радемахера используют преобразование:

$$\text{wal}(w, :; \Theta) = \prod_{k=1}^n [r_k(\Theta)]^{w_{n-k+1} \oplus w_{n-k}}, \quad (4)$$

где r_k – функция Радемахера; k – номер соответствующей функции; $\text{wal}(w, :; \Theta)$ – функции Уолша на основе функций Радемахера; w – порядок соответствующей функции Уолша.

При получении функций Уолша, упорядоченных по Пели, используют преобразование:

$$\text{pal}(p, :; \Theta) = \prod_{k=1}^n [r_k(\Theta)]^{p_{n-k+1}}, \quad (5)$$

Метод Адамара использует матрицу Адамара для формирования ортогональной битовой последовательности:

$$H_2 = \begin{vmatrix} H_1 & H_1 \\ H_1 & -H_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix},$$

$$H_4 = \begin{vmatrix} H_2 & H_2 \\ H_2 & -H_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ - & - & + & - \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{vmatrix}.$$

Если детально рассмотреть приведенные выше методы формирования ортогональных кодовых последовательностей, то оказывается, что состав ансамблей одинаков и отличается лишь упорядочением. Наглядная совокупность этих кодов показана на рис. 3.

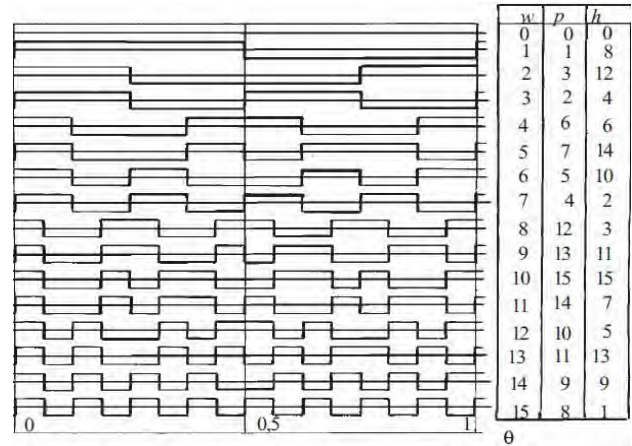


Рис. 3. Совокупность ортогональных кодовых последовательностей для разных систем упорядочивания

Набор ортогональных функций упорядочен по w (порядковый номер функции Уолша). Далее поставлен в соответствие: p (номер функции Уолша, упорядоченной по Пели) и h (номер функции Уолша, сформированной на базе матриц Адамара).

Ортогональные коды хоть и обладают высочайшими свойствами помехоустойчивости, но также они чрезмерно нагружают канал связи избыточностью и абсолютно не обладают криптостойкостью.

В связи с этим предлагается метод передачи данных в компактном (сжатом) виде и с криптостойким преобразованием, который позволит компенсировать перечисленные выше недостатки ортогональных кодов.

Такие преобразующие условия возникают при использовании систем с неравномерными весовыми коэффициентами.

3. Система с неравномерными весовыми коэффициентами

Любое число E можно представить в виде суммы произведения весового коэффициента (ВК) V на основании (О) Φ :

$$E = V_n \cdot a_n + V_n \cdot a_{n-1} + \dots + V_1 \cdot a_1 + V_0 \cdot a_0, \quad (6)$$

где $V_n = V_{n-1} \cdot \Phi_n$; $\Phi_n = a_n + 1$; причем: $V_0 = 1$; a – коэффициент при разряде числа.

Как частный случай это десятичная система представления числа с равномерными весовыми коэффициентами:

$$3648 = 3 \cdot 10^3 + 6 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0,$$

где: $a_3 = 3, a_2 = 6, a_1 = 4, a_0 = 8$; $\Phi_0 = \Phi_1 = \dots = \Phi_n = 10$;

$V_i = \Phi^i$; i – натуральное число.

Максимальный размер числа в разряде равно 9, исходя из этого основание берется хотя бы на 1 больше. Отсюда:

$$\Phi_i = 9 + 1 = 10.$$

Согласно формуле (6) нехитрыми математическими приемами выразим a_n , где оператор $[]$ – взятие целой части методом отбрасывания остатка:

$$a_n = \left[\frac{E}{V_n} \right] - \left[\frac{E}{V_n \cdot \phi_n} \right] \cdot \phi_n. \quad (7)$$

Таким образом, мы получили оператор извлечения коэффициента при разряде, записанном в общем виде. Если для систем с равномерным распределением смысла в этом операторе нет, то для систем с неравномерным распределением весовых коэффициентов (НРВК) ситуация кардинально меняется. Представим число, которое мы брали для примера равномерного распределения весовых коэффициентов (РРВК), в следующем виде:

i	a_i	ϕ_i	V_i
3	3	4	315
2	6	7	45
1	4	5	9
0	8	9	1

где в соответствии каждому a ставится основание и рассчитывается весовой коэффициент. Находим $E = 315 \cdot 3 + 45 \cdot 6 + 9 \cdot 4 + 1 \cdot 8 = 1259$. В данном случае результат можно назвать кодовым числом.

Для извлечения a из кодового числа необходимо знать ϕ и V , которые и будут ключами к формуле (7).

4. Применение системы с неравномерными весовыми коэффициентами

Представим совокупность данных от разных абонентов в виде табл. 1.

Таблица 1
Десятичные последовательности данных от четырех разных абонентов

№, аб.	Информация (a)			
Аб.1	2	3	2	1
Аб.2	1	2	2	3
Аб.3	1	2	2	1
Аб.4	4	1	2	3

Информация представлена в десятичном виде, каждая ячейка имеет 4 бита. В рядах расположены данные от одного абонента на протяжении времени, необходимого для кодирования матрицы (формирования ВК и О). В столбцах расположены данные всех абонентов, которые участвуют в формировании кодового числа.

Вычисляем $a_{\text{так}}$ для всей матрицы и формируем О опорную $\phi_{\text{оп}} = a_{\text{так}} + 1$, после этого рассчитываем ВК V_i и находим кодовые числа (КЧ) E (которые в дальнейшем будут переданы по каналу связи в открытом виде).

Для кодирования ключей ВК и О формируем две разные кодирующие системы, основанные на хаотических последовательностях.

Первая система кодирует ВК следующим образом:

- ВК представляется в двоичном виде и записывается в матрицу.

- Формируется группа двоичных хаотических последовательностей (ХП1) по количеству абонентов в группе.

- Последовательно и побитно складываются по модулю 2 биты ВК и ХП1.

- Передается на систему ортогонального кодирования последовательностями Уолша.

Вторая система кодирует О:

- Формируется группа ХП2 в десятичном виде также по количеству абонентов, что участвуют в формировании КЧ. Отсчеты группы ХП используются - одно значение на матрицу расчета О и ВК.

- Для каждого абонента к опорному О добавляется свое значение ХП2, таким образом, получаем ансамбль разных О (О используемых).

- На основе этих О рассчитывается ансамбль ВК.

О опорную можно передавать в канал связи в открытом виде, так как она не несет информации об используемых О.

Для расшифровки данных на приемной стороне необходимо знать параметры функций, формирующих ХП1, ХП2, и начальные условия этих функций. Без этой информации расшифровать и изъять данные не представляется возможным.

Наглядно и коротко изложенные выше преобразования в табл. 2. В представленной системе есть 3 режима работы: открытый, полузакрытый, закрытый.

Открытый режим характеризуется выключением ХП2 и формированием ВК согласно РРВК.

Полузакрытый режим организован следующим образом: в доверительные интервалы времени (отсутствие или вероятное отсутствие риска рассекречивания нежелательным пользователем) передается по открытому каналу (ключи) данные начальных условий и параметров ХП1, ХП2. Далее канал закрывается до окончания сеанса.

Закрытый режим включает в себя отсутствие открытой передачи начальных условий и параметров ХП1 и ХП2 абонентам на приемной стороне. Передача может осуществляться по заранее договоренным алгоритмам или по дополнительным каналам связи вплоть до передачи фельдшерской службой.

После того, как ключи переданы каждый своему абоненту, пользователь строит индивидуальные для себя ХП1 и ХП2. Это позволяет верно расшифровать только свой ВК с помощью ХП1 и вычислить О с помощью ХП2.

Процесс работы приемного канала наглядно показан в табл. 3.

Процесс формирования ортогонального потока данных с использованием системы с неравномерными весовыми коэффициентами и шифрующей хаотической последовательностью для разных абонентов

Формирование опорных кодов	№ абонента	ХП для ф				ХП для V(дв.)							
	Аб.1	1	1	2	0	1	1	0	0	0	1	0	1
Аб.2	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	
Аб.3	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	
Аб.4	0	1	0	2	0	1	0	0	1	1	1	0	

Расчет сигналов передачи	№, аб.	Информация (d)							Ф _{оп}	ХП	Ф _{исп}	V	V(двоичная)								
	Аб.1	2	3	2	1	3	4	1	5+	0	=5	210	1	1	0	1	0	0	1	1	0
	Аб.2	1	2	2	3	3	1	2	5+	1	=6	35	0	0	1	0	0	0	1	1	
	Аб.3	1	2	2	1	1	2	1	5+	0	=5	7	0	0	0	0	0	1	1	1	
	Аб.4	4	1	2	3	4	1	2	5+	2	=7	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
E	467	715	506	325	746	890	289														

№, аб.	Кодовое значение «Е»							Ф _{оп} (двоичное)	ХП ⊕ V(дв.)								
	Аб.1	467	715	506	325	746	890	289	0101	0	0	0	1	0	1	1	1
	Аб.2									0	0	0	0	1	0	0	0
	Аб.3									1	0	1	0	0	0	0	0
	Аб.4									0	1	0	0	1	1	1	1

← Ортогональное разделение →

Аб.1	0	0	0	1	0	1	1	1
H1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1
Кн1	1	1	1	1	1	1	1	1
Кн1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Аб.2	0	0	0	0	1	0	0	0
H2	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
Кн2	1	1	1	1	1	1	1	1
Кн2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Аб.3	1	0	1	0	0	0	0	0
H3	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
Кн3	1	1	1	1	1	1	1	1
Кн3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Аб.4	0	1	0	0	1	1	1	1
H4	-1	1	-1	1	-1	1	1	1
Кн4	1	1	1	1	1	1	1	1
Кн4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Сложение нескольких каналов в один поток								
Кн1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Кн2	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
Кн3	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
Кн4	-1	1	1	-1	1	1	-1	1
Сум	-2	-2	2	-2	-2	2	-2	2

Информационная последовательность из кодового числа восстанавливается по формуле (7), с использованием ВК и основы. Система НРВК обладает свойством сжатия информации. Ключи передаются для группы КЧ, в связи с чем экономия трафика увеличивается, происходит еще большее уплотнение информации. Рассчитаем коэффициенты сжатия информации для двух систем:

- Кодовое разделение множественного доступа (CDMA).
 - Разделение доступа с помощью систем с неравномерным распределением весовых коэффициентов.
- Для справедливости, простоты и наглядности расчетов возьмем порядок функций Уолша равным 4.

Процесс восстановления данных абонентами на приемной стороне из ортогонального потока данных, сформированного с использованием системы с неравномерными весовыми коэффициентами и шифрующей хаотической последовательностью

Приемный канал первого абонента (изъятие информации из общего ортогонально сложенного потока данных)																																
Сум	-2	-4	2	0	-1	-2	-2	2	-2	-4	2	0	-2	0	-2	4	0	0	-4	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4
H1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Сум · H1	-2	-4	2	0	-2	-2	-2	2	-2	-2	2	-2	-2	2	2	2	0	0	-4	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4
		-4			-4				-4				4				-4			4				4				4			4	
A61		-1			-1				-1				1				-1			1				1				1			1	
		0			0				0				1				0			1				1				1			1	
A61	Принятое «Е»							Принятое φ _{оп} (двоичное)				V(двоичная) принятая																				
	467	715	506	325	746	890	289	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1													
								φ _{оп}				XП1 для V																				
								5				1 1 1 0 0 0 1 0 1																				
								φ _{оп} + XП1 для φ				V(двоичная) принятая ⊕ XП1 для V																				
								φ				1 1 0 1 0 0 1 0																				
								5+0				V(дес.)																				
								φ				210																				
								5																								
								a = $\left[\frac{E}{V} \right] - \left[\frac{E}{V \cdot \phi} \right] \cdot \phi$																								
							Вост. (a)																									
							2 3 2 1 3 4 1																									
Приемный канал второго абонента (изъятие информации из общего ортогонально сложенного потока данных)																																
Сум	-2	-2	2	-2	-2	-2	-2	2	-2	-2	2	-2	-2	2	2	2	0	0	-4	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4
H2	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
Сум * H1	-2	-2	-2	2	-2	-2	2	-2	-2	-2	2	-2	-2	0	2	-4	0	0	4	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	0	0	-4
		-4			-4				-4				-4				4			-4				-4				-4			-4	
A62		-1			-1				-1				1				1			1				1				1			1	
		0			0				0				0				1			0				0				0			0	
A62	Принятое «Е»							Принятое φ _{оп} (двоичное)				V(двоичная) принятая																				
	467	715	506	325	746	890	289	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0													
								φ _{оп}				XП2 для V																				
								5				0 0 1 0 1 0 1 1																				
								φ _{оп} + XП2 для φ				V(двоичная) принятая ⊕ XП2 для V																				
								φ				0 0 1 0 0 0 1 1																				
								5+1				V(дес.)																				
								φ				35																				
								6																								
								a = $\left[\frac{E}{V} \right] - \left[\frac{E}{V \cdot \phi} \right] \cdot \phi$																								
							Вост. (a)																									
							1 2 2 3 3 1 2																									

В CDMA 1 бит информации сверхчлном кодированием преобразовывается в 2 бита, потом после перемежения и скремблирования, что никаких добавок не дает, преобразовывается кодом Уолша. Этот код является прямым расширением спектра и в данном случае увеличивает количество бит в 4 раза. Далее идет повторное скремблирование и только после этого преобразовывается в аналог. Итого вместо 1 бита канал нагружает 8 бит. Для вычисления объема преобразованной информации в системах НРВК используем приве-

денные выше практические примеры и логику. Каждый абонент передает объем данных, 2 бита, четыре абонента одновременно вместе передадут 8 бит. Если добавка к основанию при неблагоприятных условиях будет максимальная (+3), т.е. φ = 5+3 = 8, получим следующие расчеты для формирования КЧ:
 $E = V_3 \cdot 4 + V_2 \cdot 4 + V_1 \cdot 4 + 4 = \phi^3 \cdot 4 + \phi^2 \cdot 4 + \phi^1 \cdot 4 + 4 = 2340$.
 Вычислим количество битов, необходимых для передачи данного КЧ:

$$\log_2(E) = [\log_2(2340)] = 11.$$

11 бит – это довольно большое число, но учитывая то, что мы одновременно передавали 8 бит, отношение полезного сигнала к коду будет в несколько раз выше, чем у CDMA:

$$\frac{\text{НРВК}}{\text{CDMA}} = \frac{\frac{8}{11}}{\frac{1}{8}} = \frac{8 \cdot 8}{11 \cdot 1} = \frac{64}{11} \approx 6.$$

Если добавка будет благоприятная, т.е. $\varphi = 5 + 0 = 5$, то получим:

$$E = V_3 \cdot 4 + V_2 \cdot 4 + V_1 \cdot 4 + 4 = \\ = \varphi^3 \cdot 4 + \varphi^2 \cdot 4 + \varphi^1 \cdot 4 + 4 = 624.$$

Вычислим количество битов, необходимых для передачи данного КЧ:

$$\log_2(E) = [\log_2(624)] = 9.$$

Вычислим отношение выигрыша в объеме НРВК относительно CDMA:

$$\frac{\text{НРВК}}{\text{CDMA}} = \frac{\frac{8}{9}}{\frac{1}{8}} = \frac{8 \cdot 8}{9 \cdot 1} = \frac{64}{9} \approx 7.$$

5. Заключение

Современная CDMA-технология использует ортогональные коды Уолша для разделения доступа в общем канале связи для нескольких абонентов. Такой метод разделения доступа имеет неоправданно большую избыточность, что приводит к чрезмерной нагрузке канала связи и значительному уменьшению свойств помехоустойчивости.

Системы с нелинейными весовыми коэффициентами в 6–7 раз меньше нагружают избыточностью общий канал обмена данными, чем системы CDMA. Кроме того, системы с НРВК являются чрезвычайно криптостойкими. Данная технология обладает всеми качествами для её внедрения в производство, что позволит в свою очередь увеличить конфиденциальность пользователей, большую скорость обмена данными и большее количество обслуживаемых пользователей.

Литература: 1. *Никитин Г.И.* Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов. Отдел оперативной полиграфии СПбГУАП, 190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 67. 2. *Аверин В.Г.* Дисциплины компьютерные сети и телекоммуникации. Екатеринбург, 2009. 3. *Диязитдинов Р.Р.* Системы подвижной связи. Самара: ФГОБУ ВПО ПГУТИ, 2013. 4. *Баранник В.В.* Метод повышения информационной безопасности в системах видеомониторинга кризисных ситуаций / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, О.С. // Монография. Черкассы, 2015. 143 с. 5. *Баранник В.В.* Метод повышения доступности видеoinформации аэромониторинга / В.В. Баранник, О.С. Кулица // Радиоэлектронные и компьютерные системы. 2013. №3. С. 17–20. 6. *Баранник В.В.* Модель загроз безпеки видеоінформаційного ресурсу систем відеоконференцзв'язку / А.В. Власов, В.В. Баранник, Р.В.Тарнополов // Наукоємні технології. 2014. № 1 (21). С. 55–60. 7. *Баранник В.В.* Обоснование зна-

чимых угроз безопасности видеoinформационного ресурса систем видеоконференцсвязи профильных систем управления / В.В. Баранник, А.В. Власов, С.А. Сидченко, А.Э. Бекиров // Информационно-управляющие системы на ЖД транспорте. 2014. №3. С. 24–31. 8. *Баранник В.В.* Селективный метод шифрования видеопотока в телекоммуникационных системах на основе приховування базового I-кадру / В.В. Баранник, Д.І. Комолов, Ю.М. Рябуха // Наукоємні технології. 2015. № 2. С. 14–23. 9. *Баранник В.В.* Концептуальный метод повышения безопасности дистанционного видеoinформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокадров / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // Радиоэлектронные компьютерные системы. 2015. № 3. С. 19–21. 10. *Баранник В.В.* Методология совершенствования обработки видеoinформации для повышения эффективности сервиса предоставления дистанционных видеослужб при управлении в кризисных ситуациях / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, А.А. Красноручкий, В.Ж. Яценко // АСУ и приборы автоматизации. 2015. Вып. 170. С. 12–20. 11. *Barannik V.V.* The model of avalanche-relating effect in the process of images reconstruction in the combined cryptosemantic systems on the polyadic presentation / V.V. Barannik, V.V. Larin, S.A. Sidchenko // Наукоємні технології. 2010. № 1(5). С. 68–70.

Transliterated bibliography:

1. Nikitin G.I. Primenenie funkciy Uolsha v soto-vyih sistemah svjazi s kodovym razdeleniem kanalov. Redakcionno-izdatel'skij otdel elektronnyh publikacij i bibliografii biblioteki, Otdel operativnoj poligrafii SPbGUAP 190000, Sankt-Peterburg, ul. B. Morskaja, 67.
2. Averin V.G. Discipliny komp'juternye seti i telekommunikacii», Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie srednego professional'nogo obrazovanija «Ural'skij radiotekhnicheskij tehnikum im. A.S. Popova. Ekaterinburg 2009.
3. Dijazitdinov R.R. Sistemy podvizhnoj svjazi. Konpekt lekcij. Samara: FGOBU VPO PGUTI, 2013.
4. Barannik V.V. Metod povyshenija informacionnoj bezopasnosti v sistemah videomonitoringa krizisnyh situacij / V.V. Barannik, Ju.N. Rjabuha, O.S. // Monografija. Cherkassy, 2015. 143 s.
5. Barannik V.V. Metod povyshenija dostupnosti videoinformacii aeromonitoringa / V.V. Barannik, O.S. Kulica //Radiojelektronnye i komp'juternye sistemy. 2013. #3. S. 17–20.
6. Barannik V.V. Model zagroz bezpeki videoinformatsijnogo resursu sistem videokonferentszvyazku / A.V. Vlasov, V.V. Barannik, R.V.Tarnopolov // Naukoemni tehnologii. 2014. № 1 (21). S. 55–60.
7. Barannik V.V. Obosnovanie znachimyh ugroz bezopasnosti videoinformacionnogo resursa sistem videokonferentszvyazi profil'nyh sistem upravlenija / V.V. Barannik, A.V. Vlasov, S.A. Sidchenko, A.Je. Bekirov // Informacionno-upravljajushhie sistemy na ZhD transporte. 2014. #3. S. 24–31.
8. Barannik V.V. Selektivnyy metod shifruvannya videopotiku v telekomunikatsijnyh sistemah na osnovi prihovuvannya bazovogo I-kadru / V.V. Barannik, D.I. Komolov, Yu.M. Ryabuha // Naukoemni tehnologii. 2015. № 2. S. 14–23.

