

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет

Інститут комп'ютерних інформаційних технологій

**ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ**

Збірник наукових праць

Випуск 4 (48)

Київ 2014

УДК 007(082)

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ:

Збірник наукових праць: Випуск 4 (48). – К.: НАУ, 2014. – 120 с.

Збірник присвячено актуальним проблемам побудови високопродуктивних обчислювальних систем та мереж, рішення задач оптимізації управління технічними системами, моделювання процесів обробки інформації, оперативного планування технічного обслуговування авіаційних систем.

Розрахований на наукових працівників та фахівців, які займаються питаннями створення, дослідження та використання комп'ютеризованих, організаційно-технічних, технічних інформаційних систем.

Редакційна колегія:

Жуков І.А., *д-р техн. наук, проф., заслужений винахідник України (головний редактор)*

Віноградов М.А., *д-р техн. наук, проф. (заступник головного редактора)*

Журавель Н.В. (*відповідальний секретар*)

Азаров О.Д., *д-р техн. наук, проф., заслужений працівник освіти України*

Денисюк В.П., *д-р фіз.-мат. наук, проф.*

Євдокімов В.Ф., *д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН України, заслужений діяч науки і техніки України*

Зіатдінов Ю.К., *д-р техн. наук, проф., заслужений працівник освіти України*

Корченко О.Г., *д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки*

Куц Ю.М., *д-р техн. наук, проф.*

Литвиненко О.Є., *д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України в галузі науки та техніки*

Мінаєв Ю.М., *д-р техн. наук, проф.*

Палагін О.В., *д-р техн. наук, проф., академік НАН України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки*

Пономаренко Л.А., *д-р техн. наук, проф., заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки та техніки*

Стасюк О.І., *д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України в галузі науки та техніки*

Тарасенко В.П., *д-р техн. наук, проф., заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України*

Харченко В.С., *д-р техн. наук, проф., заслужений винахідник України*

Юдін О.К., *д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки*

Збірник наукових праць «Проблеми інформатизації та управління» є науковим фаховим виданням України, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора та кандидата технічних наук (постанова ВАК України № 1-05/07 від 09.06.1999 р.), (повторна реєстрація, постанова ВАК України № 1-05/4 від 14.10.2009 р.)

Рекомендовано до друку Вченою радою Національного авіаційного університету (протокол № 11 від 17.12.2014 р.)

Зареєстрований державним комітетом телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво про реєстрацію № 8280 від 29.12.2003 р. Редакція не обов'язково поділяє думку автора. Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен та іншої інформації несуть автори публікацій.

Реферати та індексація: Google Scholar; Російський індекс наукового цитування (РІНЦ); Національна бібліотека України імені Вернадського; Науково-технічна бібліотека Національного авіаційного університету.

<http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PIU/>

Адреса редакції: 03680, м. Київ, пр-т Космонавта Комарова, 1, корпус 5, кім. 116, тел. (38-044) 406-76-78.
E-mail: sbornik.piu@gmail.com

ЗМІСТ

Азаров О. Д., Крупельницький Л. В., Теплицький М. Ю. Двотактні підсилювачі струму для цифрового аналізатора параметрів звукових трактів.....	5
Башкиров О.М., Кадет Н.П., Шишацький А.В. Моделювання функціонування систем мобільного радіозв'язку спеціального призначення в міських умовах	14
Білак Н.В., Польова А.М., Юзич Н.А. Синтез оптимальної структури спостерігача вихідного стану багатовимірної об'єкта з довільною динамікою при випадкових впливах.....	21
Гладун А.Я., Андрюшевич А. А., Курбацкий А.Н. Онтологическое представление информационных объектов, моделей и сервисов в <i>WEB OF THINGS</i>	28
Глазок О.М. Математична модель розв'язання гідродинамічної задачі у розподіленому обчислювальному середовищі.....	42
Guchenko I. Usability management at the context of software architecture	48
Искренко Ю.Ю. Проблемы коррекции и реконфигурации трактов передачи мультимедийного трафика в беспроводных сетях	55
Ковалев А.И., Зенкин А.С. Показатели качества деятельности предприятий	60
Коган А.В., Гетьманенко А.В. Формирование множества непересекающихся путей в беспроводных компьютерных сетях.....	68

Мельник О.С., Козаревич В.О., Ходимчук Д.С. Комп'ютерне моделювання послідовних нанопристроїв.....	74
Печурин Н.К., Кондратова Л.П., Печурин С.Н. Моделирование безопасного внутриуровневого взаимодействия в беспроводной компьютерной сети средствами теории формальных грамматик и языков	82
Рябокінь Ю.М. Доменна інженерія при створенні програмного забезпечення пультів інструктора авіаційних тренажерів	88
Сінько Ю. І. Концептуальний підхід та принципи проектування комп'ютерних систем навчального призначення	97
Ткалич О.П., Одарченко Р.С., Витковский Я.И. Интеграция сервисов местоположения мобильных абонентов с системами видеонаблюдения.....	103
<i>Анотації</i>	109
<i>Правила оформлення і представлення публікацій</i>	117

УДК 681.3:621.375

Азаров О. Д., д.т.н., проф.;
Крупельницький Л. В., к.т.н., доц.;
Теплицький М. Ю.

ДВОТАКТНІ ПІДСИЛЮВАЧІ СТРУМУ ДЛЯ ЦИФРОВОГО АНАЛІЗАТОРА ПАРАМЕТРІВ ЗВУКОВИХ ТРАКТІВ

Вінницький національний технічний університет

michaeltepl@gmail.com

У статті розглядаються можливості покращення характеристик аналізатора параметрів звукових трактів за рахунок використання двотактних підсилювачів постійного струму із вибірковою зворотним зв'язком. Запропоновано структурно-функціональні схеми швидкодіючих підсилювачів з низькими нелінійними спотвореннями і високим співвідношенням сигнал/шум, що дозволяє розширити діапазони власних і вимірюваних параметрів АПЗТ

Ключові слова: двотактний підсилювач постійного струму, вибірково зворотний зв'язок, нелінійні спотворення, співвідношення сигнал/шум, аналізатор параметрів звукових трактів

Вступ

Звук – пружні хвилі, які розповсюджуються в різноманітних середовищах (твердих, рідких, газоподібних) і здійснюють в них механічні коливання. В комп'ютерних системах звуковий сигнал представлено в цифровому вигляді, а в природі – в аналоговій формі. Отже, для опрацювання його потрібно перетворити, а це незмінно призведе до втрат в якості сигналу, бо будь-яке перетворення не проходить безслідно. «Цифровий звук» має дві важливі переваги: його легше редагувати і зберігається він набагато краще завдяки високій завадостійкості. Звук в електроніці представлений у вигляді тих же електричних коливань у певному діапазоні частот (16 Гц – 20 кГц).

Використання пристроїв цифрової обчислювальної техніки для аналізу параметрів звукових аналогових низькочастотних трактів засноване на застосуванні аналого-цифрових та цифро-аналогових перетворювачів (АЦП і ЦАП). Сучасні АЦП і ЦАП дозволяють перетворювати звукові сигнали з частотою дискретизації 32-96 кГц з роздільною здатністю, еквівалентною 16-24 двійковим розрядам [1, 5]. При розробці відповідного програмного забезпечення виявляється можливим формувати і відтворювати через ЦАП гар-

монічні, полігармонічні та інші вимірювальні сигнали. Прийняті від АЦП коди можуть бути опрацьовані методами спектрального [2-4] та часового аналізу, після чого будуть визначені параметри сигналів і розраховані параметри тракту проходження сигналу, який подається з виходу ЦАП на вхід АЦП.

Актуальність

Найдоступнішими на теперішній час пристроями введення-виведення звукових сигналів у комп'ютері є карти типу *Sound Blaster* [5]. Проте більшість з цих пристроїв поки не має характеристик, необхідних для побудови якісних вимірювальних систем. Недосконалими є параметри входів-виходів, власні шуми, нелінійні спотворення, нерівномірність АЧХ та інше. Рекламовані ж характеристики, як правило, є або потенційними, але не реалізованими у вбудованих мікросхемах спеціалізованих кодеків АЦП-ЦАП, або відносяться тільки до режиму відтворення *MIDI*-файлів [1]. Крім того, лише нещодавно з'явилися карти з можливістю одночасного введення і виведення сигналів (повний дуплекс) і з процесором цифрового опрацювання сигналів. Ці функції орієнтовані, в основному, на застосування в телеконференціях по мережі Інтернет і для реалізації набору стандартних алго-

ритмів обробки сигналів (фільтрація, ущільнення та ін.). У завданнях виміру, як правило, потрібне застосування складніших алгоритмів введення-виведення та аналізу сигналів.