9. Barannik V.V. Konceptual'nyj metod povyshenija bezopasnosti distancionnogo videoinformacionnogo resursa v sisteme ajeromonitoringa krizisnyh situacij na osnove intelektual'noj obrabotki videokadrov / V.V. Barannik, Ju.N. Rjabuha // Radioelektronnye komp'juternye sistemy. 2015. # 3. S. 19–21.

10. Barannik V.V. Metodologija sovershenstvovanija obrabotki videoinformacii, dlja povyshenija jeffektivnosti servisa predostavlenija distancionnyh videouslug, pri upravlenii v krizisnyh situacijah / V.V. Barannik, Ju.N. Rjabuha, A.A. Krasnoruckij, V.Zh. Jashhenok // ASU i pribory avtomatiki. 2015. #170. S. 12–20.

11. Barannik V.V. The model of avalanche-relating effect in the process of images reconstruction in the combined cryptosemantic systems on the polyadic presentation / V.V. Barannik V.V. Larin, S.A. Sidchenko // Naukoemni tehnologiyi. 2010. # 1(5). S. 68–70.

Поступила в редколлегию 11.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.М.

Баранник Владимир Викторович, д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры автоматизированных систем управления, Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Окладной Дмитрий Евгеньевич, начальник группы учебно-лабораторного комплекса кафедры авиационных радиоэлектронных комплексов Харьковского национального университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба. Научные интересы: системы, технологии преобразования, кодирования, защиты и передачи информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79, тел. 8 063-2305081.

Леках Альберт Анатольевич, старший научный сотрудник научного центра Харьковского национального университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба. Научные интересы: системы, технологии преобразования, кодирования, защиты и передачи информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79, тел. 8 067-2593011.

Медведев Денис Олегович, аспирант ХНУРЭ. Научные интересы: системы, технологии преобразования, кодирования, защиты и передачи информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, пр. Науки, 14.

Barannik Vladimir Victorovich, doctor of sciences by technical, professor, chief of department of the Kharkiv national University of Air Force, 77/79, Sumska St., Kharkiv 61023, Ukraine. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Okladnoy Dmitriy Evgenievich, head of group, educational and laboratory complex, Department of Aviation Radio-Electronic Complexes, Kharkov National Air Force University named after I. Kozheduba. Scientific interests: systems, technologies of transformation, coding, protection and transfer of information. Address: Ukraine, 61023, Kharkov, ul. Sumskaaya, 77/79, tel. 8 063-2305081.

Lekah Albert Anatolievich, senior scientific collaborator, scientific center, Kharkiv National University of Air Forces named after I. Kozheduba. Scientific interests: systems, technologies of transformation, coding, protection and information transfer. Address: Ukraine, 61023, Kharkov, ul. Sumskaaya, 77/79, tel. 8 067-2593011.

Medvedev Denis Olegovich, post graduate student of KNURE. Scientific interests: systems, technologies of transformation, coding, protection and transmission of information. Address: Ukraine, 61023, Kharkov, Nauki ave., 14.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ БИТОВОЙ СКОРОСТИ ВИДЕОПОТОКА С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ТРЕБУЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА

ТВЕРДОХЛЕБ В.В., ХАХАНОВА А.В., БАРАННИК В.В.

Рассматриваются принципы построения управляющих алгоритмов для контроля битовой скорости видеопотока. Показывается эффективность подходов, основанных на трехмерном представлении трансформант кадра, позволяющих осуществлять контроль скорости с одновременным учетом итоговых значений ошибки. Приводятся способы организации данных.

Ключевые слова: насыщенность трансформанты, управление битовой скоростью, битовая плоскость, пропускная способность.

Keywords: transformant saturation, bit rate control, bit plane, throughput.

1. Обоснование актуальности использования методов управления интенсивностью видеопотока

На сегодняшний день современные инфокоммуникации характеризуются стремительным ростом объема передаваемых видеоданных. Происходит постоянный рост числа пользователей систем видеоконференций и сервисов трансляции потокового видео. Вместе с тем наблюдается повышение пользовательских требований к качеству видео.

На фоне этого, однако, увеличение пропускной способности каналов запаздывает, что является причиной частых перегрузок сетей.

При этом обеспечение эффективной передачи трафика, чувствительного к задержкам, в частности, видеотрафика, зачастую бывает затруднительным. В первую очередь, это касается невозможности обеспечения требований QoS для интерактивного и потокового видео по ряду показателей, а именно: величине задержки передачи, значению джиттера, объему потерянных пакетов [1].

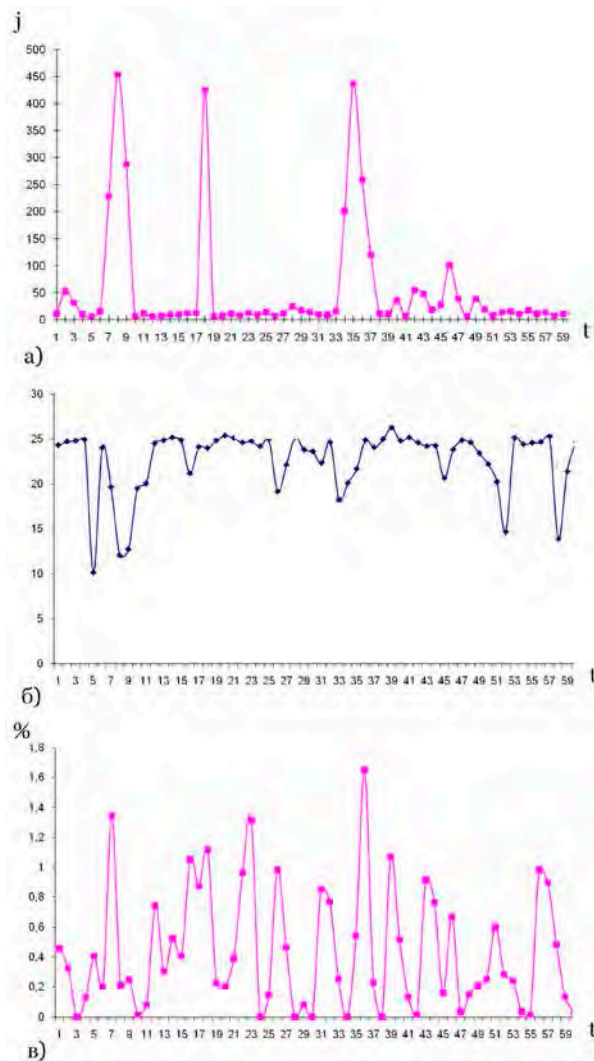
На рисунке приведены графики изменения значений задержки джиттера, частоты следования кадров и процента потерь пакетов при передаче видеопотока в режиме многоадресной передачи от одного источника к 15 получателям в локальной сети стандарта 100 Base-T. Видеопоток сжат кодеком H264 – MPEG4 AVC part 10 (h264), размер кадра - 768×576 пикселей, при этом частота следования кадров составляет 25 кадров/с. Время трансляции видео – 60 минут.

Анализ рисунка показывает, что для транслируемого видеопотока не обеспечиваются показатели

величины джиттера и потерь пакетов в соответствии с QoS. Одновременно с этим, на стороне приема частота следования кадров отлична от начальной, что влияет на визуальное качество видео [2].

В таких условиях возможность адаптируемости интенсивности видеопотока к пропускной способности канала является актуальной.

Данная возможность способна обеспечить эффективную передачу видеопотока, предотвратить возникновение потерь и задержек передачи видеоданных.



Изменение величины джиттера (а), частоты следования кадров (б) и процента потерь пакетов в процессе трансляции видеопотока

Целью данного исследования является построение методики управления битовой скоростью видеопотока для согласования ее величины с пропускной способностью канала инфокоммуникационной сети.

Основными задачами построения метода управления контроля битовой скоростью являются: опре-

деление условий эффективной передачи видеопотока на фоне изменяющейся пропускной способности канала, построение механизма управления битовой скоростью видеопотока и контроля уровня ошибки, а также способов обеспечения быстрого действия механизма управления.

2. Показатели качества видеоданных на стороне приема

Как правило, качество восстановленных на приемной стороне видеоданных оценивается с использованием одной из объективных метрик качества, таких, как пиковое отношение сигнал/шум, среднеквадратическое отклонение, степень структурного подобия и прочих. Однако в зависимости от динамики видеопотока объективные показатели качества могут отличаться в той или иной степени от визуальной оценки принятых видеоданных.

Поэтому, помимо обеспечения объективных показателей качества принятых видеоданных на должном уровне, следует также обеспечить визуально приемлемое качество видео [3].

В связи с этим, кроме эффективной передачи каждого кадра в отдельности, в соответствии с требованиями качества на стороне приема должна обеспечиваться частота следования кадров, соответствующая изначальной.

3. Условия эффективной передачи видеопотока

Эффективной можно считать такую передачу видеопотока, при которой обеспечивается выполнение следующих условий:

- соответствие требованиям QoS касательно величин задержки и потерь данных;
- поддержание уровня ошибки, не превышающего заданного значения;
- обеспечение визуально приемлимого качества видео на приеме.

Таким образом, наряду с управлением битовой скоростью R , необходимо также обеспечить значение ошибки, в качестве которой будем рассматривать уровень среднеквадратического отклонения, на требуемом уровне [4].

Тогда условия эффективной передачи видеопотока при изменяющейся пропускной способности канала могут быть представлены следующим образом:

$$\begin{cases} R \rightarrow \min, \\ d \leq d_{\min}. \end{cases} \quad (1)$$

При полученных условиях эффективной передачи видеопотока рассмотрим способ организации данных, дающий возможность построения управляющего метода.

4. Принцип работы метода контроля битовой скорости

Исходный видеокадр F , после выполнения ДКП и преобразования цветовой модели RGB в модель YCbCr, рассматривается как множество P трансформант, определяемое следующим образом:

$$P = \sum_{p=1}^Q Y_p, \quad (2)$$

где Y_p – p -я трансформанта кадра.

В свою очередь, каждая трансформанта Y_p представлена совокупностью $(h; w)$ -х компонент

$$Y_p = \|y(p)_{hw}\|.$$

Каждая компонента $y(p)_{hw}$ трансформанты Y_p представляется в двоичном виде, на основе последовательности $\alpha(p)_{hw}^{(\mu)}$ бит, как показано на рисунке.

Это эквивалентно преобразованию:

$$\|y(p)_{hw}\| \rightarrow \left\| \left\langle \alpha(p)_{hw}^{(\mu)}, \alpha(p)_{hw}^{(\mu-1)} \dots \alpha(p)_{hw}^{(0)} \right\rangle^T \right\|, \quad (3)$$

$$\alpha(p)_{hw}^{(\mu)} \in \{0, 1\}, \quad h = \overline{0, 7}; \quad w = \overline{0, 7}; \quad \mu = \overline{7, 0},$$

где $\alpha(p)_{hw}^{(\mu)}$ – μ -й бит двоичного разложения $(h; w)$ -й компоненты p -й трансформанты.

Множество всех бит μ -го разряда p -й трансформанты составляет битовую плоскость $Y(p)_\mu$.

В свою очередь, совокупность двоичных представлений всех элементов матрицы Y_p составляет битовый куб $Y_p^{(3d)}$.

При рассматриваемом способе организации данных верхний слой куба образуют старшие биты $\alpha(p)_{hw}^{(\mu)}$ двоичного представления.

Представление трансформанты Y_p в трехмерном пространстве позволяет осуществлять передачу данных отдельными битовыми плоскостями, аналогично подходу, который используется методом последовательного приближения технологии Progressive JPEG [5].

В этом случае появляется возможность контролировать объем передаваемой информации в зависимости от требований пропускной способности B_w канала.

В зависимости от требуемого объема бит для представления кадра, используются либо все n битовых плоскостей $Y(p)_\mu$ трансформанты Y_p , либо только $(n-\mu)$ битовых плоскостей, чтобы

обеспечить битовую скорость R_F кадра на уровне, не превышающем требуемое значение.

Таким образом, этот способ представления данных обеспечивает возможность управления компрессией и может быть использован в качестве базового. Принцип работы метода управления на базе технологии Progressive JPEG может быть описан следующим образом:

1. Данные о величине пропускной способности канала поступают кодеру.
2. Исходя из количества кадров, которые необходимо передать в единицу времени, а также их суммарной битовой скорости, кодер оценивает возможность передачи кадров без дополнительной обработки.
3. Вычисляется разница между фактической и требуемой битовыми скоростями серии кадров.
4. Определяется требуемая битовая скорость для каждого кадра.
5. Вычисляется требуемая битовая скорость трансформант кадра. Если битовая скорость трансформанты превышает требуемую, часть битовых плоскостей исключаются из рассмотрения.
6. Формируется последовательность, состоящая из необходимого для передачи количества кадров, каждый из которых является совокупностью трансформант с битовыми скоростями, не превышающими требуемые значения.

В начальный момент времени t_0 буферное устройство отправляет в канал тестовый пакет R_{start} с известной величиной.

С учетом значения времени двусторонней задержки RTT определяется величина полосы пропускания B_w в момент t_0 :

$$B_w = \frac{R_{start}}{RTT}. \quad (4)$$

С помощью значения RTT вычисляется фактическое число кадров, которое необходимо поместить в буфер:

$$\varpi(t_0) = \varpi RTT \quad (5)$$

При полученном значении $\varpi(t_0)$ для соответствующего количества кадров оцениваются битовые скорости $R_{p\mu}$ и величина ошибки $d_{p\mu}$ по всем битовым плоскостям каждой из трансформант кадра. На этапе, предшествующем нахождению $R_{p\mu}$ и $d_{p\mu}$ битовых плоскостей трансформант, выполняется оценка насыщенности НЧ-областей трансформант [6], как показано следующей формулой:

$$\chi_{m,n} = \log_2 \left(\prod_{\gamma=1}^L \prod_{\lambda=1}^{\Lambda} y^{(p)}_{\gamma\lambda} \right), \quad (6)$$

где γ – количество диагоналей НЧ-области трансформанты; λ – число элементов диагонали; $y^{(p)}_{\gamma\lambda} - \gamma, \lambda$ – я компонента НЧ-области трансформанты.

Для кадра, состоящего из $m \times n$ трансформант, величины $\chi_{m,n}$ вычисляются по всем строкам.

Если в последовательности $\overline{\chi_{m,1}, \chi_{m,n}}$ выявлены значения насыщенностей, для которых разность $|\Delta\chi| = \chi_{m,k} - \chi_{m,k+1}$ имеет несущественную величину и справедливо соотношение $\chi_{m,1} \approx \chi_{m,k} \approx \chi_{m,k+1}$, то данные трансформанты составляют вектор стабилизации $S_{j,\delta}$. Индекс j при этом определяет позицию трансформанты в кадре, а δ – количество входящих в вектор стабилизации трансформант.

В пределах вектора стабилизации $S_{j,\delta}$, используя подобие между трансформантами, можно сократить количество выполняемых арифметических операций при обработке кадра.

В частности, некоторое количество значений битовых скоростей $R_{p\mu}$ и $d_{p\mu}$ битовых плоскостей одного разряда для трансформант вектора $S_{j,\delta}$ может быть интерполировано.

Интерполированные значения битовых скоростей $R_{p,\mu}^{инт}$ в пределах определенных векторов $S_{j,\delta}$ стабилизации могут быть определены следующей формулой:

$$R_{p,\mu}^{инт} = \varphi(R_{p-1,\mu}, R_{p+1,\mu}, R_{p+m,\mu}), \quad (7)$$

где $R_{p-1,\mu}, R_{p+1,\mu}$ и $R_{p+m,\mu}$ – значения битовых скоростей, соответствующие $\Upsilon^{(p-1,\mu)}$, $\Upsilon^{(p,\mu)}$ и $\Upsilon^{(p+m,\mu)}$ битовым плоскостям.

Интерполяция значений $d_{p,\mu}^{инт}$ при этом производится аналогично (7) и определяется выражением:

$$d_{p,\mu}^{инт} = \varphi(d_{p-1,\mu}, d_{p+1,\mu}, d_{p+m,\mu}), \quad (8)$$

$d_{p-1,\mu}, d_{p+1,\mu}$ и $d_{p+m,\mu}$ – значения битовых скоростей для $\Upsilon^{(p-1,\mu)}$, $\Upsilon^{(p,\mu)}$ и $\Upsilon^{(p+m,\mu)}$ битовых плоскостей.

Итоговая битовая скорость и СКО для серии из $\varpi(t_0)$ кадров определяется следующим выражением:

$$R_{seq} = \sum_{i=1}^{\varpi} \sum_{p=1}^Q R_{p,i} \quad (9)$$

где $R_{p,i} = \sum_{\mu=1}^n R_{p\mu}$ – битовая скорость p -й трансформанты i -го кадра,

$$d_{seq} = \sum_{i=1}^{\varpi} \sum_{p=1}^Q d_{p,i}, \quad (10)$$

где $d_{p,i} = \sum_{\mu=1}^n d_{p\mu}$ – уровень СКО p -й трансформанты i -го кадра.

При полученных значениях R_{seq} и d_{seq} для последовательности $\varpi(t_0)$ кадров определяется разность $\Delta R = B_w - R_{seq}$ между суммарной фактической битовой скоростью кадров серии и требуемой битовой скоростью, величина которой равна $R_{seq}^{треб} = B_w$ [7].

Если $\Delta R \leq 0$, то вся последовательность $\varpi(t_0)$ передается в буфер передатчика без дополнительной обработки.

В случае, когда $\Delta R < 0$, битовую скорость R_{seq} необходимо снизить на величину $|\Delta R|$ для обеспечения требуемой битовой скорости $R_{seq}^{треб}$ последовательности кадров $\varpi(t_0)$ [8].

Используя значение требуемой битовой скорости $R^{треб}$, соотношение (1) можем представить в следующем виде:

$$\begin{cases} R \leq R^{треб}, \\ d \leq d_{min}. \end{cases} \quad (11)$$

Очевидно, что ΔR определяется следующим выражением:

$$\Delta R = \sum_{i=1}^{\varpi(t_0)} \Delta R_i, \quad (12)$$

где ΔR_i – величина, на которую необходимо снизить битовую скорость каждого кадра последовательности $\varpi(t_0)$.

В то же время распределение битовых скоростей в серии $\varpi(t_0)$ кадров имеет неравномерный характер. Как правило, серия $\varpi(t_0)$ состоит из кадров различных типов – I, B и P, при этом максимум битовых скоростей соответствует I и P кадрам.

Для такого случая снижение величины $|\Delta R|$ достигается путем уменьшения битовых скоростей B-кадров последовательности.

Обусловлено это тем, что потеря части информации в кадрах данного типа внесет минимальную ошибку в суммарное значение СКО последовательности из $\varpi(t_0)$ кадров при восстановлении.

Величина ΔR_i , на которую необходимо снизить битовую скорость каждого из входящих в последовательность B-кадров, в этом случае определяется следующей формулой:

$$\Delta R_i = \frac{\Delta R}{\varpi(t_0)}, \quad (13)$$

$$i = 1, j$$

где j – количество B-кадров в рассматриваемой последовательности

В то же время последовательность кадров в начале видеопотока, а также сцены с высокой динамикой могут содержать только I-кадры, обладающие высокой интенсивностью, либо совокупность I и P кадров.