Іншою альтернативою є промислові спеціалізовані комп'ютерні модулі – так звані пристрої зв'язку з об'єктом (ПЗО), частина яких може виконувати точні вимірювання і попереднє опрацювання сигналу за алгоритмом користувача. Такі пристрої значно більше пристосовані для задач вимірювання, оскільки містять автономні перетворювачі напруг живлення, диференціально і гальванічно розв'язані входи-виходи, мають гнучкі можливості програмування на вбудованому процесорі. Недоліком відомих пристроїв є їх надлишкова універсальність і орієнтованість на автоматизацію виробничих процесів. З цієї причини ПЗО, як правило, є багатоканальними, орієнтованими на вимірювання постійних напруг і струмів, а більш швидкодіючі не містять фільтрів від накладення спектрів і необхідних схем комутації входів-виходів, або у них не нормуються специфічні для звукових трактів параметри.

З урахуванням наведених вимог у ВНТУ було розроблено аналізатор параметрів звукових трактів (АПЗТ), який застосовується для вимірювання якості звукових каналів і трактів. До складу АПЗТ входить ЦАП, від якого значно залежать параметри і якість роботи приладу в цілому. У свою чергу ЦАП містить підсилювач постійного струму, характеристики якого багато в чому визначають точність вимірювання звукового тракту.

Поліпшення статичних та динамічних характеристик ППС [3, 4] дозволять спростити структуру АПЗТ та покращити його параметри, тому тема статті є актуальною.

Мета

Покращення статичних і динамічних параметрів АПЗТ шляхом застосування досконалішої елементної бази, зокрема, двотактних ширококузових підсилювачів

постійного струму з вибірковою зворотним зв'язком, які мають низькі нелінійні спотворення та покращені частотні характеристики.

Задачі досліджень

1. Аналіз структурно-функціональної організації АПЗТ, а також потенційних можливостей покращення їх статичних і динамічних характеристик за рахунок застосування в них ширококузових високолінійних двотактних підсилювачів постійного струму (ДППС).

2. Аналіз статичних і динамічних характеристик ДППС із вибірковою зворотним зв'язком.

3. Рекомендації щодо структурно-функціональної організації ширококузових ДППС із мінімальними нелінійними спотвореннями.

Результати досліджень

АПЗТ призначені для вимірювання електричних характеристик студійних трактів систем радіо і телебачення, дротяних, радіорелейних і супутникових каналів передачі звукового мовлення, а також для вимірювання параметрів інших низькочастотних систем і пристроїв (магнітофонів, пультів, міні-дисківих і CD-програвачів). Прилади реалізують всі методи вимірювань, передбачені ГОСТ - 11515, їх використання дозволяє замінити велику кількість вимірювальних пристроїв (аналізатор спектру, вольтметр, низькочастотний генератор та ін.). Вони є незамінними для коректного вимірювання параметрів систем, що використовують ущільнення звуку [5].

З урахуванням проведеного аналізу у ВНТУ розроблено аналізатор параметрів звукових трактів (АПЗТ), структурну схему якого наведено на рис.1, пристосований для вимірювання якості звукових каналів і трактів.

У вхідній частині вона містить два стереоканала *A* і *B*. На диференціальному вході кожного каналу є керовані опори для сполучення з різними трактами студійної та побутової апаратури.

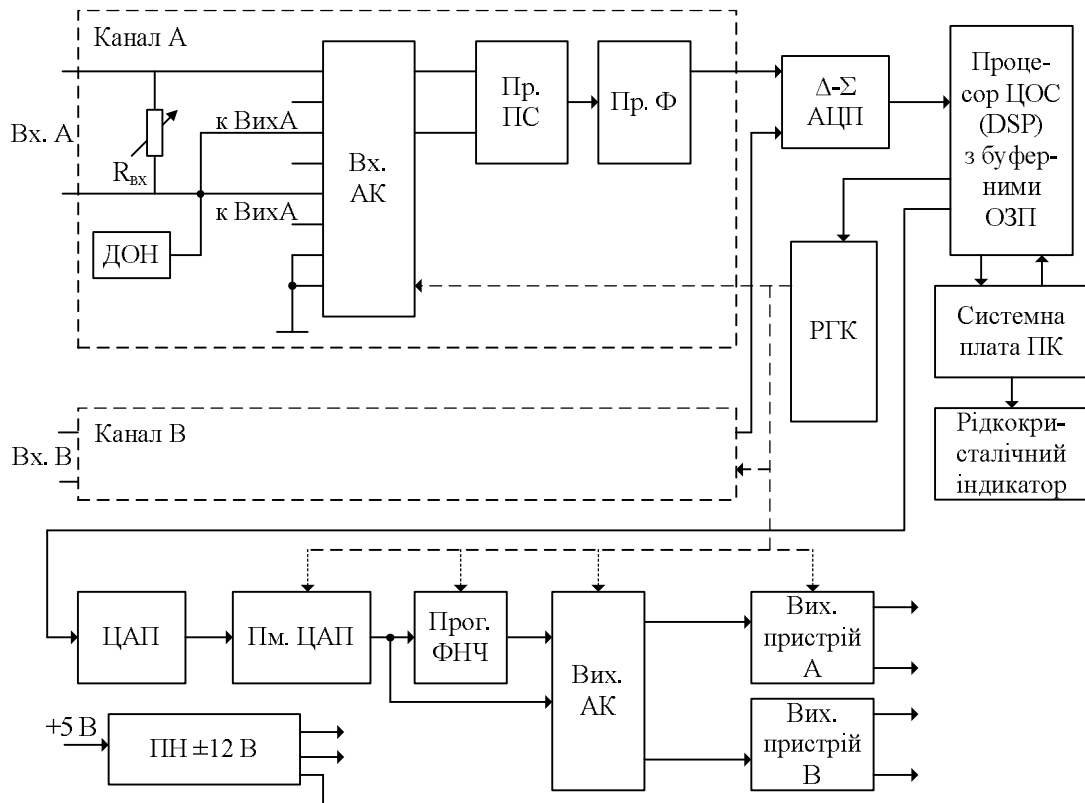


Рис. 1. Структурно-функціональна схема АПЗТ

У вхідній частині вона містить два стереоканала *A* і *B*. На диференціальному вході кожного каналу є керовані опори для сполучення з різними трактами студійної та побутової апаратури. Можуть бути запрограмовані такі значення вхідних опорів 100 кОм, 600 Ом, 200 Ом, 150 Ом. Вхідний аналоговий комутатор (Вх. АК) крім вхідного сигналу дозволяє комутувати також вихідний сигнал ЦАП, джерело опорної напруги (ДОН) і шину "нуля", що необхідно для самокалібрування коефіцієнтів передачі та самокоригування АЧХ і ФЧХ вимірювального каналу. Програмований підсилювач (Пр. ПС) перетворює диференційний вхідний сигнал в недиференціальний і програмно встановлює вхідні діапазони напруг рівнями від мінус 30 дБ до +18 дБ з кроком 6 дБ (0 дБ відповідає 0,775 В середньоквадратичного значення). Програмований фільтр (Пр. Ф) формує смугу робочих частот 20 Гц - 20 кГц, а також збільшує можливості АЦП по вимірюванню нелінійних спотворень менше 0,001% (за рахунок переключення в режим придушення

сигналу основної частоти). Дельта-сигма АЦП (Δ - Σ АЦП) перетворює аналоговий сигнали по каналам *A* і *B* із точністю 16 двійкових розрядів і частотою дискретизації 44,1 кГц.

Зовнішній вигляд апаратної частини АПЗТ наведено на рис 2.

Послідовний вихідний код АЦП надходить на процесор ЦОС [1, 2], де відповідно до алгоритму вимірів відбувається його попереднє опрацювання, накопичення в буферному ОЗП і передача на системну плату персонального комп'ютера по шині ISA. Процесор ЦОС також дозволяє безперервно видавати в цифровому вигляді вимірювальний сигнал на ЦАП із 4-х або 8-кратної передискретизацією. Управління аналогової частиною здійснюється кодами, що посиляються через процесор ЦОС у регістр керування (РГК).



Рис. 2. Аналізатор параметрів звукових трактів

Послідовний вихідний код АЦП надходить на процесор ЦОС [1, 2], де відповідно до алгоритмом вимірів відбувається його попереднє опрацювання, накопичення в буферному ОЗП і передача на системну плату персонального комп'ютера по шині ISA. Процесор ЦОС також дозволяє безперервно видавати в цифровому вигляді вимірювальний сигнал на ЦАП із 4-х або 8-кратної передискретизацією. Управління аналогової частиною здійснюється кодами, що посилаються через процесор ЦОС у регістр керування (РГК).

Вихідна частина пристрою містить 18-розрядний основний сигнальний ЦАП і помножуючий ЦАП (Пм. ЦАП). Послідовне включення ЦАП дозволяє плавно, з кроком 0,1 дБ регулювати рівень вихідно-

го сигналу в діапазоні від мінус 74 до +12 дБ. Програмований ФНЧ при смузі пропускання 20 кГц дозволяє обмежити спектр шумів, а при смузі пропускання 1 кГц – забезпечити наднизький рівень нелінійних спотворень ЦАП. Вихідний аналоговий комутатор (Вих. АК) передає на вихід сигнал ЦАП безпосередньо, або після фільтрації, а також дозволяє незалежно управляти включенням вихідних каналів А і В. Вихідні пристрої А і В містять в своєму складі формувачі диференціального сигналу і буферні підсилювачі для роботи на низькоємне навантаження. Є також можливість змінювати власне вихідний опір 0 Ом / 600 Ом і вимірювати опір навантаження [3, 4].

Структура ЦАП, що входить до складу АПЗТ наведена на рис. 3.

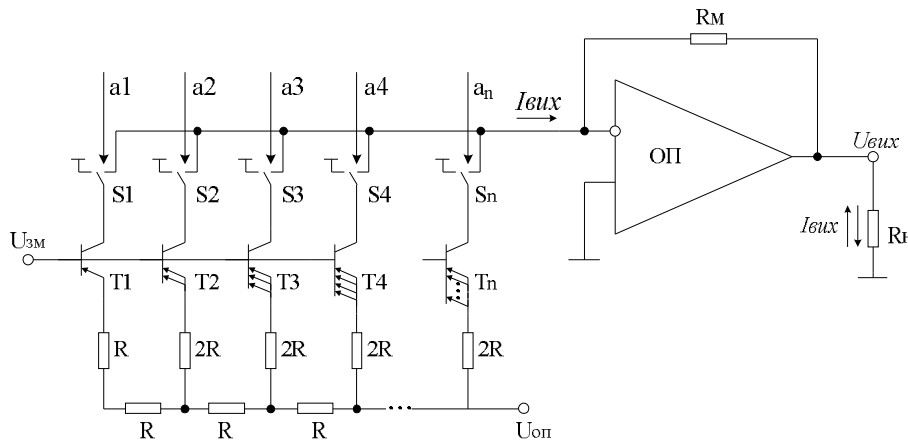


Рис. 3. Структурно-функціональна схема струмового ЦАП

Для покращення власних характеристик АПЗТ, а також розширення діапазону вимірюваних параметрів, його компоненти повинні мати характеристики на порядок-два кращі, ніж уся система в цілому. Саме тому авторами було запропо-

новано використовувати у приладі широкосмугові високолінійні ДППС з двонаправленими (ДВС) та спеціалізованими (ДСпВС) відбивачами струму [7], схеми яких зображено на рис. 4.

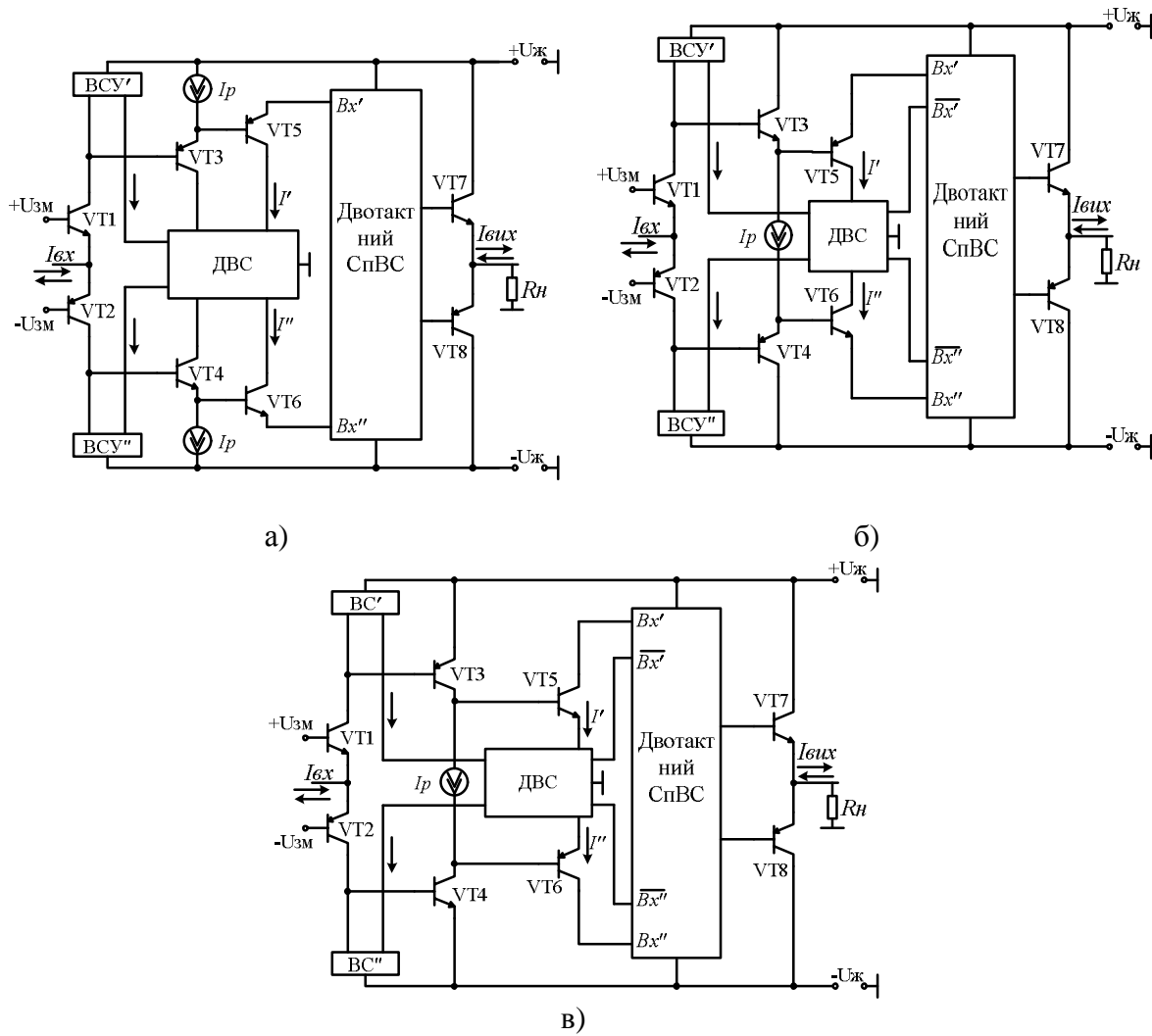


Рис. 4. Схемотехнічна організація ДПАС із ДСПВС та вихідним каскадом:
 а) ДПАС із двоступеневими проміжними каскадами на базі складених транзисторів Дарлінгтона (схема 1);
 б) ДПАС із двоступеневими проміжними каскадами на базі складених транзисторів Шиклаї I типу (схема 2);
 в) ДПАС із двоступеневими проміжними каскадами на базі складених транзисторів Шиклаї II типу (схема 3).

АЧХ та ФЧХ підсилювачів наведені на рис. 5. Як можна побачити із наведених графіків усі схеми мають частоту одиничного підсилення більше 300 МГц при коефіцієнтах передачі 113 дБ для схеми 1, 108 дБ для схеми 2 та 120 дБ для схеми 3, що перевершує характеристики популярних моделей операційних підсилювачів фірми *Analog Devices* (*AD8010, AD8011, AD8014*), та дозволяє розширити смугу вимірюваних частот до 44 кГц. Дещо нижчий коефіцієнт підсилення та час-

тота підсилювача за схемою 2 компенсуються меншим струмом зміщення нуля, а також нижчою залежністю від зміни напруги живлення [2].

Варто зазначити, що у запропонованих схемах за рахунок використання ДВС автоматично задаються робочі точки проміжних каскадів та вирівнюються коефіцієнти передачі по каналах підсилення незважаючи на використання транзисторів різного типу провідності [7].