В этом случае вычисление ΔR_i производится пропорционально величинам битовых скоростей каждого кадра последовательности $\varpi(t_0)$, как показано выражением:

$$\Delta R_i = \frac{\Delta R}{\varpi} \cdot \frac{R_i}{R_{cp}} = \frac{\Delta R R_i}{R_{seq}}, \quad (14)$$

где $\varpi(t_0)$ – число кадров в серии; R_i – битовая скорость i -го кадра; $R_{cp} = \frac{R_{seq}}{\varpi(t_0)}$ – средняя битовая скорость кадра в серии.

В свою очередь, требуемая битовая скорость кадра последовательности $\varpi(t_0)$ определяется формулой:

$$R_i^{треб} = R_i - \Delta R_i. \quad (15)$$

После того, как величина $R_i^{треб}$ для i -го кадра найдена, определяется значение требуемых битовых скоростей для трансформант кадра, в сумме дающих величину битовой скорости кадра, равную

$$R_i = \sum_{p=1}^Q R_p^{треб} \leq R_i^{треб}.$$

При определении требуемой битовой скорости трансформанты кадра используется подход, учитывающий характер распределения битовой скорости в кадре:

$$R_p^{треб} = \frac{R_i^{треб}}{Q} \gamma_p, \quad (16)$$

где γ_p – коэффициент, зависящий от степени насыщенности p -й трансформанты.

После того, как для каждой трансформанты кадра найдены величины $R_p^{тр\epsilon б}$, определяются битовые плоскости, которые будут исключены, чтобы обеспечить значения битовых скоростей в соответствии с формулой (16).

Для битовых плоскостей трансформант, битовые скорости которых необходимо снизить до величины $R_p^{тр\epsilon б}$, определяется порядок ранжирования, при котором первыми обрабатываются битовые плоскости $\Upsilon^{(p,u)}$, вносящие максимальные значения $d_{p,u}$ в общее СКО трансформанты.

В первую очередь, это относится к старшим битовым плоскостям $\Upsilon^{(p,u)}$. Далее обрабатываются битовые плоскости в порядке снижения величин $d_{p,u}$, вносимых ими в общее СКО.

После определения ранжирования битовых плоскостей, на каждом p -м шаге вычисляются суммарные значения СКО и битовая скорость трансформант $\Upsilon_p^{(\mu)}$ и $\Upsilon_{p+1}^{(\mu)}$ путем сложения значений

$R_{p,\mu}$ и $R_{p+1,\mu}$, а также $d_{p,\mu}$ и $d_{p+1,\mu}$.

Сложение значений СКО и битовых скоростей трансформант $\Upsilon_p^{(\mu)}$ и $\Upsilon_{p+1}^{(\mu)}$ происходит попарно, с учетом порядка обработки.

Суммируются при этом только величины, имеющие одинаковые индексы ранжирования.

На каждом p -м шаге вычисления требуемой битовой скорости трансформанты определяется условно-оптимальное $R_{F,p}^*$ значение битовой скорости кадра, состоящего из p трансформант, исходя из условий:

$$\begin{cases} R_{i,p}^* \in \{R_{i,p}^* \mid R_{i,p} \leq R_p^{тр\epsilon б}, \\ d_{i,p} \rightarrow \min. \end{cases} \quad (17)$$

Величина $R_{F,p+1}$ для кадра F на $p+1$ -м шаге в этом случае будет определяться следующим способом:

$$R_{F,p+1} = \sum_{i=p}^{p+1} \sum_{u=1}^n R_{i,u}, \quad (18)$$

где u – индекс очередности обработки битовой плоскости; $R_{i,u}$ – битовая скорость u -й битовой плоскости трансформанты в порядке снижения вносимого уровня СКО.

В свою очередь, СКО на $p+1$ -м шаге будет определяться выражением:

$$d_{F,p+1} = \sum_{i=p}^{p+1} \sum_{u=1}^n R_{i,u}, \quad (19)$$

здесь $d_{i,u}$ – битовая скорость u -й битовой плоскости трансформанты.

В результате сложения битовых скоростей и СКО по трансформантам $\Upsilon_p^{(\mu)}$ и $\Upsilon_{p+1}^{(\mu)}$ на $p+1$ шаге результирующий порядок обхода полученного множества будет определяться суммарными значениями СКО по уменьшению.

При таком способе перераспределения данных крайними в кодограмме трансформанты располагаются битовые плоскости, вносящие минимальные величины СКО для трансформанты.

Это позволяет более эффективно производить коррекцию битовой скорости трансформант, исключая необходимый объем битовых плоскостей для снижения битовой скорости трансформанты, не прибегая к дополнительным операциям.

Действия, описанные выражениями (17)-(19), выполняются на каждом из Q шагов для всех $\varpi(t_0)$ кадров серии.

Результирующая битовая скорость R_{seq} последовательности кадров, подлежащих передаче в момент времени t_0 , при этом является суммой требуемых битовых скоростей трансформант $\varpi(t_0)$ кадров.

Это эквивалентно следующему выражению:

$$R_{seq}^{тр\epsilon б} = \sum_{i=1}^{\varpi} \sum_{p=1}^Q R_{i,p}^{тр\epsilon б}, \quad (20)$$

где $R_{p,i}^{тр\epsilon б}$ – полученное в соответствии с (16) значение битовой скорости p -й трансформанты i -го кадра последовательности.

Выбор на каждом p -м шаге вычисления требуемой битовой скорости трансформанты в соответствии с условиями (18) гарантирует, что уровень СКО, соответствующий полученной последовательности из $\varpi(t_0)$ кадров, будет минимально возможным в момент времени передачи t_0 .

Далее, сформированная последовательность $\varpi(t_0)$ кадров помещается в выходной буфер, размер которого рассчитывается согласно следующей формуле:

$$R_{буф} = \varpi R_{TT} R_{ср}. \quad (21)$$

После помещения $\varpi(t_0)$ кадров в буфер происходит отправка всей серии кадров в канал, а также определение значения R_{TT} , по величине которой, определяется значение полосы пропускания B_w в

момент t_1 , в соответствии с (4), а также количество кадров $\varpi(t_1)$, из которого будет состоять передача в момент t_1 .

5. Способ организации данных

Для задания количества и размещения битовых плоскостей трансформанты, которые необходимо передать с учетом приведенных условий, предлагается определить для каждой p -й трансформанты вектор передачи $V^{(p,\mu)}$ битовых плоскостей куба $Y_{3d}^{(p)}$.

Вектор $V^{(p,\mu)}$ образует n бит, при этом величина n равна количеству битовых плоскостей $Y_{3d}^{(p,\mu)}$ битового куба $Y_{3d}^{(p)}$.

Каждый бит $v_m^{(p,\mu)}$ вектора передачи $V^{(p,\mu)}$ соответствует определенной битовой плоскости куба $Y_{3d}^{(p)}$. При этом первый бит вектора $V^{(p,\mu)}$ соответствует старшей $Y_{MSB}^{(p,\mu)}$ битовой плоскости.

Вектор передачи $V^{(p,\mu)}$ битовых плоскостей описывается следующей формулой:

$$V^{(p,\mu)} = \langle v_{n-1}^{(p,\mu)}, \dots, v_m^{(p,\mu)}, \dots, v_0^{(p,\mu)} \rangle, \quad (22)$$

где $v_{n-1}^{(p,\mu)}$ – бит вектора $V^{(p,\mu)}$, соответствующий битовой плоскости куба $Y_{3d}^{(p,\mu)}$ со старшим индексом.

Значение каждого μ -го бита $v_m^{(p,\mu)}$ определяет, будет ли использована соответствующая ему битовая плоскость трансформанты Y_p для передачи в канал.

Если μ -й бит вектора передачи $V^{(p,\mu)}$ равен 1, передаются все 64 бита $\alpha_{kl}^{(p,\mu)}$ μ -й плоскости трансформанты Y_p , иначе данная плоскость не передается.

6. Оценка полученных результатов

В результате использования предложенного метода управления битовой скоростью видеопотока получены следующие результаты:

- 1) выигрыш по степени снижения интенсивности при заданном уровне среднеквадратического отклонения – в среднем на 21% по отношению к стандарту MPEG;
- 2) уменьшение времени передачи от передатчика к приемнику – в среднем на 27,3% для технологии Ethernet;
- 3) снижение вероятности потерь пакетов на пиковых нагрузках сети в среднем в 2 раза в сравнении со стандартом MPEG.

7. Выводы

Предложена методика управления интенсивностью битовой скорости, способствующая адаптации интенсивности видеопотока в соответствии с изменяющейся пропускной способностью канала. Рассмотрены условия и способы обеспечения эффективной передачи видеопотока с использованием рассмотренной методики. Отдельно уделено внимание обеспечению визуального качества принятых видеоданных на стороне приема. С этой целью осуществляется контроль частоты следования кадров на приемной стороне, а также анализ содержимого кадров, для того чтобы наиболее информативные фрагменты кадра передавались с заданным уровнем качества. Предложен способ построения кодограммы на выходе передатчика, использующий векторы передачи.

Литература: 1. Баранник В., Двухглавов Д., Твердохлеб В. Метод динамического управления битовой скоростью видеопотока с использованием трехмерного представления трансформант // АСУ и приборы автоматики. 2014. Вып. 176. С. 37 – 43. 2. Сэлмон, Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэлмон. М.: Техносфера, 2004. 368 с. 3. Баранник В.В. Методологические рекомендации по совершенствованию технологии снижения интенсивности кодового представления базовых кадров / В.В. Баранник, О.Ю. Отман Шади, А.А. Подорожняк // Системи обробки інформації. 2014. № 8(124). С. 87-92. 4. Barannik V., Kharchenko N., Tverdokhle V., Kulitsa O. The issue of timely delivery of video traffic with controlled loss of quality”, 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET 2016, Lviv-Slavsko; Ukraine. 2016. P. 902-904. 5. Barannik V., Dvuhglavov D., Tverdokhle V., Krasnorutskiy A., Controlling of video stream bit rate using the dynamic programming method”, 13th International Conference: The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM. Lviv-Polyana, Ukraine. 2015. P. 15-17. 6. Barannik V., Sidchenko S., Larin V. The decoded-proof presentation of images on the basis of the polyadycal encoding systems”, 11th International Conference on "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics", CADSM 2011, Polyana, Svalyava, Ukraine, p. 182, February 2011. 7. Ричардсон Я. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения. М.: Техносфера, 2005. 368с. 8. Гонсалес Р.С. Цифровая обработка изображений / Р.С. Гонсалес, Р.Э. Вудс. М.:Техносфера, 2006. 1072 с.

Transliterated bibliography:

1. Barannik V., Dvuhglavov D., Tverdohleb V. Metod dinamicheskogo upravlenija bitovoj skorost'ju videopotoka s ispol'zovaniem trehmernogo predstavlenija transformant //

Avtomatizirovannye sistemy upravlenija i pribory avtomatiki. 2014. #176. S. 37 – 43.

2. *Sjelomon, D.* Szhatie dannyh, izobrazhenij i zvuka / D. Sjelomon. M.: Tehnosfera, 2004. 368 s.

3. *Barannik V.V.* Metodologicheskie rekomendacii po sovershenstvovaniju tehnologii snizhenija intensivnosti kodovogo predstavlenija bazovyh kadrov / V.V. Barannik, O.Ju. Otman Shadi, A.A. Podorozhnyak // Sistemy obrabotki informacii. 2014. # 8(124). S. 87-92.

4. *Barannik V., Kharchenko N., Tverdokhle V., Kulitsa O.* The issue of timely delivery of video traffic with controlled loss of quality”, 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET 2016, Lviv-Slavsko; Ukraine, pp. 902-904, February 2016.

5. *Barannik V., Dvuhglavov D., Tverdokhle V., Krasnorutskiy A.*, Controlling of video stream bit rate using the dynamic programming method”, 13th International Conference: The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM 2015, Lviv-Polyana, Ukraine, pp. 15-17, February 2015.

6. *Barannik V., Sidchenko S., Larin V.* The decoded-proof presentation of images on the basis of the polyadycal encoding systems”, 11th International Conference on "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics", CADSM 2011, Polyana, Svalyava, Ukraine, p. 182, February 2011.

7. *Richardson Ja.* Videokodirovanie. N.264 i MPEG-4 – standarty novogo pokolenija Moskva: Tehnosfera, 2005. 368s.

8. *Gonsales R.S.* Cifrovaja obrabotka izobrazhenij / R.S. Gonsales, R.Je. Vuds. M.: Tehnosfera, 2006. 1072 s.

Поступила в редколлегия 10.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.М.

Твердохлеб Виталий Викторович, аспирант кафедры информационно-сетевой инженерии ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, e-mail: vitalii.tverdokhlib@nure.ua

Хаханова Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент, докторант кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: обработка информации в инфокоммуникационных системах, мультимедийные технологии. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14.

Баранник Валерий Владимирович, ученик общеобразовательной средней школы №94 Харьков, Научные интересы: обработка информации в инфокоммуникационных системах, мультимедийные технологии. Адрес: Украина, 61000, Харьков, пр. Московский, 128, barannik_v_v@mail.ru.

Tverdokhlib Vitaliy Viktorovich, PhD student, Department of Information and Network Engineering of Kharkiv National University of Radio Electronics. Address: Ukraine, 61166, Kharkov, Nauki Ave, 14, e-mail: vitalii.tverdokhlib@nure.ua

Khakhanova Anna Vladimirovna, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Ph.D. student of CAD dept. of NURE. Scientific interests: information processing in infocommunication systems, multimedia technologies. The address: Ukraine, 61166, Kharkov, Nauki Ave., 14.

Barannik Valeriy, pupil of secondary school № 94, research interests: information processing in information and communication systems, multimedia technology. Address: Ukraine, 61000, Kharkov, Moscow Prosp., 128, barannik_v_v@mail.ru.

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ОКСІЮК О.Г., ЗЕРКО А.Л.,
КОХАНОВСЬКИЙ О.І.

Розглядаються основні сучасні проблеми захисту інформації. Приводяться необхідні поняття захищеності операційних систем, вказуються деякі механізми їх захисту. Проводиться аналіз захищеності операційної системи Microsoft Windows 8.1 Enterprise, системи захисту інформації ЛОЗАтм-1 (версія 4.X.Y) та програмного забезпечення антивірусного захисту інформації „Kaspersky Internet Security 15 для всіх пристроїв”, що використовуються в Україні, з опором на експертні висновки. Розглядаються питання, які не мають наукових рішень, а саме: проблеми забезпечення надійності та безпеки функціонування систем захисту в середовищі ОС.

Вступ. Протягом останнього десятиліття світ, який оточує кожного з нас, став цифровим. Це результат довгого шляху розвитку мереж передачі даних, Інтернет, інформаційних технологій тощо. Україна вже не може повноцінно існувати без сучасних інформаційних мереж. Ми звикли до електронної пошти, інформаційних ресурсів Web-серверів, електронного обміну інформацією – звітність, банківські системи тощо. І без їх використання сучасне життя неможливе.

Слід зазначити, що надійність та безпека інформаційних технологій суттєво залежить від надійності та безпеки операційних систем (надалі – ОС). Дуже багато факторів впливають на безпеку ОС:

- якість самого програмного забезпечення ОС, відсутність в ядрі операційної системи помилок та вразливостей;
- відсутність в програмному забезпеченні користувачів помилок, які призводять до порушень безпеки;
- якість налаштування та конфігурування ОС, правильність включення механізмів забезпечення безпеки та захисту від несанкціонованого доступу;
- якість підтримки ОС, програмного забезпечення користувачів в середовищі ОС, якість їх тестування та перевірки властивостей забезпечення надійності та безпеки.

На поточний момент актуальним є питання гарантій забезпечення безпеки при використанні інформаційних технологій:

- чи надає використання саме даної версії ОС в наступній конфігурації гарантії забезпечення надійності та безпеки інформації користувачів в середовищі ОС?
- чи будуть збережені гарантії захищеності на протязі життєвого циклу комп'ютера – за умов змін в програмному забезпеченні ОС, програм-

ному забезпеченні користувачів, виявленню нових видів вірусних загроз або методів злому програмного забезпечення?

Сутність. У сучасних операційних системах розробниками реалізовано певний перелік механізмів забезпечення безпеки – алгоритми шифрування інформації, автентифікація при доступі до інформації, захисту від несанкціонованого доступу тощо. Комбінація цих механізмів, їх можливості цілком залежать від фантазії розробника ОС або програмного забезпечення.

Можна довго дискутувати питання щодо повноти та достатності даних механізмів. Цілком зрозуміло, що механізми забезпечення безпеки більш сильно реалізовані в операційних системах серверного застосування – Linux, BSD. Це пов'язано з галуззю призначення даного типу ОС – серверне застосування в середовищі відкритих систем – Інтернет.

В той же час в операційній системі Windows більш повно реалізовано механізми забезпечення безпеки для використання програмного забезпечення користувачів.

Слід зазначити, що наявність механізмів захисту не дає позитивної відповіді на питання щодо можливості надання будь-яких гарантій захищеності інформації в середовищі ОС. Насамперед необхідно визначити комплекс вимог до механізмів захисту інформації, забезпечення надійності та безпеки роботи програмного забезпечення в середовищі ОС, обґрунтувати підходи до забезпечення безпеки під час життєвого циклу.

Слід зазначити, що саме питання щодо забезпечення надійності та безпеки роботи ОС в процесі життєвого циклу є одним з найменш досліджених питань. З часом компоненти програмного забезпечення (та й апаратного забезпечення комп'ютера) можуть втрачати свої властивості через накопичення даних в кешах програм та процесів, виявлення помилок в роботі апаратного та програмного забезпечення, збої та відмови компонент апаратного забезпечення. Найчастіше саме накопичення таких прихованих помилок призводить до фатальної відмови програмного, а іноді й апаратного забезпечення.

В Україні існує законодавча база та практика проведення робіт з оцінки механізмів забезпечення безпеки в середовищі операційних систем. На підставі документів системи технічного захисту інформації проводиться оцінка захищеності механізмів забезпечення безпеки операційних систем різного класу та програмного забезпечення. Наприклад:

1. Операційна система **Microsoft Windows 8.1 Enterprise** виробництва Microsoft Corporation, США. (Експертний висновок № 486. Дійсний з 20.12.2013 до 20.12.2016).

Призначення операційної системи:

Забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності об'єктів захисту, що циркулюють в ОС.

Відповідає вимогам НД з ТЗІ в обсязі функцій, зазначених у документі "Державна експертиза за критеріями технічного захисту інформації операційної системи Microsoft Windows 8.1 Enterprise. Технічні вимоги", сукупність яких визначається функціональним профілем:

- Довірча конфіденційність-2.
- Конфіденційність при обміні-1.
- Повторне використання об'єктів-1.
- Довірча цілісність-1.
- Цілісність при обміні-1.
- Відкат-1.
- Використання ресурсів-1.
- Гаряча заміна-2.
- Стійкість до відмов-2.
- Реєстрація-1/Реєстрація-2.
- Ідентифікація і автентифікація-1/Ідентифікація і автентифікація-2.
- Достовірний канал-1.
- Розподіл обов'язків-3.
- Цілісність комплексу механізмів захисту-2.
- Самотестування-2.
- Автентифікація при обміні-1.

Рівень гарантій Г-2 оцінки коректності їх реалізації – згідно з НД ТЗІ 2.5-004-99.

Використання в послугах безпеки КВ-1, ЦВ-1 та НВ-1 механізмів криптографічних перетворень можливе лише за наявності документів, які засвідчують відповідність цих механізмів вимогам нормативно-правових актів з криптографічного захисту інформації, що відповідають ступеню обмеження доступу до інформації, яка обробляється.

2. Система захисту інформації **ЛОЗАТМ-1**, версія 4.Х.У. (Експертний висновок № 540. Дійсний з 08.08.2014 до 08.08.2017).

Призначення програмного забезпечення:

Захист від несанкціонованого доступу в складі комплексної системи захисту інформації в автоматизованих системах класу "1".

Відповідає вимогам НД з ТЗІ в обсязі функцій, зазначених у документі „Система захисту інформації ЛОЗАТМ-1, версія 3.Х.У. Технічне завдання. Редакція 4”, сукупність яких визначається функціональним профілем:

- **Конфігурація „Підвищена безпека”:**
 - Адміністративна конфіденційність-3.
 - Повторне використання об'єктів-1.
 - Адміністративна цілісність-1.
 - Стійкість до відмов-1.
 - Гаряча заміна-1.
 - Стійкість до відмов-1.
 - Реєстрація-4.