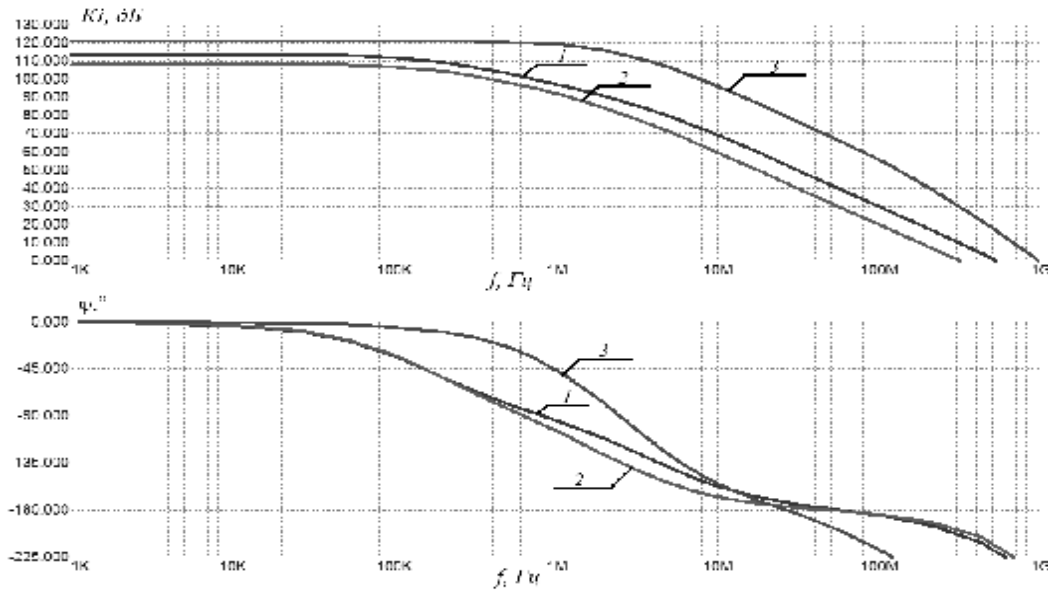


Рис. 5. АЧХ та ФЧХ запропонованих схем підсилювачів

Оскільки коефіцієнт нелінійних спотворень (КНС) ЦАП, що використовується в АПЗТ, повинен бути меншим 0,05%, то відповідно КНС підсилювача повинен бути ще на порядок меншим.

Усереднені кількісні оцінки коефіцієнту нелінійних спотворень розглянутих схем наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. ТНД для запропонованих ДППС

$f_{вх}, \text{кГц}$					
$I_{вх}, \text{мкА}$	1	10	100	1000	10000
100	0.00002	0.00003	0.000084	0.0001	0.002
200	0,000065	0,000065	0.00017	0.00011	0.0024
500	0.00013	0.00015	0.00018	0.00064	0.008
1000	0.00031	0.00037	0.000462	0.0025	0.045

Як видно з таблиці 1 коефіцієнт нелінійних спотворень у діапазоні звукового сигналу знаходиться на рівні десятитисячних відсотка, проте він зростає зі збільшенням як частоти, так і амплітуди вхідного сигналу. Варто також відзначити, що нелінійні спотворення значно зменшуються із введенням до схеми підсилювача двотактного спеціалізованого відбивача струму (ДСпВС), найпростішу реалізацію якого наведено на рис. 6.

У випадку $I_p = 1 \text{ мА}$ (при застосуванні транзисторів IntersilHFA3036) після

проведення відповідних розрахунків та комп'ютерного моделювання маємо $\Gamma_{вих} \approx 10,5 \text{ МОМ}$ [8-9].

Важливою характеристикою ДППС є також смуга повної неспотвореної потужності, яка визначається як максимальна частота вхідного сигналу $f_{вх} (\text{кГц})$, при якій амплітуда сигналу на виході схеми в рамках заданої напруги живлення є максимальною, а сам сигнал неспотвореним.

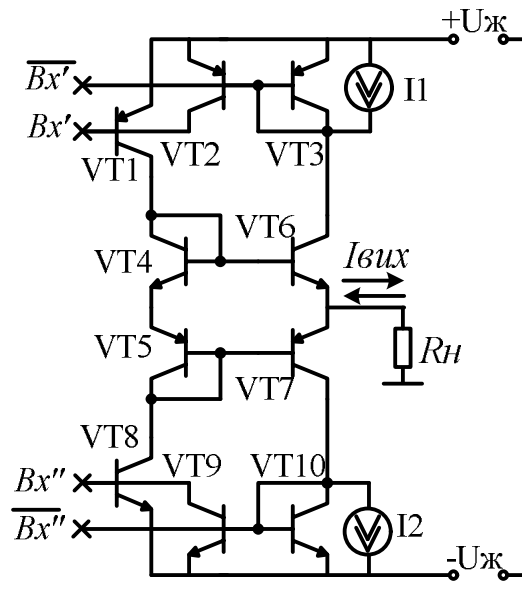


Рис. 6. Чотири-входовий двотактний спеціалізований відбивач струму

Для вимірювання смуги повної неспотвореної потужності ДППС при замкненій петлі зворотного зв'язку на вхід подають синусоїдальний сигнал з амплітудою, що дорівнює максимальному ви-

хідному струму, поступово збільшуючи частоту сигналу доти, поки сигнал на виході схеми не почне спотворюватися (див. рис. 7).

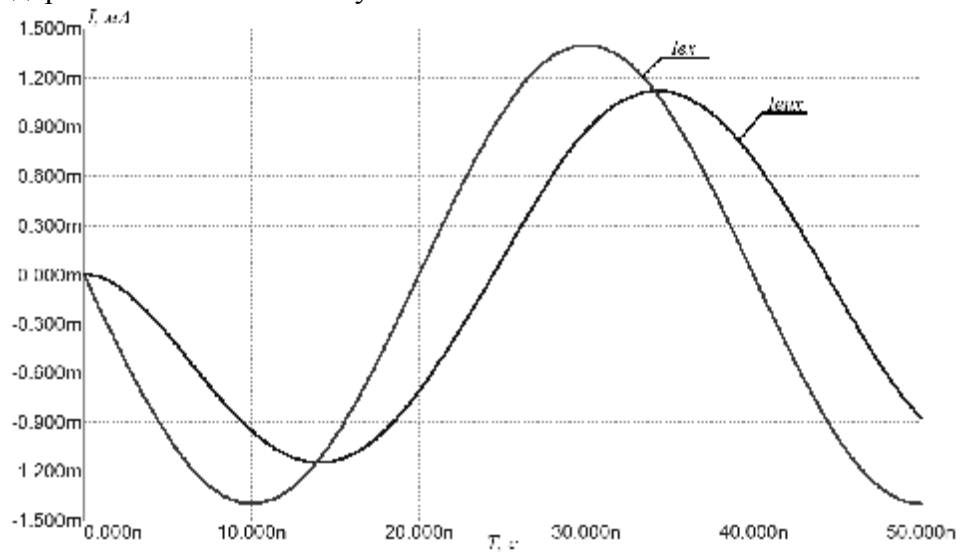


Рис. 7. Графічна інтерпретація спотворення синусоїдального сигналу високої частоти для схеми 1 (25 МГц)

Результати моделювання смуги повної неспотвореної потужності для напруги живлення $U_{ж} = \pm 15$ В наведено у таблиці 2. Також для порівняння наведені

результати деяких підсилювачів, що випускаються серійно фірмою *Analog Devices*.

Таблиця. 2. Смуга повної неспотвореної потужності

$I_{вх}, \text{мА}$	Схема 1	Схема 2	Схема3	AD8010	AD8011	AD8014
1,4	19 МГц	21 МГц	18 МГц	13 МГц	15 МГц	18 МГц

Як можна побачити з таблиці 2 смуга повної неспотвореної потужності запропонованих схем є ширшою, ніж у розглянутих закордонних аналогів. Відмітною особливістю запропонованих схем є можливість забезпечення високої швидкості

наростання вихідного сигналу, а також симетричності фронтів при подачі на вхід схеми прямокутного імпульсу (рис. 8). Усереднені результати швидкості наростання вихідного сигналу U (В/мкс) наведені у таблиці 3.

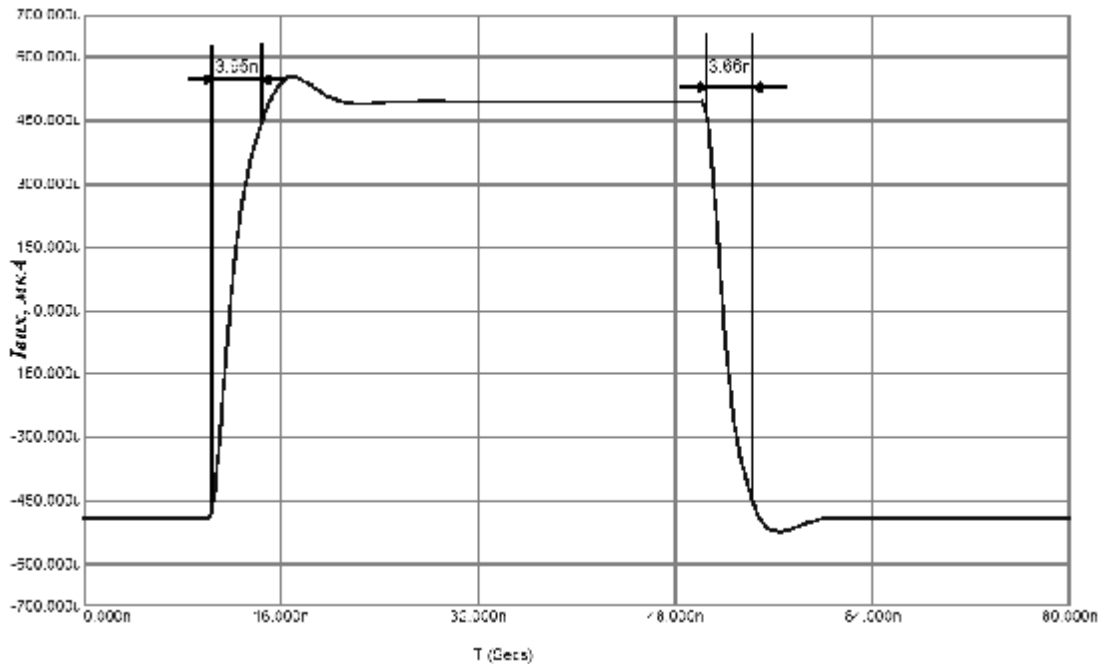


Рис. 8. Реакція підсилювача (схема 2) на вхідний прямокутний імпульс

Табл. 3. Швидкісні характеристики ДППС

$I_{ex}, \text{мкА}$	$I_p, \text{мкА}$	Швидкість наростання, В/мкс	Тривалість переднього фронту, нс	Тривалість заднього фронту, нс
500	500	1500	6,1	5,9
	1000	2093	4,42	4,21
	2000	2180	4,08	4,15

Також важливими параметрами ДППС є температурний дрейф та відношення сигнал-шум. Температурний дрейф відображає чутливість струму зміщення підсилювача до зміни температури навколишнього середовища [1, 6].

За результатами комп'ютерного моделювання в середовищі Мігросар 9.0 температурний дрейф розглянутих ДППС склав 30-40 нА/°С, а відношення сигнал/шум – 90-100 дБ.

Як бачимо із наведених даних запропонований підхід щодо побудови ДППС дозволяє зменшити нелінійні спо-

творення у діапазоні вихідного сигналу одночасно із збереженням високих динамічних характеристик. Водночас це дає змогу покращити параметри самого АПЗТ, наприклад, розширити діапазон робочих та вимірюваних частот з 20 кГц до 40 кГц, а також збільшити рівень вимірюваних значень коефіцієнта гармонік з 0,05% до 0,001%.

Таким чином, запропоновані схеми підсилювачів можуть використовуватись в ЦАП, що входять до складу АПЗТ, а також для підсилення вхідного та вихідного сигналів пристрою.

Висновки

Проаналізовано структуру аналізатора параметрів звукових трактів та показано, що застосування ДППС із вибірко-вим зворотним зв'язком дозволяє покращити статичні і динамічні характеристики АПЗТ в цілому.

Запропоновано швидкодіючі ДППС з низькими нелінійними спотвореннями в діапазоні звукового сигналу на рівні 0,0001% та широкою смугою повної неспотвореної потужності (20 МГц).

Надано рекомендації щодо побудови ДППС з покращеними статичними і динамічними характеристиками, які дозволяють будувати прецизійні швидкодіючі аналого-цифрові системи, зокрема АПЗТ із вдосконаленими параметрами.

Список літератури

1. Уолт Кестер. Аналого-цифровое преобразование / Кестер Уолт. – М. : «Техносфера», 2007. – 1016 с. – ISBN 978-594-836-146-8.

2. Walter G. Jong, Op Amp applications handbook / Walter G. Jong – Analog Devices series, 2004, – 895 p.

3. Азаров О. Д. Основи теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення : монографія. – УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 232 с.

4. Азаров О. Д. Основи теорії високолінійних аналогових пристроїв на базі двотактних підсилювальних схем : монографія / О.Д. Азаров, С.В. Богомолів. – УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2013. – 142 с.

5. Аналізатори параметрів звукових трактів АПЗТ-02 і АПЗТ-А3. [Електронний ресурс] / ВНТУ НТЦ «Аналого-цифрові системи» // Офіційний сайт. – Режим доступу : <http://ot.vntu.edu.ua/images/documents/katalogazs-ukr.pdf>.

6. Титце У. Полупроводниковая схемотехника / У. Титце, К. Шенк. – М. : ДМК Пресс, 2008. – Т2. – 942 с. – ISBN: 5-94074-148-7.

7. Азаров О. Д. Двотактні підсилювачі постійного струму на базі двонаправлених відбивачів струму /О.Д. Азаров,

М.Ю. Теплицький, В. А. Гарнага // Проблеми інформатизації та управління. – Київ, 2011. – № 2 (34). – С. 15-22.

8. Азаров О. Д. Спеціалізовані відбивачі струму з парафазними входами для двотактних підсилювальних схем / О.Д. Азаров, М.Ю. Теплицький, В. Є. Яцик // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – Вінниця, 2013. – № 1 (26). – С. 45-53.

9. Технічний опис HFA3046/3096/3127/3128 Transistor Array SPICE Models: Application Note [Електронний ресурс] / Intersil // Режим доступу :http://pdf.eicom.ru/datasheets/intersil_pdfs/hfa3046_3096_3127_3128/hfa3046_3096_3127_3128.pdf.

Статтю подано до редакції 24.11.2014

Башкиров О.М. к.т.н., доц.,
Кадет Н.П.,
Шишацький А.В.

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В МІСЬКИХ УМОВАХ

Національний авіаційний університет

kadet-radovka@mail.ru

Розглядаються особливості поширення сигналів систем мобільного зв'язку в умовах висотних будівель щільних міських забудов з метою синтезу універсальної моделі та дослідження ефективності мобільного радіозв'язку різних стандартів.

Ключові слова: мобільний радіозв'язок, радіохвилі, моделювання, моделі функціонування, середовище розповсюдження

Вступ

Розвиток останніх подій на Україні показує необхідність забезпечення стійкого зв'язку під час надзвичайних ситуацій або проведення бойових операцій в містах. З цією метою може використовуватися мобільний радіозв'язок різних стандартів, наприклад, GSM, CDMA, TETRA, WiMAX та інші, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Саме тому в останній час спостерігається підвищення інтересу до моделювання роботи систем

мобільного (стілникового) зв'язку для оптимізації структури системи та вибору найбільш доцільних режимів її роботи. Найбільш важливими складовими елементами в таких системах є базова станція (БС), яка встановлюється вище рівня оточуючих будівель, ретранслятор, а також абонентська станція (АС), що частіше за все розташовується на відносно невеликій висоті (0,5-1,5 м). Це відповідає умовам, коли АС знаходиться в руках людини або розташована в автомобілі (рис. 1).



Рис. 1. Загальна схема мобільного радіозв'язку у місті

Моделі, що відомі, враховують поширення радіосигналів у вільному просторі [1-3], всередині будинків [4], різний тип оточуючого ландшафту [5], умови лісової місцевості [6]. Проте вони не мо-

жуть на практиці застосовуватися для моделювання поширення сигналів систем мобільного зв'язку в умовах щільних міських забудов та висотних будівель внаслідок появи крім основного сигналу БС

додаткових, які показані на рис. 2, що виникають завдяки певним умовам поширення і впливу особливих факторів:

- сигнали 1 – це багатократне відбиття (дифракція) сигналу БС від будівель або так зване багатопроміневе перевипромінювання. Цей процес залежить від віддаленості АС до БС, висоти будинків, що оточують АС, та відстані між ними;

- сигнал 2 – результат рефракції випромінюваного сигналу БС на краях будинків та кромках дахів. Зміна напрямку

поширення сигналу залежить від взаємного розташування антени БС, даху будинку, антени АС з врахуванням висоти будинку та місця розташування мобільної станції між будівлями;

- сигнал 3 – послаблення сигналу при проходженні через залізобетонні конструкції будівель. Ступінь послаблення буде залежати від кількості поверхів на шляху сигналу між БС і АС, яка визначається віддаленістю АС та різницею висот антен БС і АС.