- Ідентифікація і автентифікація-3.
- Достовірний канал-1.
- Розподіл обов'язків-2.
- Цілісність комплексу механізмів захисту-2.
- Самотестування-2.

- **Конфігурація „Стандартна безпека”:**

- Адміністративна конфіденційність-2.
- Довірча Конфіденційність-2.
- Повторне використання об'єктів-1.
- Довірча цілісність-1.
- Адміністративна цілісність-1.
- Стійкість до відмов-1.
- Гаряча заміна-1.
- Реєстрація-4.
- Ідентифікація і автентифікація-2/Ідентифікація і автентифікація-3.
- Достовірний канал-1.
- Розподіл обов'язків-2.
- Цілісність комплексу механізмів захисту-2.
- Самотестування-2.

Рівень гарантій Г-4 оцінки коректності їх реалізації – згідно з НД ТЗІ 2.5-004-99.

3. Програмне забезпечення антивірусного захисту інформації „**Kaspersky Internet Security 15 для всіх пристроїв**” виробництва Kaspersky Lab UK Ltd. (Експертний висновок № 564. Дійсний з 04.02.2015 до 04.02.2018).

Призначення програмного забезпечення:

Призначене для домашніх користувачів та забезпечує комплексний захист комп'ютерів від кіберзагроз, мережних та шахрайських атак, а також спаму.

Відповідає вимогам нормативних документів системи технічного захисту інформації в Україні в обсязі функцій, зазначених у документі „Програмне забезпечення антивірусного захисту інформації „Kaspersky Internet Security 15 для всіх пристроїв”. Технічні вимоги за критеріями технічного захисту інформації”, сукупність яких визначається функціональним профілем:

- Адміністративна конфіденційність-2.
- Адміністративна цілісність-1.
- Цілісність при обміні-1.
- Відкат-1.
- Стійкість до відмов-1.
- Гаряча заміна-1.
- Використання ресурсів-1.
- Реєстрація-2.
- Ідентифікація і автентифікація-2.
- Розподіл обов'язків-1.
- Цілісність комплексу механізмів захисту-1.
- Самотестування-2.
- Достовірний канал-1.
- Автентифікація при обміні-1.

Рівень гарантій Г-2 оцінки коректності їх реалізації – згідно з НД ТЗІ 2.5-004-99.

В той же час існує ряд наукових питань, які не мають рішення. Наведемо приклади таких наукових проблемних питань забезпечення надійності та безпеки функціонування систем захисту в середовищі ОС.

Приклад № 1. Розглянемо використання системи захисту інформації ЛОЗАТМ-1 (версія 4.X.Y) в середовищі ОС Microsoft Windows 8.1.

Кожен з компонентів має власні механізми захисту інформації, які підтверджено в експертних висновках. Слід зазначити, що механізми системи захисту ЛОЗАТМ-1 (версія 4.X.Y) виконано на рівні ядра операційної системи. Отже, маємо два засоби захисту інформації, які використовують пріоритетні механізми захисту інформації в середовищі ОС.

В даному випадку можливо зробити висновок, що ми маємо випадок конкурентної боротьби двох незалежних розробок зі створенням незалежних механізмів захисту інформації, які працюють в середовищі ОС.

При використанні системи захисту ЛОЗАТМ-1 (версія 4.X.Y) в середовищі операційної системи з підтвердженими сервісами безпеки яким повинен бути профіль захищеності? Чи виконується нарощування механізмів захисту інформації при комбінуванні рішень? Чи можливе посилення або послаблення механізмів захисту інформації при такому використанні?

Акцентуємо увагу на дві основні проблеми забезпечення надійності та безпеки сучасних ОС:

- строге доведення захищеності та надійності ОС як єдиного комплексу програмного забезпечення та застосувань в середовищі ОС;
- виконання математичних оцінок захищеності та надійності ОС під час життєвого циклу з урахуванням компонентів, які працюють в середовищі ОС (наприклад – програмного забезпечення антивірусного захисту).

Вирішення таких питань без використання математичних методів не уявляється можливим. На наш погляд, повинні бути виконані дослідження за такими напрямками:

- розробка алгебри обчислення сум механізмів захисту інформації в середовищі ОС. Дані методи повинні давати відповіді на питання результату від використання комбінованих механізмів захисту інформації в середовищі ОС;
- розробка механізмів ймовірнісної оцінки надійності та й захищеності ОС та компонентів у середовищі ОС з урахуванням часових змін. При побудові математичних підходів для вирішення даної задачі необхідно буде використовувати моделі життєвого циклу програм, ймовірнісні підходи до оцінки комбінацій моделей.

Висновок. Розглянуто сучасні проблеми захисту інформації в середовищі ОС. Для безпечної роботи з даними та інформацією необхідні певні гарантії захищеності ОС. Проаналізовано сучасний стан забезпечення збереженості та цілісності інформації в операційних системах. Приведено перелік деяких компонентів захисту, що використовуються в сучасних ОС.

Проаналізовано захищеність з переліком та рівнем компонентів захисту операційної системи Microsoft Windows 8.1 Enterprise, системи захисту інформації ЛОЗАТМ-1 (версія 4.X.Y) та програмного забезпечення антивірусного захисту інформації „Kaspersky Internet Security 15 для всіх пристроїв”, що використовуються в Україні, з опором на експертні висновки Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України.

Розглянуто проблемність забезпечення надійності та безпеки функціонування системи захисту інформації в середовищі ОС.

Обґрунтовано необхідність подальшої розробки математичних методів оцінювання захищеності ОС з інтеграцією в її середовище допоміжних програмних забезпечень зі своїми компонентами захисту інформації. Необхідна подальша розробка механізмів ймовірнісної оцінки надійності та захищеності ОС та компонентів в середовищі ОС з урахуванням часових змін.

Література: 1. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. <http://www.dststzi.gov.ua/dststzi/control/uk/index>. 2. Компанія «АТМНІС», https://atmnis.com/files/user_files/BBOS.pdf 3. Компанія «Майлінукс», <http://mylinux.ua/press-release>. 4. Компанія ТОВ НДІ «Автопром», <http://avtoprom.kiev.ua/rproduct2.html> 5. Нестеров С. А. Інформаційна безпека та захист інформації: Навч. посібник. СПб.: Видавництво політехн. ун-ту, 2009. 126 с. 6. Макаренко С. І. Інформаційна безпека: навчальний посібник для студентів вузів. Ставрополь: СФ МДГУ ім. М. А. Шолохова, 2009. 372 с.

Transliterated bibliography:

1. © Derzhavna sluzhba spetsialnogo zv'yazku ta zahistu informatsiyi Ukraini. <http://www.dststzi.gov.ua/dststzi/control/uk/index>.
2. Kompaniya «ATMNIS», https://atmnis.com/files/user_files/BBOS.pdf
3. Kompaniya «Maylinuks», <http://mylinux.ua/press-release5>
4. Kompaniya TOV NDI «Avtoprom», <http://avtoprom.kiev.ua/rproduct2.html>
5. Nesterov S. A. Informatsiyina bezpeka ta zahist informatsiyi: Ucheb. posibnik. SPb.: Vidavnitstvo politehn. un-tu, 2009. 126 s.
6. Makarenko S. I. Informatsiyina bezpeka: navchalniy posibnik dlya studentiv vuziv. Stavropol: SF MDGU im. M. A. Sholohova, 2009. 372 s.

Надійшла до редколегії 14.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.В.

Оксіюк Олександр Глібович, завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Адреса: Україна, Київ, 01033, вул. Володимирська, 60.

Зерко Андрій Леонідович, аспірант кафедри кібербезпеки та захисту інформації, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Адреса: Україна, Київ, 01033, вул. Володимирська, 60, e-mail: a.l.zerko@ukr.net, тел.: 0966759139.

Кохановський Олексій Ігорович, директор ТОВ «Авалекс Текнолоджи». Адреса: Україна, Київ, e-mail: o.i.kokhanovskyi@avaleks.kiev.ua,

Oksiyuk Oleksandr Hlibovych, Head of the Department of Cybersecurity and Information Protection, Doctor of Technical Sciences, Professor, Taras Shevchenko Kyiv National University. Address: st. Vladimirskaya, 60, Kyiv, 01033, Ukraine.

Zerko Andriy Leonidovich, PhD student, Department of Cybersecurity and Information Security, Taras Shevchenko Kyiv National University. Address: st. Vladimirskaya, 60, Kyiv, 01033, Ukraine, e-mail: a.l.zerko@ukr.net, tel. 0966759139.

Kokhanovsky Alexey Igorovich, Director of Open Access Technologies, e-mail: o.i.kokhanovskyi@avaleks.kiev.ua, Kiev Ukraine,.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 681.3

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ВИДЕОПОТОКА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАКРЫТИЯ ИНФОРМАЦИИ ТАРНОПОЛОВ Р.В.

Разрабатывается метод селекции значимых структурных единиц видеокadra, обеспечивающий снижение пропускной способности закрытого видеоканала.

Ключевые слова: конференция, энергетическая насыщенность, дискретно-косинусное преобразование, сегмент видеокadra.

Key words: Conference saturation power, discrete cosine transform, a segment of the video frame.

1. Вступ

На сегодняшний день уделяется большое внимание внедрению технологий безопасности. То же касается и ведомственных систем видеоконференцсвязи. Существующие технологии скрытия видеоинформационных ресурсов в кризисных ситуациях не обеспечивают необходимую конфиденциальность при заданной достоверности и оперативности. Технологии, которые обеспечивают скрытие информационного ресурса, имеют ряд недостатков. Их работа основана на закрытии всего потока передаваемой информации вне зависимости от типа и содержания видеоданных. Такая реализация закрытия видеоданных в кризисных ситуациях является непрактичной. Для решения этой проблемы применяется селективный подход шифрования. Его суть заключается в скрытии наиболее значимых компонент видеопотока. Эти компоненты формируются в процессе сжатия видеоданных. Поэтому такое шифрование относится к селективному. Предлагается закрывать только значимые блоки видеокadra с оценкой высокочастотной и низкочастотной составляющей. Это позволит уменьшить объем и время обработки шифрованных сжатых видеоданных. При использовании селективного подхода, основанного на закрытии значимых структурных единиц видеокadra, с одной стороны, выполняются требования по обеспечению конфиденциальности с заданной оперативностью и доступностью видеоинформационного ресурса. Но с другой стороны, реализация такого подхода увеличивает интенсивность передаваемых закрытых видеоданных, в результате чего снижается пропускная способность закрытого видеоканала. Это приводит к невозможности выполнения требований, установленных для ведомственных

систем видеоконференцсвязи по обеспечению необходимой пропускной способности скрытого канала. Значит, необходимо дополнительно снизить интенсивность закрытого видеопотока в условиях обеспечения конфиденциальности требуемой оперативности и доступности. Таким образом, целью исследования является разработка метода селекции значимых структурных единиц видеокadra, обеспечивающего снижение пропускной способности закрытого видеоканала.

Для селекции значимых структурных единиц S_{3n} предлагается выявлять наиболее информативные, в плане структурного и семантического содержания, составляющие базового кадра. Поскольку наиболее полную информацию несет яркостная составляющая видеокadra K_1 , то значимые структурные единицы предлагается выявлять на базе яркостных компонент. Поэтому принятие решения по закрытию структурной единицы нужно осуществлять по результатам анализа информационной составляющей совокупности блоков $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей.

Для определения энергетической насыщенности блоков $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ рекомендуется ввести понятие блоков трех типов:

- слабонасыщенные (блоки, в которых присутствуют равномерные участки изображения);
- средней насыщенности (блоки, в которых имеются незначительные отличия между пикселями, соответственно присутствуют плавные переходы контрастности);
- сильнонасыщенные (блоки, в которых присутствуют резкие переходы яркости и контрастности изображения).

Определение энергетической насыщенности блоков предлагается осуществлять после ДКП. С помощью дискретного косинусного преобразования осуществляется переход от пространственно-временного представления видеокadra в пространственно-спектральное. Компоненты трансформанты ДКП являются интегральными характеристиками структурного содержания фрагмента изображения, причем интегральные свойства компонент зависят от их положения в трансформанте. Интегральная зависимость компонент трансформанты ДКП выглядит следующим образом:

1. Значения компонент в верхнем левом углу трансформанты ДКП пропорциональны средней яркости изображения. Они характеризуют степень насыщенности блока изображения низкочастотными перепадами. К низкочастотным перепадам

относят ступенчатые изменения уровня яркости или координаты цвета.

2. Компоненты в средней части трансформанты определяют степень насыщенности блока изображения линейными, равномерными изменениями уровня яркости.

3. Значения компонент в нижней правой области трансформанты ДКП характеризуют степень насыщенности высокочастотными перепадами блока изображения. К высокочастотным перепадам относят импульсные изменения значений элементов изображений.

Поэтому можно сделать вывод о том, что энергией блока называется величина, характеризующая наличие неоднородно-визуальных контуров блока изображения.

Значения компонент изменяются по мере преобладания в изображении различных структурных особенностей.

Широкий класс изображений содержит в основном линейные, монотонные и ступенчатые структурные изменения уровня яркости. Импульсные изменения занимают меньшую площадь изображения. Кроме того, они могут быть вызваны шумами дискретизации. Поэтому наибольшие значения имеют компоненты, расположенные в верхней левой части трансформанты. Компоненты в нижней части трансформанты соответствуют высокочастотным изменениям и поэтому имеют меньшие значения.

Для трансформанты ДКП в сильнонасыщенных блоках изображения характерны следующие особенности:

- значения компонент ДКП уменьшается по диагональному зигзагу слева – направо, сверху – вниз;
- компоненты ДКП с большими значениями сконцентрированы в относительно малой области трансформанты. Компоненты с минимальными значениями занимают большую площадь трансформанты;

- при большой площади изображения, имеющей мало изменяющуюся яркость, размер области трансформанты с большими значениями компонент имеет маленькую площадь.

Предлагается оценивать структурную и семантическую информативность структурной единицы с позиции спектральных характеристик. Очевидно, чем больше однородная яркостная площадь и чем меньше площадь, заполненная мелкими деталями, тем меньше степень структурной и семантической информативности обрабатываемого блока видеокadra. Наоборот, чем чаще яркостные перепады и чем больше площадь, отводимая под мелкие детали и контурные перепады, тем выше структурная и

семантическая информативность. В связи с этим, для оценки значимости структурных единиц предлагается использовать информацию, содержащуюся в спектральном представлении изображения.

Для определения блоков с выраженными яркостными ступенчатыми перепадами рекомендуется использовать информацию, содержащуюся в совокупности низкочастотных компонент.

Такую информацию следует оценивать с помощью показателя $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ суммарных значений низкочастотных компонент, которые находятся в первых 4-х диагоналях ($1 \leq \lambda_H \leq 5$). Показатель $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)} = \frac{\log_2 \sum_{\alpha_H=1}^{\lambda_H} \sum_{\nu=1}^{\ell(\alpha_H)} y_{\alpha_H, \nu}^2}{\sum_{\alpha_H=1}^{\lambda_H} \ell(\alpha_H)}, \quad (1)$$

где $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ – показатель, который определяет суммарное значение низкочастотных компонент ДКП блока $B(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркости; $y_{\alpha_H, \nu}$ – значение компоненты трансформанты; λ_H – количество диагоналей с низкочастотными компонентами в трансформанте; ν – индекс элемента внутри α_H -й диагонали; α_H – индекс низкочастотной λ_H -й диагонали; $\ell(\alpha_H)$ – длина низкочастотной α_H -й диагонали.

Выражение (1) позволяет определить наличие значительных яркостных перепадов в блоках яркости. Такой подход не учитывает мелкую детализацию. Соответственно, он не позволяет с полной уверенностью определить блоки с сильной информационной насыщенностью.

В случае большой концентрации мелких деталей в блоке видеокadra K_1 увеличиваются значения высокочастотных компонент трансформанты ДКП. Поэтому для более точного определения значимости структурных единиц с учетом концентрации мелких деталей в блоках яркостной составляющей предлагается дополнительно оценивать информацию на основе концентрации высокочастотной детализации видеокadra.

Для этого необходимо оценивать показатель $Z(B_V)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ суммарных значений высокочастотных компонент 10-13 диагоналей ($10 \leq \lambda_V \leq 13$). Показатель $Z(B_V)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ определяется следующим образом:

$$Z(B_B)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)} = \frac{\log_2 \sum_{\alpha_B=1}^{\lambda_B} \sum_{\nu=1}^{\ell(\alpha_B)} y_{\alpha_B, \nu}^2}{\sum_{\alpha_B=1}^{\lambda_B} \ell(\alpha_B)}, \quad (2)$$

где $Z(B_B)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ – показатель, который определяет суммарное значение высокочастотных компонент ДКП блока $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркости; $y_{\alpha_B, \nu}$ – значение компоненты трансформанты; λ_B – количество диагоналей с высокочастотными компонентами в трансформанте ДКП; ν – индекс элемента внутри α_B -й диагонали; α_B – индекс высокочастотной λ_B -й диагонали; $\ell(\alpha_B)$ – длина низкочастотной α_B -й диагонали.

Показатель $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ суммарных значений низкочастотных компонент и показатель $Z(B_B)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ суммарных значений высокочастотных компонент, которые получены в результате расчетов (1), (2), позволяют классифицировать блоки яркостной составляющей видеокадра K_1 по степени насыщенности.

Оценку значимости структурной единицы $S^{(\xi, \gamma)}$ предлагается осуществлять на основе энергетической значимости макроблока $M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей. В свою очередь, оценку значимости макроблока $M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей предлагается проводить на основе структурной и семантической насыщенности блока $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$. Для этого необходимо разработать метод, базирующийся на системе правил для принятия решения по энергетической значимости структурных единиц и макроблоков на основе информации о значимости блоков яркостной составляющей.

В основе правил лежит система сравнения показателя $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ совокупности значений низкочастотных компонент с пороговыми значениями δ_{\min_H} и δ_{\max_H} . Будем считать, что δ_{\max_H} – верхний предел для оценки показателя $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ совокупности значений низкочастотных компонент блока $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей; δ_{\min_H} – нижний предел для оценки показателя $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ совокупности значений низкочастотных компонент блока $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей.

Предлагается проводить оценку энергетической значимости макроблока $M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей базового видеокадра K_1 . Макроблок $M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей будет считаться энергетически значимым в двух случаях:

1. Если в состав макроблока $M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей входит один и больше блоков $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ с высокой степенью семантической и структурной насыщенности. Это можно описать следующим выражением:

$M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)} = M(Y)_{3H}^{(\xi, \gamma)}$ и $M=1$, если $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)} > \delta_{\max_H}$.

2. Если в состав макроблока $M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей входят два $N_{sr} = 2$ и больше $N_{sr} > 2$ блоков $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ со средней степенью семантической и структурной насыщенности, т.е. выполняется неравенство:

$$(\delta_{\min_H} \leq Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)} \leq \delta_{\max_H}),$$

тогда:

$M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)} = M(Y)_{3H}^{(\xi, \gamma)}$ и $M=1$ если $N_{sr} \geq 2$,

$N_{sr} = N_{sr} + 1$, если $(\delta_{\min_H} \leq Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)} \leq \delta_{\max_H})$

где N_{sr} – количество блоков со средней структурной и семантической насыщенностью.

Остальные структурные единицы обрабатываются по стандартному алгоритму видеокомпрессии.

Процесс выбора значимого макроблока $M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей происходит следующим образом:

1. В начале проверки значимого макроблока $M(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей переменная N_{sr} для подсчета средненасыщенных блоков $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей принимает значение $N_{sr} = 0$, а переменная φ , которая определяет номер блока $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей для проверки, принимает значение $\varphi = 1$.

2. После образования трансформант ДКП блоков $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей их проверка осуществляется по очереди с 1-го по 4-й блок.

3. Для блока $V(Y)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей производится расчет показателя $Z(B_H)_{\varphi}^{(\xi, \gamma)}$ для совокупности значений низкочастотных компонент с учетом выражения (1).