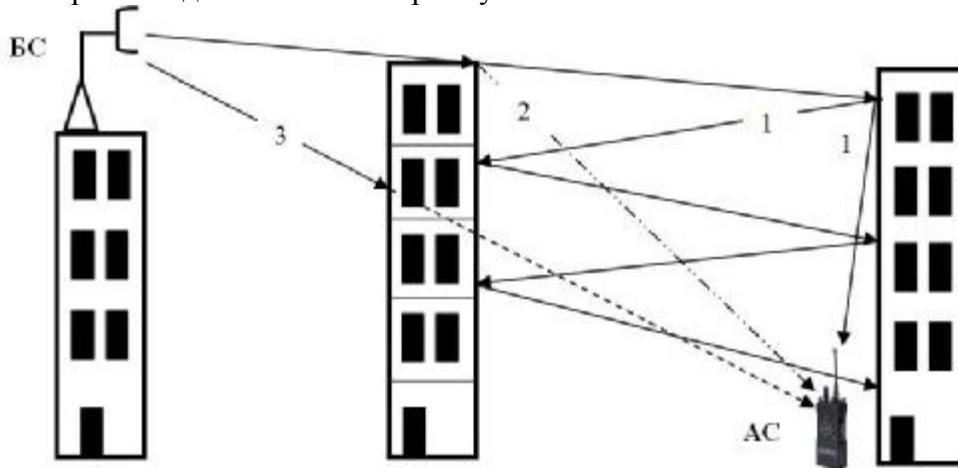


Рис. 2. Схема поширення радіохвиль серед будинків

Найбільш складною проблемою при проектуванні стільникових мереж мобільного радіозв'язку є розрахунок потужності сигналу або її втрат на певній відстані АС від БС. Проблемність математичного моделювання роботи систем мобільного зв'язку в міських умовах пояснюється саме неможливістю прямого аналітичного розрахунку складного сигналу, що отримується АС в різних конкретних умовах функціонування систем мобільного зв'язку та розмаїття їх структур і параметрів.

В таких умовах відомі математичні моделі створюють на основі обробки реальних статистичних даних, що отримані в ході експериментальних досліджень електромагнітного поля. Наприклад, частіше за все використовуються моделі Окамури – Хати, Олсбрука – Парсонса, Кся – Бертоні, Лі [7-12].

Саме тому актуальним стає завдання порівняльного аналізу відомих статисти-

чних моделей поширення хвиль мобільного радіозв'язку та визначення найбільш прийнятної або доцільної для побудови узагальненої моделі функціонування системи мобільного зв'язку спеціального призначення для забезпечення функціонування підрозділів силових відомств в умовах надзвичайних ситуацій або бойових дій.

Мета статті полягає у синтезі узагальненої моделі функціонування систем мобільного радіозв'язку в міських умовах із щільною забудовою та серед висотних будинків. Завданнями публікації є:

- узагальнення результатів моделювання функціонування систем мобільного зв'язку в умовах міських висотних забудов із щільною забудовою;

- пошук доцільних керованих параметрів для визначення шляхів підвищення ефективності роботи подібних систем спеціального використання.

Для побудови моделей визначальними є такі параметри (рис. 3): частота випромінювання сигналу базової станції, МГц; висота h_o установки антени БС відносно поверхні землі (у випадку встановлення базової станції на даху будівлі – висота будинку), м; ефективна висота h_b антени БС відносно поверхні землі з врахуванням власної висоти антени відносно рівня її установки, м; різниця висот Δh_b розташування антени базової станції і середнього рівня дахів оточуючих будівель,

$$L = 69,55 + 26 \lg f - 13,82 \lg h_B + k (44,9 - 6,55 \lg h_B) \lg R - a (h_M),$$

де k – поправочний коефіцієнт, що враховує протяжність траси;

$a (h_M)$ – поправочний коефіцієнт, що залежить від висоти розташування антени мобільної h_M .

м; висота h_M антени мобільної абонентської станції відносно поверхні землі, м; відстань R від БС до АС, км; ширина ω вулиці, м; відстань d між кварталами (будівлями), м; відстань x по горизонталі між АС і будівлею, на кромці даху якої здійснюється рефракція хвилі, м.

У рамках моделі Окамури–Хати втрати потужності L для випадку квазі-плоскої місцевості розраховуються за формулою [7]:

Для великого міста при частоті випромінювання БС $f > 400$ МГц коефіцієнт $a (h_M)$ визначається виразом [9]

$$a (h_M) = 3,2 (\lg 11,75 h_M)^2 - 4,97.$$

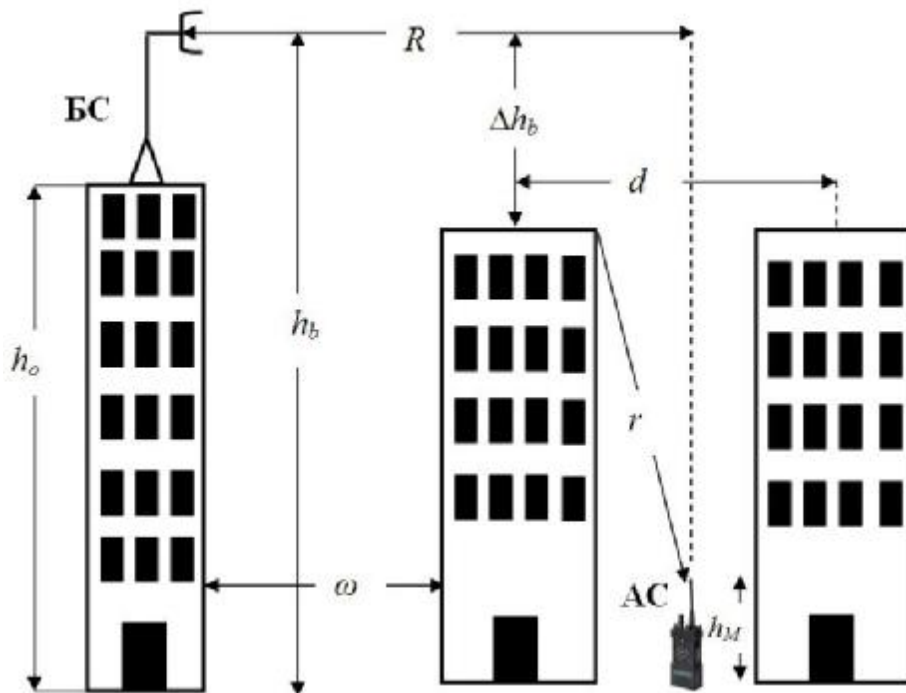


Рис. 3. Схема прийому сигналів системи мобільного зв'язку

Визначимо параметри системи мобільного зв'язку для моделювання її роботи. Початковими вихідними даними для розрахунку втрат потужності вважатиме такі: система мобільного зв'язку відповідає стандарту GSM 900, частоти передачі в залежності від каналу зв'язку знаходяться в діапазоні 862 ÷ 960 МГц, для проведення розрахунків будемо вва-

жати, що частота f випромінювання БС дорівнює 900 МГц.

Припустимо, що антени базових станцій в межах міста розміщені на дахах будівель висотою близько 50 м, а антена абонентської станції для забезпечення стійкого зв'язку в прилеглих районах піднята ще на 10 м вище рівня даху будівель. Отже, для моделювання середню висоту підняття антени h_b будемо вважати рів-

ною 60 м. Абонентські мобільні станції розміщуються частіше за все ззовні будинків на висоті приблизно 1,5 м. Для отримання статистичних даних відстань R від БС до АС змінювалася в межах $50 \text{ м} \div 1,5 \text{ км}$.

Якщо протяжність траси мала (відстань R менше 20 км), то коефіцієнт k можна вважати рівним 1, тоді розрахунок втрат L потужності сигналу в моделі Окамура – Хати при $R = 0,1 \div 1,5 \text{ км}$ дає результат (78,6 ÷ 117,7) дБ.

По отриманих Окамурой графіках Дж. Олсбруком і Дж. Парсонсом розроблена модель, яка дозволяє передбачити втрати передачі L по формулах, приведених в [8],

$L = L_F + (L_F - L_F)^2 + L_D^2)^{1/2} + L_B + \gamma$ дБ,
де L_P – втрати поширення над плоскою землею (при необхідності з врахуванням атмосферної рефракції);

L_F – затухання сигналу при передачі у вільному просторі;

L_D – дифракційні втрати;

L_B – втрати, спричинені наявністю міської забудови;

γ – коректувальний коефіцієнт, що залежить від частоти сигналу БС.

Втрати потужності за рахунок дифракції розраховуються при припущенні відсутності будь-яких забудов, а вплив міської забудови враховується додатковим показником втрат, тому показник дифракційних втрат враховує тільки характер рельєфу місцевості (сферичність землі, наявність нерівностей, пагористості і т.п.). В зв'язку з цим при допущенні про квазіплоску місцевість дифракційні втрати можна вважати рівними 0.

$$L = -10 \lg \left[\frac{\lambda}{4\pi \cdot R} \right]^2 - 10 \lg \left[\frac{\lambda}{2\pi^2 \cdot r} \left(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{2\pi + \theta} \right)^2 \right] - 10 \lg \left[2,35^2 \left(\frac{\Delta h_b}{R} \sqrt{\frac{d}{\lambda}} \right)^{1,8} \right] \text{ дБ,}$$

де r – відстань м від кромки даху будинку, на якому здійснюється дифракція хвилі сигналу;

θ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу хвилі до стін будівлі;

d – середній інтервал між кварталами.

У більшості випадків втрати L_P можуть бути вичислені по формулі, відповідній квадратичній формулі Веденського [8]:

$$L_P = 120 - 20 \lg h_M - 20 \lg h_b + 40 \lg R \text{ дБ.}$$

Затухання сигналу L_F у вільному просторі розраховуються таким чином:

$$L_F = 32,45 + 20 \lg f + 20 \lg R \text{ дБ.}$$

Втрати потужності L_B сигналу в умовах міської забудови враховуються згідно формули

$$L_B = 20 \lg [(h_0 - h_M) / (\omega \lambda)^{1/2}] + 16 \text{ дБ,}$$

де λ – довжина хвилі сигналу, м, яка розраховується згідно формули $\lambda = C / f$, $C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$ – швидкість світла.

Коректувальний коефіцієнт γ залежить від частоти випромінювання сигналу БС і для частот $f \leq 200 \text{ МГц}$ дорівнює 0, а для частот БС $f > 200 \text{ МГц}$ може бути знайдений графічним методом завдяки спеціальному графіку, наведеному у [8].

Більш високу точність розрахунку забезпечує модель Кся – Бертоні [9,11], яка враховує додаткові параметри та дозволяє оцінити середній рівень втрат і в тих випадках, коли антена БС розташована на рівні дахів або нижче рівня дахів. Модель побудована на основі рівнянь хвилевої оптики і розглядає різні механізми поширення радіохвиль в умовах міської забудови: поширення у вільному просторі, рефракцію на кромці даху будівлі та дифракцію від стін сусідніх будівель, а також враховує кут нахилу хвилі відносно стін будівлі. Проте вона не враховує факту надходження послабленого сигналу при проходженні крізь стіни будівель. Згідно цієї моделі втрати потужності L можна оцінити, користуючись такою залежністю:

Нехай різниця висот Δh_b дорівнює

$$\Delta h_b = h_b - h_0 = 10 \text{ м.}$$

Коефіцієнт θ розраховується таким чином:

$$\theta = \text{tg} (x / \Delta h_M),$$

де x – відстань в метрах по горизонталі між АС і кромкою даху, на якому здійснюється дифракція хвилі;

Δh_M – різниця висот середнього рівня дахів оточуючих будинків і антени АС в м, тобто для визначених вище умов вона дорівнює

$$\Delta h_M = h_0 - h_M = 48,5 \text{ м.}$$

Припустимо, що середня відстань x дорівнює $x = \omega / 2$, де ω – середня ширина вулиць.

Відстань r розраховується таким чином:

$$L = -10 \lg \left[\frac{0,33}{4\pi (0,1 + 1,5)} \right]^2 - 10 \lg \left[\frac{0,33}{2\pi^2 49,2} \left(\frac{1}{80,6} - \frac{1}{2\pi + 80,6} \right)^2 \right] - 10 \lg \left[2,35^2 \left(\frac{10}{(0,1 + 1,5)} \sqrt{\frac{40}{0,33}} \right)^{1,2} \right], \text{ дБ}$$

будуть дорівнювати $61,1 \div 96,4$ дБ. Недоліком моделі є жорсткі обмеження на дальність моделювання, спрощенні умови застосування, а також припущення, що знижують адекватність і точність моделі.

Для подібних розрахунків великий практичний інтерес представляє також статистична модель Лі, що складається з двох частин. Перша частина використовується для прогнозування втрат при поширенні радіохвиль над відносно плоскою поверхнею, без урахування особливостей рельєфу. У другій частині за основу береться результат, отриманий в першій, і здійснюється уточнення прогнозу. Якщо існує пряма видимість між приймачем і передавачем, то враховується вплив відбитих радіохвиль. Якщо умова прямої видимості не задовольняється, а уздовж шляху поширення сигналу зустрічаються перешкоди, що знаходяться на відстані r_0 від БС, то додатково моделюється їх вплив на затухання та дифракцію радіохвиль. З урахуванням формули розрахунку потужності [10] розрахунок основної частини втрат при поширенні сигналу може бути проведений за формулою

$$L = -10 \lg \left(\frac{P_{r0}}{P_T} \right) (R/r_0)^{-\gamma} (f/f_0)^{-n} \text{ дБ,}$$

де P_T – потужність сигналу на відстані R від передавача;

$$r = \Delta h_m^2 + x^2.$$

В місті з висотою будівель біля 50 м, шириною вулиць у 15 м та інтервалом d між кварталами (будівлями) у 40 м визначимо такі додаткові вихідні параметри: висота h_M дорівнює 1,5 м; різниця висот Δh_M дорівнює 48,5 м; відстань R від БС до АС змінюється в межах від 0,1 км до 1,5 км; частота f дорівнює 900 МГц. За таких умов втрати L потужності сигналу, що обчислюються за формулою [9]

P_{r0} – потужність сигналу в точці перетину лінії його поширення з перешкодою на відстані r_0 від передавача;

γ – параметр, що враховує міру кривизни поверхні;

f/f_0 – девіація частоти сигналу в результаті дифракції;

n – коефіцієнт ступеню частотної залежності;

α_a – поправочний коефіцієнт, що залежить від висоти установки антен, потужності передавача, коефіцієнтів підсилення передавальної БС і приймальної антени АС.

Модель Лі може бути застосована для аналізу більш загального випадку, коли радіохвилі поширюються в різних умовах. В цьому випадку мають бути відомі коефіцієнти кривизни поверхонь γ і межі областей з відповідними коефіцієнтами кривизни. Модель дозволяє визначити потужність сигналу, що приймається, за формулою

$$P = A - B \lg R - n \lg \left[\left(\frac{f}{f_0} \right) 900 \right] + 10 \lg \alpha_a \text{ дБ,}$$

де параметри A і B , що залежать від характеристик оточуючого середовища, були визначені статистично по вимірах у декількох містах.

Для великих міст ці параметри дорівнюють $A = 55 \div 80$, $B = 30 \div 43$. Множник n приймає такі значення: $n = 2$ для передмість і для діапазону частот $f < 450$ МГц, $n = 3$ для міст і для частоти $f > 450$ МГц. Параметр a обчислюється за формулою:

$$a = \dots$$

де $P_{\text{прд}}$ – потужність передавача БС, Вт;

$G_{\text{прд}}, G_{\text{прм}}$ – коефіцієнти підсилення антен;

коефіцієнт m дорівнює 1 при $h_M < 3$ м або $m = 2$ при $h_M > 10$ м.

Результати аналізу моделей поширення радіохвиль наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Порівняння моделей поширення сигналів

Модель	Рівні сигналу, дБ/м	Відповідність реальному рельєфу	Вплив дифракції	Вплив відбиття	Втрати в атмосфері	Втрати на місцевості	Врахування типу місцевості
Окамури-Хати	-40 / -60	Середня	Ні	Ні	Ні	Ні	Так
Олсбрука-Парсонса		Добра	Так	Так	Так	Ні	Так
Кся - Бертоні		Низка	Так	Так	Ні		
Лі	-40 / -100	Низка	Ні	Ні	Так	Так	Так

На рис. 4 представлені криві залежності втрат L від відстані R для різних моделей поширення сигналу.

Для порівняння моделей між собою визначимо критерій оцінки їх якості. Виберемо за такий якісний критерій максимальний рівень втрат сигналу. Це обґрунтовується тим, що при прогнозах краще мати найгірший варіант оцінок потужнос-

ті отриманого сигналу. Аналіз запропонованих моделей показує, що серед них неможливо визначити найкращу за критерієм найбільших втрат (песимістичної оцінки), кожна з них показує найкращий результат тільки у визначених межах при заданих умовах, для інших умов кращою буде інша модель.