4. Показатель $Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ сравнивается с пороговыми значениями δ_{\min_n} и δ_{\max_n} для определения энергетической насыщенности блока $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$. Если значения показателя $Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ для блока $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей превышают верхний порог δ_{\max_n} , то блок считается энергетически значимым по степени структурной и семантической насыщенности $Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)} > \delta_{\max_n}$.

В этом случае метка M принимает значение $M=1$, соответственно макроблок $M(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей будет считаться энергетически значимым. В результате этого алгоритм проверки останавливается.

5. Если показатель $Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ суммарных значений низкочастотных компонент блока $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей находится между пороговыми значениями $\delta_{\min_n} \leq Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)} \leq \delta_{\max_n}$, то блок $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей будет средненасыщенным, а переменная N_{sr} для подсчета средненасыщенных блоков $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей примет значение $N_{sr} = N_{sr} + 1$.

Для того чтобы считать, что макроблок $M(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей обладает высокой энергетической значимостью, необходимо наличие двух и более блоков $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей, входящих в его состав.

6. После этого проверяется количество средненасыщенных блоков $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей. Если количество блоков со средней степенью семантической и структурной насыщенности больше или равно двум: $N_{sr} \geq 2$, то макроблок $M(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей будет считаться энергетически значимым. В этом случае также метка M принимает значение $M=1$, а макроблок $M(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей будет считаться энергетически значимым. После этого дальнейшая проверка блоков яркостной составляющей прекращается. Если в результате проверки всех 4-х блоков $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей величина показателя $Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ блоков оказалась меньше нижнего порогового значения

$$\delta_{\min_n} > Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$$

или количество средненасыщенных блоков меньше $N_{sr} < 2$, то метка M принимает значение $M=0$. Соответственно, такой макроблок $M(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей будет считаться энергетически незначимым.

В результате этого энергетическая значимость структурной единицы $S^{(\xi, \gamma)}$ определяется на основе энергетической значимости макроблока $M(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$. Таким образом, структурная единица считается значимой $S^{(\xi, \gamma)} = S_{zn}^{(\xi, \gamma)}$, если в результате проверки макроблока $M(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей по информации о совокупности значений низкочастотных компонент трансформанты ДКП блоков $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ метка приняла значение $M=1$.

Разработанный метод позволяет выявлять (селекционировать) значимые структурные единицы S_{zn} базового видеокadra K_1 на основе оценки показателя $Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ по совокупности значений низкочастотных компонент блока $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей с пороговыми значениями. В результате работы такого метода выявляются участки изображения базового видеокadra, которые обладают выраженными структурными переходами, текстурными и яркостными перепадами. Наряду с этим выявляется значительный недостаток.

Метод выявления значимых структурных единиц S_{zn} , основанный на оценке только низкочастотного показателя $Z(B_n)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ блока $V(Y)_{\phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей, также определяет значимые структурные единицы базового видеокadra, для которых характерны следующие визуальные особенности:

1. Фрагменты видеоизображения с выраженными текстурными перепадами.
2. Фрагменты фоновых однородных областей видеокadra, имеющие высокую яркостную насыщенность, но в которых присутствуют контрастные незначимые мелкие детали.

Таким образом, в результате обработки видеоизображения возникают ошибки второго рода, когда незначимая область изображения будет идентифицирована как значимая. Поэтому в случае использования метода селекции видеоданных в ведомственных системах ВКС, основанного только на анализе низкочастотных компонент блоков яркостной составляющей базового видеокadra, будет

формироваться избыточное количество структурных единиц $S_{3H}^{(\xi, \gamma)}$, которые закрываются. Это приводит к увеличению времени обработки и снижению интенсивности закрытых видеоданных.

Чтобы снизить вероятность ошибки второго рода, предлагается для более точной идентификации энергетически насыщенных структурных единиц $S_{3H}^{(\xi, \gamma)}$ дополнительно учитывать информацию по высокочастотным компонентам блока $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей. Это позволит отсекал структурные единицы, для которых $S_{незн}^{(\xi, \gamma)}$ характерны такие особенности:

1. Наличие однородных фрагментов изображения с высокой яркостью и контрастностью, в состав которых входят незначимые мелкие детали.
2. Наличие фрагментов изображения с выраженными текстурными перепадами, которые не являются значимыми.

Поэтому предлагается дополнительно разработать правило для оценки высокочастотной составляющей в сильно- и средненасыщенных блоках $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей на основе сравнения показателя $Z(B_V)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ по совокупности значений высокочастотных компонент блока $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей с пороговым значением δ_V .

Макроблок $M(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей будет считаться энергетически значимым $M(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)} = M(Y)_{3H}^{(\xi, \gamma)}$ и $M=1$ в следующих случаях:

1. Если одновременно выполняются такие условия: значение показателя $Z(B_H)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ по низкочастотной составляющей для блока $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей превышает верхний порог δ_{max_H} : $Z(B_H)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)} > \delta_{max_H}$, и значение показателя $Z(B_V)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ по высокочастотной составляющей для блока $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ превышает порог δ_V . Это можно описать выражением: $Z(B_H)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)} > \delta_{max_H}$ и $Z(B_V)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)} > \delta_V$.
2. Если одновременно выполняются следующие условия: в состав макроблока $M(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей входят два $N_{sr} = 2$ и больше $N_{sr} > 2$ блоков $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$, величина показателя $Z(B_H)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ по низкочастотной составляющей которых находится в пределах пороговых значений δ_{min_H} и δ_{max_H} :

$$(\delta_{min_H} \leq Z(B_H)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)} \leq \delta_{max_H}),$$

а значение показателя $Z(B_V)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ по высокочастотной составляющей для блока $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ превышает порог δ_V , т.е. выполняется неравенство:

$$Z(B_V)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)} > \delta_V.$$

Общее правило для определения энергетически значимой структурной единицы, где $S_{3H}^{(\xi, \gamma)} = S^{(\xi, \gamma)}$, если $M=1$, имеет следующий вид:

$$M = \begin{cases} 1, \rightarrow (Z(B_H)_{\Phi}^{(\gamma, \xi)} > \delta_{max_H}) \vee (Z(B_V)_{\Phi}^{(\gamma, \xi)} > \delta_V); \\ 1, \rightarrow (\delta_{min_H} \leq Z(B_H)_{\Phi}^{(\gamma, \xi)} \leq \delta_{max_H}) \vee \\ \vee (Z(B_V)_{\Phi}^{(\gamma, \xi)} > \delta_V) \vee (N_{sr} \geq 2). \end{cases}$$

Выводы

При использовании селективного подхода, основанного на закрытии значимых блоков, с одной стороны, выполняются требования по обеспечению конфиденциальности и целостности видеoinформационного ресурса. Но с другой стороны, реализация такого подхода приводит к увеличению интенсивности передаваемых закрытых видеоданных, в результате чего снижается пропускная способность закрытого видеоканала.

Разработана система показателей (метрика) для выявления наиболее значимых блоков яркостной составляющей видеокadra по степени семантической и структурной насыщенности на основе оценки информации, содержащейся в суммарных значениях низкочастотных компонент и оценки информации суммарных значений высокочастотных компонент трансформанты ДКП.

Разработана методологическая база для определения энергетической значимости структурной единицы базового видеокadra, основанная на системе правил для оценки структурной и семантической насыщенности блоков $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей. Здесь учитываются как значения показателя по совокупности низкочастотных, так и значения показателя по совокупности высокочастотных компонент трансформанты ДКП блока $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей. Это позволяет:

1. Производить оценку блоков и макроблоков яркостной составляющей видеокadra по низкочастотным компонентам трансформанты ДКП для выявления участков изображения, которые обладают выраженными структурными переходами, текстурными и яркостными перепадами.

2. Производить оценку блоков и макроблоков яркостной составляющей видеокadra по высокочастотным компонентам трансформанты ДКП для выявления участков изображения, которые имеют выраженные текстурные перепады и в которых присутствуют контрастные незначимые мелкие детали.

3. Устранять ошибки второго рода и осуществлять выбор значимых структурных единиц $S_{3H}^{(\xi, \gamma)}$ с высоким уровнем определения структурной и семантической насыщенности блоков $V(Y)_{\Phi}^{(\xi, \gamma)}$ яркостной составляющей.

Основным отличием данного метода является проведение оценки информативности для структурных единиц в спектральной области на основе иерархии порогового взвешивания низкочастотных и высокочастотных составляющих. Это создает условие для закрытия видеопотока на основе технологии внутрикадровой селекции.

Литература: 1. *Ватолін Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В.* Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео М.: Диалог-Мифи, 2003. 381с. 2. *Ричардсон Я.* Видеокodирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения. М.: Техносфера, 2005. 368с. 3. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокommunikационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 212 с. 4. *Баранник В.В.* Методологические принципы представления апертур во множестве одномерных двухосновных позиционных чисел / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // АСУ и приборы автоматики. 2011. Вып. 155. С. 15–22. 5. *Баранник В.В.* Метод повышения информационной безопасности в системах видеомониторинга кризисных ситуаций / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, О.С. // Монография. Черкассы, 2015. 143 с. 6. *Баранник В.В.* Метод повышения доступности видеoinформации аеромониторинга / В.В. Баранник, О.С. Кулица // Радиоэлектронные и компьютерные системы. 2013. №3. С. 17–20. 7. *Баранник В.В.* Модель загроз безпеки відеоінформаційного ресурсу систем відеоконференцв'язку / А.В. Власов, В.В. Баранник, Р.В.Тарнополов // Наукоємні технології. 2014. № 1 (21). С. 55–60. 8. *Баранник В.В.* Обоснование значимых угроз безопасности видеoinформационного ресурса систем видеоконференцсвязи профильных систем управления / В.В. Баранник, А.В. Власов, С.А. Сидченко, А.Э. Бекиров // Информационно-управляющие системы на ЖД транспорте. 2014. №3. С. 24–31. 9. *Баранник В.В.* Селективный метод шифрования видеопотоку в телекоммуникационных системах на основі приховування базово-

го I-кадру / В.В. Баранник, Д.І. Комолов, Ю.М. Рябуха // Наукоємні технології. 2015. № 2. С. 14–23. 10. *Баранник В.В.* Концептуальный метод повышения безопасности дистанционного видеoinформационного ресурса в системе аеромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокadров / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха // Радиоэлектронные компьютерные системы. 2015. № 3. С. 19–21. 11. *Баранник В.В.* Методология совершенствования обработки видеoinформации для повышения эффективности сервиса предоставления дистанционных видеослужб при управлении в кризисных ситуациях / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, А.А. Красноручский, В.Ж. Яценко // АСУ и приборы автоматики. 2015. Вып. 170. С. 12–20. 12. *Barannik V.V.* The model of avalanche-relating effect in the process of images reconstruction in the combined cryptosemantic systems on the polyadic presentation / V.V. Barannik V.V. Larin, S.A. Sidchenko // Наукоємні технології. 2010. № 1(5). С. 68–70.

Transliterated bibliography:

1. *Vatolin D., Ratushnyak A., Smirnov M., Jukin V.* Metody szhatija dannyh. Ustrojstvo arhivatorov, szhatie izobrazhenij i video M.: Dialog-Mifi, 2003. 381s. 2. *Richardson Ja.* Videokodirovanie. N.264 i MPEG-4 – standarty novogo pokolenija Moskva: Tehnosfera, 2005. 368s. 3. *Barannik V.V.* Kodirovanie transformirovannyh izobrazhenij v infokommunikacionnyh sistemah / V.V. Barannik, V.P. Poljakov. H.: HUPS, 2010. 212 s. 4. *Barannik V.V.* Metodologicheskie principy predstavlenija apertur vo mnozhestve odnomernyh dvuhosnovnyh pozicionnyh chisel / V.V. Barannik, D.S. Kal'chenko // ASU i pribory avtomatiki. 2011. Vyp. 155. S. 15–22. 5. *Barannik V.V.* Metod povyshenija informacionnoj bezopasnosti v sistemah videomonitoringa krizisnyh situacij / V.V. Barannik, Ju.N. Rjabuha, O.S. // Monografija. Cherkassy, 2015. 143 s. 6. *Barannik V.V.* Metod povyshenija dostupnosti videoinformacii aeromonitoringa / V.V. Barannik, O.S. Kulica // Radiojelektronnye i komp'juternye sistemy. #3. 2013. S. 17–20. 7. *Barannik V.V.* Model zagroz bezpeki videoinformatsijnogo resursu sistem videokonferentszv'yazku / A.V. Vlasov, V.V. Barannik, R.V.Tarnopolov // Naukoemni tehnologiyi. 2014. № 1 (21). S. 55–60. 8. *Barannik V.V.* Obosnovanie znachimyh ugroz bezopasnosti videoinformacionnogo resursa sistem videokonferencsvjazi profil'nyh sistem upravlenija / V.V. Barannik, A.V. Vlasov, S.A. Sidchenko, A.E. Bekirov // Informacionno-upravljajushhie sistemy na ZhD transporte. 2014. #3. S. 24–31.

9. *Barannik V.V.* Selektivniy metod shifruvaniya videopotiku v telekomunikatsiynih sistemah na osnovi prihovuvannya bazovogo I-kadru / V.V. Barannik, D.I. Komolov, Yu.M. Ryabuha // Naukoemni tehnologii. № 2. 2015. S. 14–23.

10. *Barannik V.V.* Konceptual'nyj metod povysheniya bezopasnosti distancionnogo videoinformacionnogo resursa v sisteme ajeromonitoringa krizisnyh situacij na osnove intelektual'noj obrabotki videokadrov / V.V. Barannik, Ju.N. Rjabuha // Radioelektronnye komp'yuternye sistemy. 2015. # 3. S. 19–21.

11. *Barannik V.V.* Metodologija sovershenstvovaniya obrabotki videoinformacii, dlja povysheniya jeffektivnosti servisa predostavlenija di-stacionnyh videouslug, pri upravlenii v krizisnyh situacijah / V.V. Barannik, Ju.N. Rjabuha, A.A. Krasnoruckij, V.Zh. Jashhenok // ASU i pribory avtomatiki. #170. 2015. S. 12–20.

Поступила в редколлегию 07.09.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.В.

Тарнополов Роман Викторович, преподаватель кафедры Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Сумская, 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Tarnopolov Roman Viktorovich, lecturer, Kharkov University of Air Forces. Scientific interests: encoding and protection of information for transmission in telecommunication systems. Ad-res: Ukraine, 61000, Kharkov, Sumskaaya Str., 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.3

МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕСТРУКТИВНЫХ СУГГЕСТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННО- ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В ИНФОРМАЦИОННО-СОЦИАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

БЕЛИКОВА Т.В.

Предлагаются подходы к выявлению деструктивных суггестивных воздействий на подсознание человека в текстовых сообщениях в условиях информационно-психологического противоборства. Выявление деструктивных воздействий предлагается проводить на основе семантического дифференциала, фонетического и звукоцветового анализа слов и текстовых документов. Реализация данных методов позволяет оценивать эмоциональное влияние отдельных слов и фонетической структуры текстов на подсознание человека.

Ключевые слова: суггестия; подсознание; воздействие; информационно-психологическое воздействие; фонетическое значение.

Key words: suggestion; subconscious; impact; information-psychological impact; phonetic meaning.

Введение

Анализ военных конфликтов начала XXI века свидетельствует о появлении новых форм и методов вооруженной борьбы между государствами для достижения соответствующих политических целей и разрешения межгосударственных противоречий. На смену классическим формам вооруженной борьбы пришли так называемые “гибридные войны”. Они имеют скрытый характер и проводятся, преимущественно, в политической, экономической, информационной и других сферах. Сутью таких войн является смещение центра усилий с физического уничтожения противника в рамках масштабной войны на применение средств так называемой “мягкой силы” против страны-противника в целях дезинтеграции, изменения ее руководства и включения в сферу своего влияния. Составной частью “гибридных войн” являются информационные и информационно-психологические операции, которые проводятся для манипуляции массовым сознанием с использованием всех видов информационно-психологических воздействий, включая влияние на подсознание человека.

Сегодня понятие “манипуляция сознанием” подразумевает внедрение в сознание идей, мыслей и представлений путем распространения специально подготовленной по форме и содержанию информации. Сама манипуляция сознанием свое широкое распространение получила не только и не столько в военной сфере, но и в политике и

экономике (рекламной сфере и сфере услуг). Манипуляция сознанием используется и в системе образования и дошкольного воспитания детей. Оно может иметь как позитивные, так и негативные последствия и быть направленным на сознательную и подсознательную сферу человека. Поскольку манипуляция это вид духовного и психологического воздействия, мишенью которого является психика человеческой личности, то для достижения успеха манипуляция должна оставаться незамеченной. Успех гарантирован, когда объект манипуляции верит, что все происходящее естественно и неизбежно, и сам факт манипуляции не отражен в его памяти.

Такое воздействие на подсознание требует значительного мастерства и знаний. Поскольку манипуляция общественным сознанием стала технологией, существуют профессиональные работники, владеющие этой технологией или какой-то ее частью, которые относятся к людям не как к личностям, а как к объектам, особого рода вещам. С ростом количества информации, циркулирующей в информационном пространстве, для осуществления таких суггестивных воздействий и противодействий требуется большое количество специалистов и автоматизация процессов для повышения оперативности и увеличения сферы применения.

Отсюда *актуальной научно-прикладной задачей* является автоматизированное выявление в текстовой информации суггестивных воздействий на подсознание человека, нейтрализация таких негативных воздействий и составление информационных материалов с заданным видом суггестивного воздействия.

Анализ последних исследований и публикаций

Для анализа текстовой информации сегодня разработаны и продолжает разрабатываться целый ряд подходов и методов [1–6], реализованных на основе программных средств анализа и лингвистической обработки текстов [7].

Большинство методов реализуют подходы к анализу семантической структуры текста и его логической сегментации [1–4]:

– статистический подход для анализа позволяет получить информацию о структуре текста только на основе вхождения в него отдельных слов, ключевыми из которых будут считаться те слова, число которых в тексте выше заданного количества;

– семантические методы позволяют определить предметное содержание текста, его тематическую направленность, а также связи между отдельными частями текста и текста в целом. Семантически связанными считаются такие предложения

либо абзацы, в которых есть одинаковые ключевые слова или слова с одинаковым значением;
– лингвистические подходы основаны на синтаксических и морфологических методах. Они позволяют привести текстовые формы слов документа к словарным формам;

– контент-анализ позволяет определить частоту появления в тексте определенных характеристик, которые интересуют исследователя, а также делать некоторые выводы о намерениях создателя этого текста либо возможных реакциях адресата. Данные подходы реализованы во множестве программных средств [7]. Наиболее популярная система TextAnalyst (<http://www.analyst.ru>), которая позволяет построить семантическую сеть понятий, выделенных в обрабатываемом тексте, со ссылками на контекст. Присутствует функция смыслового поиска фрагментов текста с учетом скрытых в нем смысловых связей со словами запроса. Представлены возможности анализа текста путем построения иерархического дерева тем (подтем), которые рассматриваются в тексте, и реферирования документа.

Альтернативный подход к анализу текстовой информации был предложен А.П. Журавлевым [5, 6]. Данный подход основан на определении фонетического значения слов русского языка (семантического дифференциала). В своих работах он представил экспериментальные данные лингвистической теории содержательности звуковой формы в русском языке.

Реализуя подходы обнаружения и анализа фонетических значений слов с использованием семантического дифференциала, можно провести анализ текстовых документов и выступлений, определить их направленность и осуществить корректировку соответственно заданным характеристикам влияния [8]. В целом, реализация технологии анализа текстов и выступлений позволяет оценивать “степень подготовленности” к эффективному восприятию и скрытую направленность информационно-психологического влияния.

Данный подход был реализован в российском программном комплексе ВААЛ (<http://www.vaal.ru>), который позволяет прогнозировать эффект неосознаваемого влияния текстов на массовую аудиторию, анализировать тексты с точки зрения такого влияния, составлять тексты с заданным вектором влияния и выявлять индивидуальные психологические качества авторов текста. Одним из самых больших недостатков системы ВААЛ является отсутствие описания ее математической базы и запрет поставки на экспорт и для коммерческого использования данного продукта в полном объеме. Поэтому необходимо создавать собственную информаци-

онно-аналитическую систему комплексного анализа текстовых документов, позволяющую определить степень суггестивного влияния на подсознание человека.

В [8–10] в формализованном виде рассмотрена система информационно-психологического противоборства и предложен теоретический подход к созданию системы комплексного анализа воздействия информации на подсознание человека. Данный теоретический подход позволяет определить в тексте документа отрезки текста, которые соответствуют определенным тематикам, а также выделить из них ключевые компоненты с выделением суггестивной направленности текста в целом. В работах [11, 12] были предложены некоторые отдельные методы выявления суггестивных воздействий на подсознание человека, которые являются составными элементами системы комплексного анализа.

Целью исследования является разработка методов выявления деструктивных суггестивных воздействий на подсознание человека в отдельных словах и текстовых сообщениях в условиях информационно-психологического противоборства на основе семантического дифференциала, фонетического и звукоцветового анализа.

Изложение основного материала

Методы выявления суггестии ориентированы на анализ слов, что дает понимание, каким образом оно воспринимается человеком. Но они могут быть адаптированы и для анализа всего текста в целом. Первый подход заключается в анализе каждого слова в отдельности и определении среднего значения для всех слов. Недостатком является то, что анализируется каждое отдельное слово, а конечный результат не связан с рядом стоящими словами. А это говорит о том, что любой текст, составленный из этого набора слов, будет иметь одинаковую оценку. Но ведь используя одни и те же слова, можно составить текст абсолютно по-разному и с разным посланием.

Следовательно, необходимо каким-то образом зафиксировать слова текста в том порядке, в котором их расположил автор, и никак иначе. Это даст уникальную оценку именно для такого упорядоченного набора слов.

Поэтому второй подход предполагает для такой явной фиксации либо же зависимости слов приведение этого набора отдельных слов в единую, неразрывную строку и проведение анализа этой полученной строки, как единого слова.

Каждый из этих подходов имеет свои плюсы и минусы, поэтому стоит рассматривать оба варианта. При этом анализ, во время которого анализируется весь текст целиком, будем называть статическим.

Рассмотрим подход к статическому анализу текста по словам. Он предполагает следующие этапы:

1) поскольку анализ производится по словам, то анализируемый текст в данном случае необходимо разбить на отдельные слова;

2) каждое слово в отдельности нужно проанализировать тем методом выявления суггестивного воздействия, который выбран для анализа текста: семантический дифференциал, фонетический или звукоцветовой анализ;

3) после получения всех оценок по каждому слову выводится средняя оценка для всех результатов путем вычисления среднего арифметического. Таким образом, мы имеем оценку, которая является средним значением, для каждого слова из которого составлен текст.

Далее рассмотрим подход, когда анализ текста производится как единое целое, состоящий из следующих этапов:

1) весь анализируемый текст переводится в одну неразрывную строку, как очень длинное слово, путем откидывания пробелов, знаков препинания, перевода чисел в текстовую форму написания. Таким образом, связывается конец одного слова с началом следующего;

2) полученная строка анализируется требуемым методом (семантический дифференциал, фонетический или звукоцветовой анализ) по аналогии с анализом одного слова. Это даст уникальную оценку для такой последовательности слов в текстовом документе.

Исходя из того, что статический анализ всего текста дает нам представление, какое воздействие он окажет на человека при полном его прочтении, следует то, что мы получаем некие усредненные показатели для всех частей этого текста. Нельзя сказать, что каждая из частей текста в отдельности имеет такой же показатель воздействия, как и весь текст целиком. Можно предположить, что текст построен таким образом, что каждая его часть имеет свое отличительное воздействие на подсознание. Это становится важным фактом тогда, когда человек читает либо слышит только отдельную часть текста. В таком случае статический анализ всего текста будет не информативен, ведь всего один абзац может оказывать сильное воздействие, в то время как большая часть текста будет нейтральной, что в конечном итоге исказит результаты анализа. Более эффективным решением такой задачи может стать динамический анализ.

Динамический анализ подразумевает разбиение текста на части и анализ каждой из них в отдельности. Таким образом, можно проследить динамику изменения суггестивного воздействия на человека от начала и до конца текста или же

оценить только конкретный его участок. Такой анализ также может показать, какие части текста имеет смысл урезать, а какие оставить при необходимости сокращения текста. Таким подходом могут пользоваться рекламные компании, сокращая эфирное время рекламы, но не урезая ее необходимого воздействия на подсознание.

Как правило, большинство текстов состоит из абзацев, как промежуточной единицы между фразой и главой, что служит в свою очередь для группировки однородных единиц изложения. Поэтому можно сделать вывод, что динамику лучше проследивать по абзацам, так как обычно они выражают некую общую мысль. Но бывает и так, что текст не разбит на абзацы либо они не удовлетворяют нашему представлению о размере единого блока для анализа. В таком случае текст может быть разбит на некие установленные заранее блоки текста. Это может быть как разбиение по количеству символов на блок либо же слов, предложений. Минусом такого разбиения будет то, что блоки текста могут разрывать связанные общей мыслью части текста либо предложения.

Анализ текста динамическим методом предполагает такую последовательность этапов:

1) исходный текст необходимо разбить на некие блоки текста, которые требуется проанализировать. Удобнее и целесообразнее всего разбивать на абзацы;

2) необходимо определить, какой блок текста будет анализироваться;

3) поскольку этот подход по своей сути является статическим, за исключением того, что статически анализируется не весь текст, а выбранная его часть, то на данном этапе применяется один из вариантов статического подхода к анализу выбранного фрагмента;

4) при необходимости можно вернуться к пункту 2 алгоритма и выбрать иной участок текста для повторного анализа. Таким образом, на основе динамического метода можно дать представление о том, какими суггестивными воздействиями обладает каждая часть текста.

Как показывает статистика, около половины людей не дочитывают книги до конца. Причиной этого может быть как отсутствие времени, так и отсутствие заинтересованности либо же отсутствие неких эмоций, которые ожидалось во время прочтения. Это ставит перед нами задачу определить, как же можно построить текст так, чтобы он вызвал заинтересованность у читающего и не оттолкнул его на протяжении чтения. Для такого рода задачи, казалось бы, хорошо подходит динамический метод анализа, он даст представление о каждом участке текста. Но если взять во внимание тот факт, что читая текст от

начала, человек не воспринимает каждый отрывок или абзац как несвязанный отрывок, а как бы связывает ту информацию, которую получил сейчас, с той, которая была абзацем ранее. Можно сделать вывод, что по мере освоения каждая последующая полученная информация будет дополнять уже имеющуюся. А это значит, что при анализе последующей части текста необходимо также учитывать и предыдущие его части, так как каждый последующий отрезок будет дополнять общую картину представления либо влияния на сознание человека.

Подход к динамическому анализу текста накопительным итогом предполагает следующие основные этапы:

1) исходный текст необходимо разбить на некие блоки текста, что позволит, двигаясь последовательно по блокам, анализировать накопленную информацию, как бы это делал человек читая текст. Удобнее и целесообразнее всего разбивать на абзацы;

2) данный подход подразумевает то, что человек, начиная читать текст, двигается от начальной точки чтения далее по тексту, тем самым пополняя информацию о прочитанном. Поэтому необходимо определить это самое начало, от которого следует производить анализ и накопление информации. Для этого предлагается выбрать блок текста, который будет проанализирован первым. Это не обязательно начало текста, ведь человек может начать чтение и не с самого начала, а, например, со второй главы;

3) этот подход хоть и отличается от динамического тем, что анализирует блоки текста путем их накопления, но весь накопленный текст все же анализируется с помощью статического метода. Как и в динамическом подходе, можно применить один из вариантов статического анализа по словам или строке. Алгоритм от этого не изменится;

4) для определения, какое суггестивное воздействие произведет следующий участок текста с уже накопленными предыдущими, необходимо к накопленным блокам текста добавить следующий и вернуться к пункту 3 алгоритма, производя повторный анализ со вновь накопленной информацией.

Метод анализа текстов на основе семантического дифференциала накопительным итогом предполагает следующие этапы:

- 1) исходный текст разбивается на необходимые блоки;
- 2) определяется первый блок текста, с которого будет производиться накопление информации;
- 3) выбранный блок текста представляется в виде одного слова;

4) для каждой буквы слова рассчитывается коэффициент по формуле:

$$k_i = \frac{P_{\max}}{P_i},$$

где k_i – коэффициент i -го звука в слове; P_{\max} – максимальная частотность звука в данном слове; P_i – табличное значение частотности звукобуквы;

5) полученные коэффициенты корректируются в зависимости от заметности букв в слове:

– для первого звука необходимо увеличить коэффициент в 4 раза:

$$k_1 = 4k_i = 4 \frac{P_{\max}}{P_i},$$

– для ударного звука необходимо увеличить коэффициент в 2 раза:

$$k_{\text{уд}} = 2k_i = 2 \frac{P_{\max}}{P_i};$$

б) увеличивается фонетическая значимость для каждой звукобуквы на основе умножения каждого фонетического значения звукобуквы на соответствующий коэффициент;

7) проводится расчет значения семантического дифференциала по формуле:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n f_i k_i}{\sum_{i=1}^n k_i},$$

где F – фонетическая составляющая слова; f_i – фонетическое значение кожного i -го звука (буквы) слова; k_i – коэффициент для каждого i -го звука (буквы); n – количество звуков (букв) в слове;

8) после анализа всех блоков накопленного текста необходимо подсчитать их среднее значение. Результатом будет значение семантического дифференциала накопленного текста;

9) при необходимости можно добавить еще один блок текста к уже накопленному, перейти к этапу 3 и продолжить анализ.

Метод фонетического анализа семантической составляющей накопительным итогом

Метод фонетического анализа семантической составляющей текста накопительным итогом предполагает следующие этапы:

- 1) исходный текст разбивается на необходимые блоки;
- 2) определяется первый блок текста, с которого будет производиться накопление;
- 3) анализируется накопленный текст методом фонетического анализа семантической составляющей по словам. Для этого определяется фонетическое значение для каждого слова из накопленного текста;

4) для каждой буквы слова подсчитывается общее число звукобукв и количество каждой звукобуквы. Это необходимо для определения частоты вхождения каждой звукобуквы в слово. На основе полученных данных определяется частота путем деления числа вхождения звукобуквы на общее число звукобукв в слове;

5) определяется отклонение частотности звукобукв от нормы;

6) посчитывается вклад каждой звукобуквы в общий тон текста;

7) завершающим этапом расчета фонетической значимости слова является суммарное значение вкладов каждой звукобуквы в общий звуковой тон текста;

8) после анализа всех слов накопленного текста необходимо посчитать среднее значение для всех значений слов. Результатом будет фонетическое значение накопленного текста;

9) при необходимости можно добавить еще один блок текста к уже накопленному и произвести анализ повторно.

Выводы

Разработанные методы могут использоваться для выявления деструктивных суггестивных информационно-психологических воздействий на подсознание человека. С их помощью можно:

– оценивать эмоциональное влияние отдельных слов на подсознание человека;

– оценивать эмоциональное влияние фонетической структуры текстов на подсознание человека;

– оценивать уровень агрессивности текстов на основе анализа позитивного и негативного влияния отдельных слов на содержательное значение текста в целом.

Литература: 1. *Герасимов Б.М.* Извлечение информационных фраз из первичных электронных документов в информационно-поисковых системах / Б.М. Герасимов, О.Ю. Сергеев, И.Ю. Субач // Управляющие системы и машины. 2006. №1. С. 26-29. 2. *Рыбаков Ф.И.* Автоматическое индексирование на естественном языке / Ф.И. Рыбаков, Е.А. Руднев, В.А. Петухов. М.: Энергия, 1980. 160 с. 3. *Скороходько Е.Ф.* Лінгвістичні основи автоматизації інформаційного пошуку / Е.Ф. Скороходько. К.: Вища школа, 1970. 242 с. 4. *Сэлтон Г.А.* Автоматическая обработка, хранение и поиск информации / Г.А. Сэлтон. М.: Сов. радио, 1973. 560 с. 5. *Журавлев А.П.* Фонетическое значение / А.П. Журавлев. Л.: ЛГУ, 1974. 6. *Журавлев А.П.* Звук и смысл: кн. для внеклас. чтения учащихся ст. классов / А.П. Журавлев. М.: Просвещение, 1991. 160 с. 7. *Программы анализа и лингвистической обработки текстов [Электронный ресурс].* Режим доступа: <http://www.rvb.ru/soft/catalogue/index.html>. 8. *Сидченко С.А.* Система анализа воздействия информации на подсознание человека в условиях информационно-

психологического противоборства / С.А. Сидченко, К.И. Хударковский, В.Л. Петров // Теория та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск V: В 3-х томах. Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. Т.3: Теория та методика навчання інформатики. С. 303-314. 9. *Сидченко С.О.* Методика комплексного аналізу документу / С.О. Сидченко, С.В. Залкін, В.В. Белімов // Системи обробки інформації. 2007. Вип. 9 (67). С. 109-113. 10. *Sidchenko S. A.* Method of complex information and psychological document analysis / S.A. Sidchenko, T. V. Saprykina // Наукоємні технології. 2014. № 1 (21). С. 79–83. 11. *Сидченко С.А.* Тестирование семантической составляющей для выявления суггестивного воздействия / С.А. Сидченко, Т.В. Сапрыкина, В.А. Школяренко // АСУ и приборы автоматики. 2013. Вип. 165. С. 111–117. 12. *Сидченко С.А.* Метод составления текста с заданной суггестивной направленностью контекста / С.А. Сидченко, Т.В. Сапрыкина, В.А. Школяренко // Системи обробки інформації. Х.: ХУПС. 2014. Вип. 4 (120). С. 96–101.

Transliterated bibliography:

1. *Gerasimov B.M.* Izvlechenie informatsionnyh fraz iz pervichnyh elektronnyh dokumentov v informatsionno-poiskovyh sistemah / B.M. Gerasimov, O.Yu. Sergeev, I.Yu. Subach // Upravlyayuschie sistemy i mashiny. 2006. #1. S. 26-29.

2. *Ryibakov F.I.* Avtomaticheskoe indeksirovanie na estestvennom yazyike / F.I. Ryibakov, E.A. Rudnev, V.A. Petuhov. M.: Energiya, 1980. 160 s.

3. *Skorohodko E.F.* Lingvistichni osnovi avtomatizatsiyi informatsiyogo poshuku / E.F. Skorohodko. K.: Vischa shkola, 1970. 242 s.

4. *Selton G.A.* Avtomaticheskaya obrabotka, hranenie i poisk informatsii / G.A. Selton. M.: Sov. radio, 1973. 560 s.

5. *Zhuravlev A.P.* Foneticheskoe znachenie / A.P. Zhuravlev. L.: LGU, 1974.

6. *Zhuravlev A.P.* Zvuk i smysl : kn. dlya vneklas. chteniya uchashchihya st. klassov / A.P. Zhuravlev. M. : Prosveschenie, 1991. 160 s.

7. *Programmy analiza i lingvisticheskoy obrabotki tekstov [Elektronniy resurs].* Rezhim dostupu: <http://www.rvb.ru/soft/catalogue/index.html>.

8. *Sidchenko S.A.* Sistema analiza vozdeystviya informatsii na podsoznanie cheloveka v usloviyah informatsionno-psihologicheskogo protivoborstva / S.A. Sidchenko, K.I. Hudarkovskiy, V.L. Petrov // Teoriya ta metodika navchannya matematiki, flziki, Informatiki: ZbInrik naukovih prats. Vipusk V: V 3-h tomah. Kriviy RIG: Vidavnichiy vIddIl NMetAU, 2005. T.3: Teoriya ta metodika navchannya Informatiki. S. 303-314.

9. *Sidchenko S.O.* Metodika kompleksnogo analizu dokumentu / S.O. Sidchenko, S.V. Zalkin, V.V. Belimov // Sistemi obrobki informatsiyi. 2007. Vip. 9 (67). S. 109-113.

10. *Sidchenko S. A.* Method of complex information and psycho-logical document analysis / S. A. Sidchenko , T. V. Saprykina // Naukoemni tehnologii. 2014. # 1 (21). – S. 79–83.

11. *Sidchenko S.A.* Testirovanie semanticheskoy sostavlyayu-schey dlya vyiyavleniya suggestivnogo vozdeystviya / S.A. Sidchenko, T.V. Saprykina, V.A. Shkolyarenko // Avtomatizirovannyye sistemyi upravleniya i priboryi avtomatiki. 2013. Vip. 165. S. 111–117. 12. *Sidchenko S.A.* Metod sostavleniya teksta s zadannoy suggestivnoy napravlennoy konteksta / S.A. Sidchenko, T.V. Saprykina, V.A. Shkolyarenko // Sistemi obrobki informatsiyi. H.: HUPS. 2014. Vip. 4 (120). S. 96–101.

Поступила в редколлегию 10.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.В.

Беликова Татьяна Вячеславовна, соискатель Черкасского государственного технологического университета. Научные интересы: кодирования, семантической обработки изображений. Адрес: Украина, Черкассы, бул. Шевченко, 460. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Belikova Tatiana Vyacheslavovna, post graduate student, Cherkassy State Technological University. Scientific interests: coding, semantic image processing. Address: Ukraine, Cherkasy, bul. Shevchenko, 460. E-mail: barannik_v_v@mail.ru

МЕТОД СЕГМЕНТУВАННЯ БАГАТОМАСШТАБНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВИХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

ХУДОВ В.Г., ХУДОВ Г.В.

Пропонується при сегментуванні оптико-електронних зображень попередньо проводити їх багатомасштабне перетворення. Як ядро перетворення обрано гаусіан з відповідним значенням масштабного коефіцієнта. Як метод сегментування пропонується еволюційний метод. Проводяться експериментальні дослідження щодо сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень запропонованим методом.

Ключові слова: сегментування, багатомасштабність, послідовність, зображення, спостереження, бортова система, метод, ядро перетворення.

Key words: segmentation, multi-scale, sequence, image, observation, on-board system, method, kernel of transformation.

1. Постановка проблеми у загальному вигляді

Відомо [1-3], що сегментування зображення, яке отримано з бортових систем оптико-електронного спостереження, є розділення зображення на області, що мають приблизно однаковий рівень яскравості (для напівтонових зображень) або однакові кольорові характеристики (для кольорових зображень). Для сегментування зображень (визначення границь або контурів об'єктів, розроблено багато методів [4, 5]. Але на зображеннях, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, в більшості присутні контури об'єктів з різними швидкостями зміни яскравості (для напівтонових зображень) або кольору (для кольорових зображень) [1, 2]. У зв'язку з цим неможливо найкращим чином визначити усі присутні на зображенні границі з використанням якогось конкретного методу сегментування. Тому для підвищення якості сегментування будемо використовувати методи, які дозволяють побудувати картину контурів об'єктів на зображенні на основі інформації, що отримується в результаті обробки зображень різних масштабів.

Мета дослідження: провести сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень еволюційним методом.

2. Аналіз останніх досягнень і публікацій

Існує декілька підходів до аналізу багатомасштабної інформації, тобто до побудови картини контурів об'єктів градієнтних зображень різного масштабу [6]. Існують підходи, в яких аналіз градієнтних зображень проводиться від грубих масштабів

до точних [7, 8] та від точних до грубих [9, 10]. Методи розрізняються за принципами побудови градієнтного зображення одного масштабу, але при цьому відкритим є питання, яким чином необхідно комбінувати багатомасштабну інформацію для побудови кінцевої картини границь. В роботі Бергольма [7] запропоновано метод, який полягає у послідовному аналізі багатомасштабної інформації від грубих масштабів до точних. Такий підхід дозволяє значно зменшити вплив шуму і, таким чином, уникнути хибного визначення контурів під впливом шумів. Недоліком методу [7] є можливе розділення контурів, що визначаються на грубих масштабах, на декілька окремих при переході до більш точного масштабу. Стратегія розгляду градієнтних масштабів від грубих до точних також відмічається в роботі [8]. Однак в тих випадках, коли на зображенні присутні невеликі об'єкти з різкими границями, точне визначення границь цих об'єктів при переході від грубих масштабів до точних є ускладненим, оскільки на градієнтних зображеннях грубого масштабу виникає значне зміщення положення різких контурів.

В роботах [9, 10] кінцева картина границь складається на основі аналізу градієнтних зображень від точних масштабів до грубих. При цьому основними задачами є зменшення впливу шуму, до якого чутливі оператори градієнта малого розміру, та комбінування границь, що отримані на точних масштабах, з плавними границями, які визначаються на грубих масштабах. При успішному рішенні таких проблем підхід до аналізу градієнтних зображень від точних масштабів до грубих є найбільш ефективним для багатьох практичних випадків, в яких необхідно достатньо точно визначити контури об'єктів. Однак методи, що наведені в [7-10] можуть бути застосовані для сегментування сканованих зображень сторінок книг, газет, журналів з великою кількістю об'єктів невеликого розміру, наприклад, букв та символів.

Методи обробки багатомасштабної послідовності цифрових зображень в промислових системах контролю якості наведені в роботах [11, 12]. Однак розроблені в роботах [11, 12] методи обробки багатомасштабної послідовності цифрових зображень можуть бути використані при:

- зменшенні часу на розшифровку рентгенографічних знімків зварних з'єднань;
- подавленні шуму на рентгенограмах без внесення додаткових спотворень;
- виділенні дефектів зварних з'єднань;
- виявленні групових дефектів зварних швів;

– проведенні якісного аналізу мікроструктури металів;
 – відновленні томографічних зображень за неповними даними.

Методи, що запропоновані в [11, 12], не можна напряму використовувати для обробки багатомасштабної послідовності зображень, отриманих з бортових систем оптико-електронного спостереження.

3. Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Багатомасштабне перетворення вихідного зображення $f(x, y)$, де (x, y) - просторові координати зображення, будемо представляти у вигляді:

$$L(x, y, t) = g(x, y, t) * f(x, y), \quad (1)$$

де $L(x, y, t)$ – багатомасштабне перетворення вихідного зображення $f(x, y)$; $g(x, y, t)$ – ядро перетворення; t – масштабний коефіцієнт; $*$ – оператор згортки.

Необхідно зауважити, що у виразі (1) згортка виконується за просторовими координатами (x, y) , а масштабний коефіцієнт t лише указує, для якого масштабу проводиться операція згортки.

Ядро перетворення $g(x, y, t)$ будемо обирати у вигляді гаусіана:

$$g(x, y, t) = \frac{1}{2\pi t} e^{-\frac{(x^2 + y^2)}{2t}}. \quad (2)$$

Вибір саме такого виду ядра перетворення обумовлений унікальністю гаусового ядра, яке включає лінійність, інваріантність до зрушення, не підсилення локальних екстремумів на вихідному зображенні, інваріантність до масштабних спотворень та інваріантність до обертання зображення [13].

Масштабний коефіцієнт t відіграє роль дисперсії у виразі для гаусіана (2). При $t=0$ ядро перетворення $g(x, y, 0)$ стає імпульсною функцією, такою, що $L(x, y, 0) = f(x, y)$, тобто масштабне перетворення вихідного зображення є саме вихідне зображення $f(x, y)$.

При збільшенні масштабного коефіцієнта t багатомасштабне перетворення $L(x, y, t)$ є результатом згладжування вихідного зображення $f(x, y)$.

Після отримання багатомасштабного перетворення вихідного зображення $L(x, y, t)$ проведемо сегментування кожного з зображень при різних значеннях масштабного коефіцієнта t . Для проведення сегментування будемо використовувати еволюційний метод, запропонований в роботі [3].

Отже, в найпростішому випадку сегментування зображення можна представити як сукупність таких ділянок руху агентів (рис. 1): вихідна точка маршруту (ВТМ), прямі ділянки, кінцева точка маршруту (КТМ). Прямі ділянки проходять через поворотні точки маршруту (ПТМ), в яких відбувається зміна напрямку руху агента. У подальшому вважаємо, що положення ВТМ, КТМ та поворотних точок маршруту повністю визначає маршрут руху агента.

Рух по кожній з ділянок маршруту, а також здійснення повороту у вибраних ПТМ має певні небезпеки та вимагає певних витрат ресурсів, що призводить до переваги одного маршруту руху перед іншим. Оскільки варіантів розташування ПТМ може бути дуже багато, кількість можливих маршрутів руху буде надзвичайно великою, що ускладнює вибір маршруту руху методом перебору. Продемонструємо, як прокласти маршрут руху з використанням простішого еволюційного методу (ЕМ).

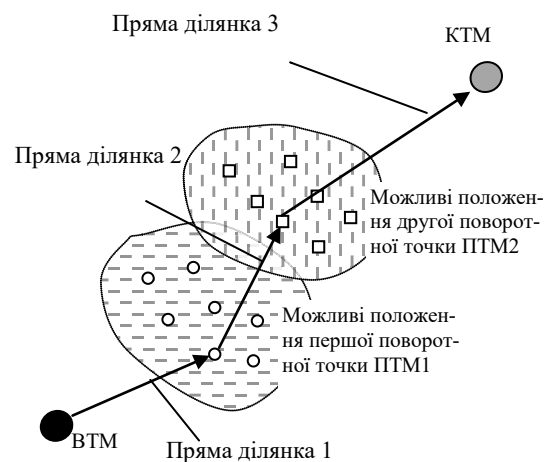


Рис. 1. Приклад представлення маршруту руху агента на зображенні при сегментуванні зображення [3]

ЕМ, використаний в [3], оснований на імітації природного механізму пошуку найкоротшого шляху до джерела їжі колонією мурах (агентів). Самоорганізація системи забезпечується низькорівневою взаємодією агентів, при цьому агенти обмінюються тільки локальною інформацією, для передачі якої вони використовують спеціальний секрет – феромон, що відкладається агентом на своєму маршруті. Наступний агент, який буде знаходитись поблизу маршруту руху першого, сприймає феромон та з високою ймовірністю продовжить рух по шляху першого агента, в свою чергу відкладаючи феромон (підвищуючи його концентрацію на маршруті). Чим вища концентрація феромону на маршруті, тим вища привабливість цьо-

го маршруту для наступних агентів. Розподіл феромону в навколишньому середовищі є немовби динамічною пам'яттю системи. Кожний агент в певний момент часу сприймає та змінює одну гратку цієї пам'яті – рівень феромону в околиці точки, в якій агент перебуває.

Концентрація феромону, відкладеного на маршруті, пропорційна привабливості (якості, ефективності) маршруту. Чим привабливіший буде маршрут, тим більшою буде концентрація феромону на ньому, в результаті кращі маршрути зберігаються в глобальній пам'яті колонії агентів і з вищою ймовірністю будуть обрані наступними агентами.

З часом феромон випаровується, що забезпечує зворотний зв'язок. Оскільки, як зазначено вище, концентрація феромону буде поступово збільшуватись на привабливих маршрутах, а швидкість його випаровування є постійною, через деякий час невдалі маршрути зникнуть, і все більше агентів будуть здійснювати рух лише по вдалих маршрутах. Використання зворотного зв'язку (випаровування) попереджує завчасну сходимость рішень – вибір агентами одного і того ж субоптимального маршруту.

В простішому ЕМ в кожній ітерації ітераційного процесу m агентами здійснюється пошук рішення та оновлення феромонів на знайденому маршруті. Кожний m -й агент при сегментуванні зображення починає шлях з ВТМ, послідовно проходить вибрані методом ПТМ і завершує шлях в одній з КТМ. Вибір ПТМ з J можливих здійснюється на основі ймовірнісного правила, що визначає ймовірність $P_i^m(t)$ переходу m -го агента в i -у ПТМ з врахуванням привабливості i -ї ділянки маршруту L_i та концентрації феромонів на цій ділянці F_i в момент часу t так:

$$P_i^m(t) = \frac{F_i(t)^\alpha \cdot L_i^\beta}{\sum_{j=1}^J F_j(t)^\alpha \cdot L_j^\beta}, \quad (3)$$

де α і β – параметри, що задають вагу феромона і привабливості ділянки, відповідно.

Вважаємо, що привабливість ділянки маршруту L_i в ЕМ обернено пропорційна затратам на подолання ділянки, тобто

$$L_i = \frac{1}{D_i}, \quad (4)$$

де D_i – довжина i -ї ділянки маршруту.

На початку ітераційного процесу кількість феромону на ділянках маршруту приймається однаковою і рівною деякому невеликому числу F_0 . Після

кожної ітерації концентрація феромонів на вибраних агентами ділянках оновлюється за правилом:

$$F_i(t+1) = (1-\rho)F_i(t) + \sum_{m=1}^M \Delta F_i^m, \quad (5)$$

де $\rho \in [0,1]$ – швидкість випаровування феромону;

ΔF_i^m – концентрація феромону на i -й ділянці маршруту, що створюється проходженням m -го агента.

В результаті проведення певної кількості ітерацій визначаються найпривабливіші за вибраним критерієм маршрути, концентрація феромону на яких максимальна. Феромон на непривабливих маршрутах поступово "висихає" і непривабливі маршрути зникають.

На рис. 2 наведено результати використання ЕМ для сегментування зображення [3]. Кращі маршрути позначені жирними лініями. Колами відмічені ділянки зображення, де необхідно змінити маршрут руху агентів (їх фізичний смисл необхідно визначити у подальших дослідженнях).

З аналізу рис. 2 видно, що після 100 ітерацій рівень феромону на всіх маршрутах значно зменшується внаслідок випаровування (тонші лінії). Після 300 ітерацій кращий маршрут, який і є оптимальним для проведення сегментування, виділяється явно (рис. 2,б).

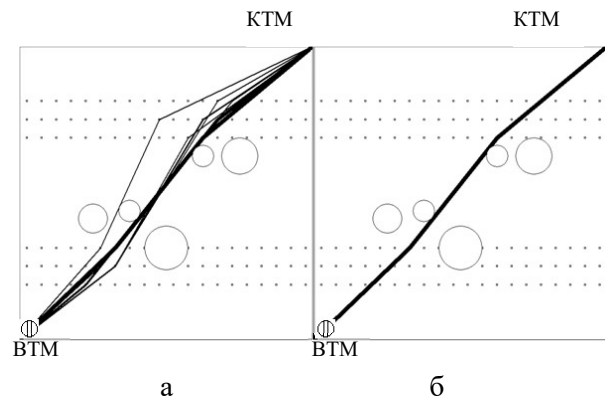


Рис. 2. Результати використання ЕМ для сегментування зображення [3]: а – після 100 ітерацій; б – після 300 ітерацій

4. Висновок і напрямки подальших досліджень

Запропоновано метод сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень.

У подальших дослідженнях необхідно провести оцінку ефективності запропонованого методу та його порівняльну оцінку з іншими методами сегментування оптико-електронних зображень.

Література: 1. *Башинский В.Г., Бзот В.Б., Жилин Е.И.* Малогабаритные беспилотные авиационные комплексы (Mini UVS). Запорожье: изд. АО «Мотор-Сич», 2014. 261 с. 2. *Барталев С.А., Ховратович Т.С.* Анализ возможностей применения методов сегментации спутниковых изображений для выявления изменений в лесах // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 1. С. 44-62. 3. *Худов В.Г.* Мультиагентный метод сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження // Системи озброєння і військова техніка, 2016. № 3 (47). С. 116-119. 4. *Смеляков К.С., Романенко И.А., Рубан И.В., Кириллова Н.И., Шитова О.В.* Методы сегментации изображений объектов нерегулярного вида, особенности их применения и перспективы развития // Збірник наукових праць ХУПС. 2010. Вип. 2 (24). С. 92-97. 5. *Худов В.Г., Кучук Г.А., Маковейчук О.М., Крижний А.В.* Аналіз відомих методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження // Системи обробки інформації. 2016. Вип. 9 (146). С. 77-80. 6. *Ziou D., Tabbone S.* Edge Detection Techniques // An Overview technical report: Dept Math & Informatique. Universit de Sherbrooke. 1997. № 195. P. 567-578. 7. *Bergholm F.* Edge Focusing // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1987. № 9. P. 726-741. 8. *Williams D.J., Shas M.* Edge Contours Using Multiple Scales // Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1990. № 51. P. 256-274. 9. *Lacroix V.* The Primary Raster: A Multiresolution Image Description // In Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition, 1990. P. 903-907. 10. *Canny J.F.* A Computational Approach to Edge Detection // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1986. № 8. P. 679-698. 11. *Жизняков А.Л.* Формализация некоторых понятий теории обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 3 (29). С. 354-358. 12. *Жизняков А.Л., Садыков С.С.* Теоретические основы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. 121 с. 13. *Babaud J., Witkin A.P., Baudin M., Duda R.O.* Uniqueness of the Gaussian kernel for scale-space filtering // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. 1986. № 8. P. 26-33.

Transliterated bibliography:

1. *Bashinsky V.G., Bzot V.B., Zhilin E.I.* Small-size unmanned aerial systems (Mini UVS). Zaporozhye: ed. Motor-Sich JSC, 2014. 261 p. 2. *Bartalev S.A., Khovratovich T.S.* Analysis of the possibilities of applying satellite image segmentation methods to detect changes in forests // Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2011. T. 8. No. 1. P. 44-62. 3. *Khudov V.G.* Multiagent method of segmentation of images obtained from on-board systems of optoelectronic observation // Armament and military equipment systems, 2016. No. 3 (47). Pp. 116-119. 4. *Smelyakov K.S., Romanenko I.A., Ruban I.V., Kirillova N.I., Shitova O.V.* Methods of image segmentation of ir-

regular objects, features of their application and perspectives of development // Zbirnik Naukovych prac KHUPS, 2010. Vip. 2 (24). Pp. 92-97.

5. *Khudov V.G., Kuchuk G.A., Makoveichuk O.M., Kryzhik A.V.* Analysis of known methods for image segmentation obtained from on-board systems of optoelectronic observation // Systems of information processing, 2016. Vip. 9 (146). Pp. 77-80.

6. *Ziou D., Tabbone S.* Edge Detection Techniques // An Overview technical report: Dept Math & Informatique. Universit de Sherbrooke, 1997. № 195. Pp. 567-578.

7. *Bergholm F.* Edge Focusing // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987. № 9. Pp. 726-741.

8. *Williams D.J., Shas M.* Edge Contours Using Multiple Scales // Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1990. № 51. Pp. 256-274.

9. *Lacroix V.* The Primary Raster: A Multiresolution Image Description // In Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition, 1990. Pp. 903-907.

10. *Canny J.F.* A Computational Approach to Edge Detection // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986. № 8. Pp. 679-698.

11. *Zhizniakov A.L.* Formalization of some concepts of the theory of processing multiscale sequences of digital images // Control Systems and Information Technology, 2007. No. 3 (29). Pp. 354-358.

12. *Zhiznjakov A.L., Sadykov S.S.* Theoretical bases of processing of multiscale sequences of digital images. Vladimir: Publishing house of Vladimir. State. University, 2008. 121p.

13. *Babaud J., Witkin A.P., Baudin M., Duda R.O.* Uniqueness of the Gaussian kernel for scale-space filtering // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 1986. № 8. Pp. 26-33.

Надійшла до редколегії 04.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.В.

Худов Владислав Геннадиевич, аспірант ХНУРЕ. Научні інтереси: обробка інформації в сучасних інформаційних системах. Адрес: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, тел. 097-497-11-82

Худов Геннадій Володимирович, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри Харківського національного університету Воздушних Сил ім. І. Кожедуба. Научні інтереси: обробка інформації в сучасних інформаційних системах. Адрес: Україна, 61000, Харків, ул. Сумська, 77/79, тел. 097-394-36-20

Khudov Vladislav Gennadievich, post-graduate student of the Kharkov National University of Radioelectronics. Scientific interests: information processing in modern information systems. Kharkov, Science ave., 14, phone number 097-497-11-82

Khudov Hennadii Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of the Kharkov National Air Force University named after Ivan Kozhedub. Scientific interests are the processing of information in modern information systems. Kharkov, Sumskaya str., 77/79, phone number 097-394-36-20.

РЕФЕРАТИ

ABSTRACTS

УДК 621.396.96

Пасивно-активний метод супроводження повітряних цілей зі штучно зниженою площею віддзеркалення / С.В. Толюпа, Ю.Я. Самохвалов // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 4–8.

Запропоновано виявлення і супроводження повітряних цілей зі штучно зменшеною площею віддзеркалення на основі комплексного використання як активного, передавального каналу, який здатний формувати резонансний радіосигнал, так і пасивного каналу радіолокаційної станції, що здатний приймати сигнали збудження радіопоглинаючого покриття у відповідному частотному діапазоні. Реалізація даного методу дозволить істотно зменшити кількість помилкових траєкторій на етапах зав'язки трас і підвищити ефективність супроводження повітряних цілей зі штучно зниженою площею віддзеркалення.

Л. 1. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 621.391

Оптимізаційна модель відмовостійкої маршрутизації з білінійними умовами захисту шляху / О.С. Єременко, Н. Тарікі, М.О. Євдокименко // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 9–14.

Описана потокова модель відмовостійкої маршрутизації із захистом шляху. Новизна запропонованого вдосконалення полягає в тому, що умови захисту шляху включені в критерій оптимальності у білінійній формі. Працездатність та адекватність запропонованої моделі підтверджена на ряді розрахункових прикладів при розв'язанні задач відмовостійкої маршрутизації при реалізації схеми захисту шляху.

Л. 6. Бібліогр.: 11 назв.

УДК 621.391

Розробка трьохрівневого методу ієрархічної маршрутизації на основі принципу цільової координації / О.В. Лемешко, О.С. Невзорова // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 15–19.

Запропоновано трьохрівневий метод ієрархічної маршрутизації, що базується на принципі цільової координації. Метод ґрунтується на декомпозиційному поданні потокової моделі маршрутизації і включає в себе три рівні ієрархії обчислень: на нульовому рівні відбувається розрахунок маршрутних змінних прикордонними маршрутизаторами кожного домена; на першому рівні здійснюється координація рішень нульового рівня з метою запобігання перевантаження каналів зв'язку в кожному окремому домені, а задача координатора другого рівня полягає в забезпеченні міждоменої взаємодії.

Бібліогр.: 10 назв.

УДК 621.327:681.5

Порівняльна характеристика CDMA систем і систем з нерівномірним розподілом вагових коефіцієнтів, обчислення виграшу в обсязі / В.В. Бараннік, Д.Є. Окладний, А.А. Леках, Д.О. Медведєв // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 20–26.

У даній статті детально розглянута сучасна CDMA-технологія, проаналізовані її основні характеристики,

UDC 621.396.96

Passive-active method of tracking air targets with artificially lowered reflection area / С.В. Толюпа, Ю.Я. Самохвалов // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 4-8.

Detection and tracking of air targets with an artificially reduced area of reflection is proposed on the basis of integrated use of active transmission channel, which is able to generate the resonance signal and a passive channel of the radar station that is able to receive signals of excitation of radar absorbing coverage in the relevant frequency range. The implementation of this method of identification measurement of the radar tracking and passive funds will significantly reduce the number of false trajectories in the stages of ties of tracks and track air targets with artificially reduced area of reflection.

Fig. 1. Ref.: 6 items.

UDC 621.391

Optimization model of fault-tolerant routing with bilinear path protection conditions / O.S. Yeremenko, N. Tariki, M.O. Yevdokymenko // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 9-14.

The flow-based model of fault-tolerant routing with path protection has been improved. The novelty of the proposed improvement lies in the fact that the path protection conditions are included in the optimality criterion in bilinear form. The efficiency and adequacy of the proposed model are confirmed in a number of computational examples when solving the problems of fault-tolerant routing in the implementation of the path protection scheme.

Fig. 6. Ref.: 11 items.

UDC 621.391

Development of the three-level method of hierarchical routing based on goal coordination principle / O. Lemeshko, O. Nevzorova // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 15-19.

In this paper, to increase the scalability of the telecommunication network, a three-level hierarchical routing method based on the goal coordination principle is proposed. The method is based on the decomposition representation of the flow-based routing and includes three levels of the calculation hierarchy: at the zero level, routing variables are calculated by the border routers of each area; At the first level, coordination of zero-level solutions is implemented to prevent link overload in each individual area, and the task of the second-level coordinator is to ensure inter-area interaction.

Ref.: 10 items.

UDC 621.327:681.5

Comparative characteristic of CDMA systems and systems with non-measurement of weights, weights calculation / V.V. Barannik, D.E. Okladnoy, A.A. Lekakh, D.O. Medvedev // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 20-26.

In this article, the modern CDMA-technology is analyzed in detail, its main characteristics are analyzed, positive and

виявлено позитивні та негативні сторони даної технології. Запропоновано принципово новий метод кодового поділу каналу. Наведено приклад і аналіз функціонування нового методу.
Табл. 3. Іл. 3. Бібліогр.: 11 назв.

negative aspects of this technology are revealed. A fundamentally new method of code division of the channel is proposed. An example and analysis of the functioning of the new method is given.
Tab. 3. Fig. 3. Ref.: 11 items.

УДК 519.713

Методологічна база побудови алгоритмів контролю бітової швидкості відеопотоку з забезпеченням необхідних характеристик якості / В.В. Твердохліб, А.В. Хаханова, В.В. Бараннік // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 27–33.

Розглянуто принципи побудови управляючих алгоритмів для контролю бітової швидкості відеопотоку. Показана ефективність підходів, що базуються на трьохвимірному представленні трансформант кадру, що дозволяє здійснювати контроль швидкості з одночасним урахуванням підсумкових значень похибки. Наведено способи організації даних.
Іл. 1. Бібліогр.: 8 назв.

UDC 519.713

Methodological base of constructing algorithms for monitoring the bit rate of a video stream with the provision of required quality characteristics / V.V. Tverdokhleby, A.V. Khakhanova, V.V. Barannik // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 27-33.

The principles of constructing control algorithms for monitoring the bit rate of a video stream are considered. Shown the efficiency of the approaches based on the three-dimensional representation of the frame transforms, allowing the speed control with simultaneous consideration of the total error values. Methods of data representation are given.
Fig. 1. Ref.: 8 items.

УДК 004.45

Побудова математичної моделі визначення рівня захищеності операційних систем / О.Г. Оксіук, А.Л. Зерко, О.І. Кохановський // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 34–37.

Розглядаються основні сучасні проблеми захисту інформації. Приводяться необхідні поняття захищеності операційних систем, вказуються деякі механізми їх захисту. Проводиться аналіз захищеності операційної системи Microsoft Windows 8.1 Enterprise, системи захисту інформації ЛОЗАТм-1 (версія 4.X.Y) та програмного забезпечення антивірусного захисту інформації „Kaspersky Internet Security 15 для всіх пристроїв”, що використовуються в Україні, з опором на експертні висновки. Розглядаються питання, які не мають наукових рішень, а саме: проблеми забезпечення надійності та безпеки функціонування систем захисту в середовищі ОС.

Бібліогр.: 6 назв.

UDC 004.45

Construction of a mathematical model for determining the level of protection of operating systems / A.G. Oksiuk, A.L. Zerko, A.I. Kokhanovsky // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 34-37.

The main modern problems of information protection are considered. The necessary concepts of the security of operating systems are given, some mechanisms for their protection are indicated. The analysis of the security of the operating system Microsoft Windows 8.1 Enterprise, the information protection system LOZATm-1 (version 4.X.Y) and the anti-virus protection software "Kaspersky Internet Security 15 for all devices" used in Ukraine, with resistance to expert opinions. Questions that do not have scientific solutions, namely: problems of ensuring the reliability and safety of the operation of protection systems in the OS environment are considered.
Ref.: 6 items.

УДК 681.3

Метод підвищення доступності відеопотоку для інформаційних технологій закриття інформації / Р.В. Тарнополов // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 38–44.

Розробляється метод селекції значущих структурних одиниць відеокадра, що забезпечує зниження пропускної здатності закритого відеоканалу. Застосовується селективний підхід шифрування для усунення ряду недоліків. Його суть полягає в приховуванні найбільш значущих компонент відеопотоку. Ці компоненти формуються в процесі стиснення відеоданих.
Бібліогр.: 12 назв.

UDC 681.3

The video stream availability increasing method for information technology closing information / R.V. Tarnopolov // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 38-44.

A method for selecting significant structural units of a video frame is being developed, which ensures a reduction in the capacity of a closed video channel. A selective encryption approach is used to eliminate a number of disadvantages. Its essence lies in hiding the most significant components of the video stream. These components are formed during the compression of video data.
Ref.: 12 items.

УДК 681.3

Методи виявлення деструктивних сугестивних інформаційно-психологічних операцій в інформаційно-соціальному просторі / Т.В. Белікова // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 45–50.
Запропоновані підходи до виявлення деструктивних сугестивних впливів на підсвідомість людини в тек-

UDC 681.3

Methods for identifying destructive suggestive information-psychological operations in the information-social space / T.V. Belikova // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 45-50.

The article proposes approaches to identify destructive suggestive effects on the human subconsciousness in text

стових повідомленнях в умовах інформаційно-психологічного протидіяння. Виявлення деструктивних впливів запропоновано проводити на основі семантичного диференціалу, фонетичного і звукоколірного аналізу слів і текстових документів. Реалізація даних методів дозволить оцінювати емоційний вплив окремих слів і фонетичної структури текстів на підсвідомість людини.

Бібліогр.: 12 назв.

messages in the context of information-psychological confrontation. Detection of destructive influences is suggested to be carried out on the basis of a semantic differential, phonetic and sound-color analysis of words and text documents. The implementation of these methods will allow us to evaluate the emotional impact of individual words and the phonetic structure of texts on the human subconscious.

Ref.: 12 items.

УДК 004.932

Метод сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов, Г.В. Худов // *Радіоелектроніка та інформатика*. 2017. № 2. С. 51–54.

Запропоновано при сегментуванні оптико-електронних зображень попередньо проводити багатомасштабне перетворення зображень. Як ядро перетворення обрано гаусіан з відповідним значенням масштабного коефіцієнта. Як метод сегментування запропоновано використання еволюційного методу. Проведено експериментальні дослідження щодо сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень запропонованим методом.

Л. 2. Бібліогр.: 13 назв.

UDC 004.932

The method of segmentation of a multiscale sequence of images obtained from on-board optical-to-electronic surveillance systems / V.G. Khudov, G.V. Khudov // *Radioelektronika i informatika*. 2017. N 2. P. 51-54.

It has been proposed to carry out a multiscale transformation of images when segmenting optical-electronic images. As the transformation kernel, the Gaussian is chosen with the corresponding value of the scale factor. As a method of segmentation, it is proposed to use the evolutionary method. An experimental study of the segmentation of the multiscale sequence of optoelectronic images by the proposed method has been carried out.

Fig. 2. Ref.: 13 items.

ПРАВИЛА

оформления рукописей для авторов научно-технического журнала

"Радиоэлектроника и информатика"

Тематика: радиотехника; электроника; телекоммуникации; компьютерные науки; компьютерная инженерия и техническая диагностика; системы и процессы управления; информационные технологии в науке, образовании, культуре, медицине, экономике, экологии, социологии.

Формат страницы — А4 (210x297 мм), все поля — 20 мм. Количество колонок — 2, интервал между ними — 5 мм. Редактор Page Maker 6.0 или Word, гарнитура Times ET, (Times New Roman Cyr), кегль — 10 пунктов, межстрочное расстояние — 110%, табуляция — 5 мм. Объем рукописи — от 2 до 7 с. (языки: русский, украинский, английский).

Согласно решению редакционной коллегии, основанному на Постановлении ВАК Украины от 15.01.2003 №7-05/1 (Бюллетень ВАК Украины, №1, 2003, с.2), текст рукописи должен быть структурирован и содержать все *основные части, характерные для научной статьи*: **введение** (отражает *актуальность*, формулирование *цели и задач* исследования); **сущность** (изложение основного материала исследования с описанием идеи, метода, и обоснованием полученных научных результатов); **выводы** (отражают результаты исследования, их *научную новизну* и *практическую значимость*, сравнение с лучшими аналогами, перспективы).

Оформление рукописи: УДК, заголовок, фамилия и инициалы, аннотация, текст, литература, реферат (на украинском и английском языках), сведения об авторах.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ

УДК 519.713

НАЗВАНИЕ РУКОПИСИ

ФАМИЛИЯ И.О.

(Название желаемого раздела тематики)

Аннотация (на языке статьи, абзац 5-10 строк, кегль 9) помещается в начале статьи и содержит информацию о результатах описанных исследований.

Ключевые слова (Key words) приводятся (на языке статьи и на английском языке).

Основной текст следует разделять на **подразделы с заголовками**, выделенными полужирным шрифтом, пронумерованными арабскими цифрами, как показано в следующей строке.

1. Название раздела

Рисунки и таблицы (черно-белые, контрастные) помещаются в текст после первой ссылки в виде *переносимых объектов* и отдельно нумеруются, при наличии более одного рисунка (таблицы), арабскими цифрами. Рисунок содержит подрисуночную центрированную подпись под иллюстрацией (вне рисунка), как показано на рис. 1.

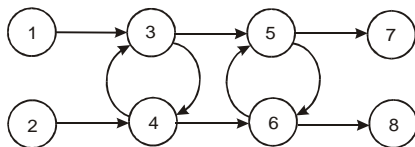


Рис. 1. Граф с контурами

Табличный заголовок располагается справа над таблицей (вне таблицы), что иллюстрируется табл.1. Редакторы: CorelDraw, Table Editor, Microsoft Excel.

Таблица 1

Шаг i	1	2	3	4	5	6
Ф1(1,3)	1	2	2	4	6	1

Формулы нумеруются при наличии ссылок на них в рукописи. Формулы, символы, переменные, встречающиеся в тексте, должны быть набраны как объекты Microsoft Equation. Рекомендуемая высота формульных кеглей: переменная — 10 пунктов, индекс — 8, над- и подиндекс — 8, основной (индексный) математический символ — 12(10):

$$F_{i+j} = \sum_{i=1}^{b^k} F_j^i - \prod_{j=1}^{1+h^2} P_{R_{j+i}} + F^{j-1} + X^{\sum n^k} \quad (1)$$

Формат переменных (желательно не курсивом — без наклона) в тексте и формулах должен быть идентичным. В тексте над- и подиндексы составляют 70 % от высоты кегля, которые рекомендуется опускать (поднимать) на 17 (33) % относительно основной строки.

Литература (включает опубликованные источники, на которые имеются ссылки в тексте, заключенные в квадратные скобки) печатается без отступа, кегль 9 пунктов.

Транслитерированный список литературы, в соответствии с требованиями наукометрических баз, является полным аналогом списка литературы и выполняется на основе транслитерации языка оригинала латиницей.

При этом число и порядок источников в списке литературы должны оставаться неизменными. Ссылки на англоязычные источники не транслитерируются. Транслитерация украинского языка латиницей выполняется на основе Постановления Кабинета Министров Украины № 55 от 27 января 2010

(<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/55-2010-%D0%BF>), русского — на основе ГОСТ 7.79-2000 (ISO 9-95) (<http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=130715>).

Рекомендуется использовать автоматические средства транслитерации (<http://translit.net>).

Образец окончания текста рукописи (литература, сведения об авторах, реферат) представлен ниже.

Литература: 1. *Фамилия И.О.* Название книги. Город: Издательство, 1900. 000 с. 2. *Название сборника / Под ред. И.О. Фамилия.* Город: Издательство, 1900. 000 с. 3. *Фамилия И.О.* Название статьи // Название журнала. Название серии. 1997. Т. 00, № 00. С. 00-00.

Транслитерированный список литературы.

Поступила в редколлегия 00.00.00

Рецензент: должность, ученая степень, фамилия, И.О.

Фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность и место работы. Научные интересы. Увлечения и хобби. Адрес, контактные телефоны.

Сведения об авторах на английском языке.

Рефераты на украинском, русском и английском языках.

УДК 000.000.00

Назва статті / Ініціали. Прізвище. // Радіоелектроніка та інформатика. 2000. № 00. С. 00–00.

Текст реферату.

Табл. 00. Іл. 00. Бібліогр.: 00 назв.

УДК 000.000.00

Название статьи / Инициалы. Фамилия. // Радиоэлектроника и информатика. 2000. № 00. С. 00–00.

Текст реферата.

UDC 000.000.00

Title of paper / Initials. Surname // Radioelektronika i informatika. 2000. N 00. P. 000-000.

Text.

Tab. 00. Fig. 00. Ref.: 00 items.

Представление материалов

Рукопись, рефераты, сведения об авторах – в одном файле, *поименованном фамилией автора*. Твердая копия материалов – для граждан Украины — в одном экземпляре: рукопись, подписанная авторами, рефераты, внешняя рецензия, подписанная доктором наук, заявление на имя главного редактора со сведениями об авторах.

Материалы, не соответствующие требованиям, редколлегией не рассматриваются.

Адрес редакции: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, ХНУРЭ, комната 321, тел. 70-21-326.

E-mail: hahanov@icloud.com

Рекомендовано Научно-техническим советом Харьковского национального университета радиоелектроники (протокол № 3 от 19.05.2017)

Підписано до друку 27.05.2017. Формат 60×84¹/₈.

Умов. друк. арк. 10,3. Зам. № б/н . Тираж 300 прим. Ціна договірна.

Віддруковано у СПД ФО Степанов В.В.

61168, Харків, вул. Акад. Павлова, 311.



15th IEEE EAST-WEST DESIGN & TEST SYMPOSIUM (EWDTS 2017)

Novi Sad, Serbia, Sept 29 - Oct 2, 2017

Call for Papers

The main target of the **IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS)** is to exchange experiences between scientists and technologies from Eastern and Western Europe, as well as North America and other parts of the world, in the field of design, design automation and test of electronic circuits and systems. The symposium is typically held in countries around East Europe, the Black Sea, the Balkans and Central Asia region. We cordially invite you to participate and submit your contributions to EWDTS'17 which covers (but is not limited to) the following topics:

- Analog, Mixed-Signal and RF Test
- ATPG and High-Level Test
- Automotive Reliability & Test
- Built-In Self Test
- Debug and Diagnosis
- Defect/Fault Tolerance and Reliability
- Design Verification and Validation
- EDA Tools for Design and Test
- Embedded Software
- Failure Analysis & Fault Modeling
- Functional Safety
- High-level Synthesis
- High-Performance Networks and Systems on a Chip
- Internet of Things Design & Test
- Low-power Design
- Memory and Processor Test
- Modeling & Fault Simulation
- Network-on-Chip Design & Test
- Flexible and Printed Electronics
- Applied Electronics – Automotive/Mechatronics
- Algorithms
- Object-Oriented System Specification and Design
- On-Line Testing
- Power Issues in Design & Test
- Real Time Embedded Systems
- Reliability of Digital Systems
- Scan-Based Techniques
- Self-Repair and Reconfigurable Architectures
- Signal and Information Processing in Radio and Communication Engineering
- System Level Modeling, Simulation & Test Generation
- System-in-Package and 3D Design & Test
- Using UML for Embedded System Specification
- CAD and EDA Tools, Methods and Algorithms
- Hardware Security and Design for Security
- Logic, Schematic and System Synthesis
- Place and Route
- Thermal and Electrostatic Analysis of SoCs
- Wireless and RFID Systems Synthesis
- Sensors and Transducers
- Medical Electronics
- Design of Integrated Passive Components

The Symposium will take place in Novi Sad – the second largest city of Serbia and one of the most beautiful cities in South-East Europe, overlooking the Danube River. Novi Sad is the city of the famous EXIT music festival. It has been declared as one of the three European Capitals of Culture for 2021, as well as, the European Youth Capital for 2019.

Symposium Deadlines:

Submission deadline: June 15, 2017

Notification of acceptance: July 30, 2017

Papers submission info: <http://www.ewdtest.com/conf>

Organizing committee contacts:

Prof. Mirjana Damnjanovic, Faculty of Technical Sciences, Univ. of Novi Sad, mirad@uns.ac.rs

Prof. Vladimir Hahanov, Design Automation Department, Kharkov National Univ of Radioelectronics, Lenin Ave, 14, Kharkov, 61166, Ukraine. Tel: +380-57-702-13-26, hahanov@icloud.com, www.ewdtest.com/conf/

The symposium is organized by the Kharkov National University of Radio Electronics, Ukraine, and the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia

Conference content will be submitted for inclusion into IEEE Xplore as well as other Abstracting and Indexing (A&I) databases. IEEE reserves the right to exclude a paper from distribution after the conference, including IEEE Xplore® Digital Library, if the paper is not presented by the author at the conference.



General Chairs

V. Hahanov – Ukraine
Y. Zorian – USA

General Vice-Chairs

G. Stojanovic - Serbia
R. Ubar – Estonia
P. Prinetto – Italy

Program Chair

Z. Stamenkovic, Germany
S. Shoukourian – Armenia
A. Ivanov – Canada

Program Vice-Chairs

Z. Navabi – Iran
M. Renovell – France

Finance Chairs

Lj. Geric – Serbia
E. Litvinova – Ukraine

Publicity Chairs

S. Mosin – Russia
G. Markosyan – Armenia

Public Relation Chair

V. Djigan – Russia

Program Committee

J. Abraham – USA
M. Adamski – Poland
A. S. Mohamed – Egypt
A. Barkalov – Poland
R. Bazylevych – Ukraine
A. Chaterjee – USA
A. Drozd – Ukraine
D. Efanov – Russia
E. Evdokimov – Ukraine
E. Gramatova – Slovakia
G. Harutyunyan - Armenia
M. Karavay – Russia
V. Kharchenko – Ukraine
M. Khalvashi – Georgia
K. Kuchukjan – Armenia
V. Kureichik – Russia
W. Kuzmicz – Poland
A. Matrosova – Russia
V. Melikyan – Armenia
S. Mosin – Russia
O. Novak – Czech Republic
A. Orailoglu - USA
Z. Peng – Sweden
A. Petrenko – Ukraine
N. Prokopenko – Russia
D. Puzankov - Russia
J. Raik – Estonia
A. Romankevich – Ukraine
R. Seinauskas – Lithuania
S. Sharshunov – Russia
A. Singh – USA
J. Skobtsov – Ukraine
V. Tverdokhlebov – Russia
V. Vardanian – Armenia
V. Yarmolik – Byelorussia
Lj. Zivanov – Serbia
R. Struharik – Serbia
L. Nagy – Serbia
V. Rajs – Serbia
P. Petkovic – Serbia
D. Tosic – Serbia
S. Randjic – Serbia

Steering Committee

V. Hahanov – Ukraine
R. Ubar – Estonia
Y. Zorian – USA

Organizing Committee

M. Damnjanovic – Serbia
S. Chumachenko – Ukraine
E. Litvinova – Ukraine
A. Mishchenko – Ukraine



International Editorial Board:

Y. Zorian – USA
M. Karavay – Russia
R. Ubar – Estonia
S. Shoukourian – Armenia
D. Speranskiy – Russia
M. Renovell – France
R. Seinauskas – Lithuania
Z. Navabi – Iran
J. Abraham – USA
A. Ivanov – Canada
V. Kharchenko – Ukraine
O. Novak - Czech Republic
Z. Peng - Sweden
B. Bennetts - UK
P. Prinetto - Italy
V. Tarassenko - Ukraine
V. Yarmolik - Byelorussia
W. Kusmicz - Poland
E. Gramatova - Slovakia
H-J. Wunderlich – Germany
S. Demidenko – New Zealand
F. Vargas – Brazil
J-L. Huertas Diaz – Spain
M. Hristov – Bulgaria
W. Grabinsky – Switzerland
A. Barkalov – Poland, Ukraine

Local Editorial Board:

Bykh A. – Ukraine
Volotshuk Yu. – Ukraine
Gorbenko I. – Ukraine
Gordienko Yu. – Ukraine
Zaiats V. – Ukraine
Krivoulya G. – Ukraine
Litvinova E. – Ukraine
Lobur M. – Ukraine
Nerukh A. – Ukraine
Rutkas A.G. – Ukraine
Svir I. – Ukraine
Semenets V. – Ukraine
Slipchenko N. – Ukraine
Tarasenko V. – Ukraine
Terzijan V. – Ukraine
Chumachenko S. – Ukraine
Titarenko L. – Ukraine
Hahanov V. – Ukraine
Yakovenko V. – Ukraine
Yakovlev S. – Ukraine

Address of journal edition: Ukraine, 61166, Kharkiv, Lenin avenu, 14, KNURE, Design Automation Department, room 321, ph. (0572) 70-21-326, d-r Hahanov V.I.

E-mail: hahanov@icloud.com,

<http://www.ewdtest.com/ri/>