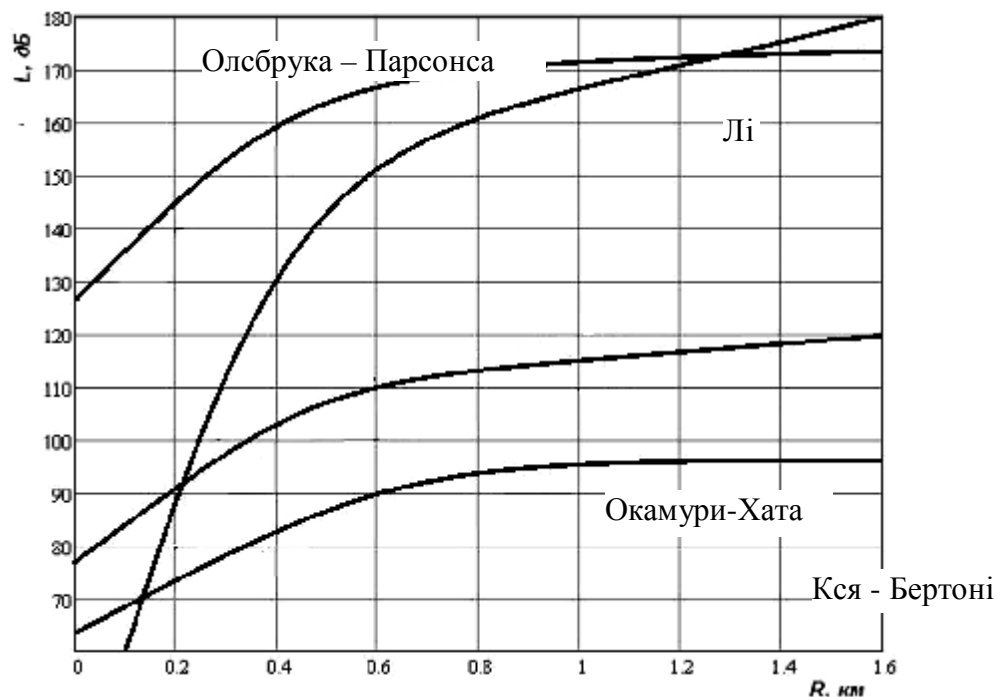


Рис. 4. Залежність втрат потужності для різних моделей поширення сигналу

Висновки

1. Досвід спроб моделювання систем мобільного радіозв'язку демонструє відсутність однієї універсальної моделі, що була б найкращою для різних умов функціонування системи мобільного зв'язку, кожна з відомих моделей є кращою для своїх умов функціонування та найбільш адекватною для певних параметрів системи мобільного зв'язку.

2. Всі моделі демонструють залежність втрат потужності сигналу від загальних параметрів: відстані R від БС до АС, частоти f випромінюваного БС сигналу, висот розташування антен БС і АС.

3. Для систем мобільного зв'язку військового призначення може розглядатися варіант розміщення базових станцій не на стаціонарних об'єктах, а на тимчасових пересувних засобах, наприклад, безпілотних літальних апаратах, в такому випадку керованим параметром стає відстань R .

4. Надані моделі не враховують певних параметрів, що є важливими для функціонування подібних систем, наприклад, такого керованого параметру як потужність випромінюваного сигналу, а також активні параметри зовнішнього середовища – рівень шумів і такий важливий параметр для умов бойових дій, як рівень завад.

Таким чином, постає актуальна наукова задача розробки комплексної комбінованої моделі розповсюдження сигналів систем мобільного зв'язку в умовах міської забудови, що дозволить отримувати припустимі за вірогідністю результати моделювання для різних умов функціонування та різних вихідних даних, а також враховувала певні керовані параметри систем мобільного зв'язку військового призначення.

Список літератури

1. Черенкова Е.Л., Чернышев О.В. Распространение радиоволн. М.: Радио и связь, 1984. 272 с.

2. Милютин Е.Р., Василенко Г.О.,

Сиверс М.А. и др. Методы расчета поля в системах связи дециметрового диапазона. СПб., 2003.

3. Бабков В.Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. СПб., 2000.

4. Бородулин А.В., Минин А.В., Петров А.С. Модель радиоканала мобильной связи / Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, №6 (136), 2009, Ч. 1. С. 172-178.

5. Javornik T., Kandus G., Hrovat A., Ozimek I. Comparison of WiMAX coverage at 450MHz and 3.5GHz, SoftCOM 2006, 14th International Conference on Software, Telecommunications & Computer Networks, Split, Dubrovnik, Hrvatska, sep. 2006. – P. 71–75.

6. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. – М.: Наука, 1983.

7. Communications Magazine. 1994. November. Okumura Y. et al. Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile radio service // Review of the Electr. Commun. Lab. – 1968. – vol. 6. – p. 825-873.

8. Панченко В.Е., Ерохин Г.А., Гайнутдинов Т.А. и др. Сочетание статистических и детерминистских методов расчета радиополя в городских условиях // Электросвязь. 1998. – №4. – С.31-33.

9. Honcharenko W., Bertoni H.L. Transmission and reflection characteristics at concrete block walls in the UHF bands proposed for future PCS. IEEE Trans. Antennas Propagat., 1994, v. 42, pp. 232-239.

10. Гришаева А.Д. Модели распространения радиоволн в системах сотовой связи. Донбас-2020: перспективы развития очима молодых ученых: Матеріали VI науково-практичної конференції, м. Донецьк, 24-26 квітня 2012 р. – Донецьк, ДонНТУ, 2012. – С.565-568.

11. Милютин Е.Р., Василенко Г.О., Сиверс М.А. и др. Методы расчета поля в системах связи дециметрового диапазона. – СПб.: Трида. – 2003. –159 с.

Статтю подано до редакції 20.12.2014

УДК 681.514:62 – 503.56(045)

Білак Н.В., к.т.н., доцент,
Польова А.М.,
Юзич Н.А.

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СПОСТЕРІГАЧА ВИХІДНОГО СТАНУ БАГАТОВИМІРНОГО ОБ'ЄКТА З ДОВІЛЬНОЮ ДИНАМІКОЮ ПРИ ВИПАДКОВИХ ВПЛИВАХ

Національний авіаційний університет

ian@nau.edu.ua

Запропоновано процедуру синтезу оптимальної структури спостерігача вихідного стану багатовимірною об'єкта з довільною динамікою при випадкових збуреннях. Надано варіант розв'язку задачі шляхом розділення об'єкта на дві частини (стійкий та нестійкий канали), для кожного з яких будуються окремо два спостерігачі вихідного стану багатовимірною об'єкта

Ключові слова: система з довільною динамікою, синтез оптимального спостерігача вихідного стану об'єкта

Вступ

Для успішного вирішення задач аналітичного конструювання систем управління складними динамічними об'єктами [1] необхідно знати реальні динамічні характеристики основних заданих частин системи, що проектується, сигналів, збурень і завад у системі. Такі відомості отримують, в основному, за результатами проведення етапів оцінювання станів базових ланок системи чи їх прототипів, та етапів ідентифікації. *Методи оцінювання* у темпі з процесом дозволяють в умовах випадкових похибок, шумів і збурень оцінювати навіть ті координати вектору стану, які безпосередньо не вимірюються. Етапи оцінювання та ідентифікації важливі ще й через те, що вони можуть складати частину алгоритмів управління складними системами, наприклад, адаптивного управління, а також становлять основу процесів атестації якості складних об'єктів в умовах, близьких до реальних стохастичних [2].

В загальному випадку управління оцінювання [2, 3] є задачею відновлення станів системи за інформацією про її входи (управління та збурення) і виходи, визначення поточних значень таких змінних процесу, що не можуть бути безпосередньо обмірювані чи дуже забруднені зава-

дами, причому ці завдання є розв'язуваними у тому випадку, коли між даними вхід-вихід і станами можливо встановити однозначну відповідність. Особливо корисні методи оцінювання процесів, у яких недостатньо вимірювальних засобів, велика вартість окремих вимірів.

До найбільш використовуваних у практиці управління [1-4] відноситься послідовний (рекурентний) метод оцінювання, тобто метод, який дозволяє отримувати оцінки станів у темпі з процесом шляхом перерахунку вже наявних оцінок при надходженні чергової порції вимірювальної інформації, а потім використовувати оновлені оцінки у алгоритмах управління. Методи синтезу оптимального спостерігача системи представлені як у часовій [1, 2] – спостерігач неповного порядку (фільтр Люенбергера), оптимальний стохастичний спостерігач (фільтр Калмана) відновлення вектору стану системи при стохастичних впливах, так і у частотній – спектральні методи [2] синтезу засновані на ідеях методу Вінера-Колмогорова.

Постановка задачі

В роботі об'єктом досліджень є система при випадкових впливах, вихідна

реакція якої вимірюється, відповідна структурна схема наведена на рис. 1.

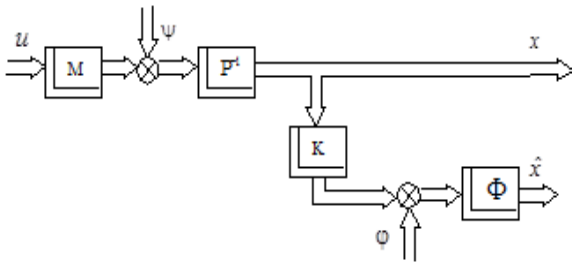


Рис. 1. Структурна схема, що пояснює процедуру спектрального методу оцінювання вихідної реакції

Рух об'єкта управління описується системою звичайних диференціальних рівнянь виразу

$$Px(t) = Mu(t) + y(t) \quad (1)$$

де P і M – відповідно матриці розмірності $n \times n$ та $n \times m$, елементи яких – поліноми оператора $p = d/dt$, причому визначник матриці може мати нулі з позитивною дійсною частиною; x – n -вимірний вектор вихідних реакцій об'єкта; u – m -вимірний вектор управління, який вважається рівним нулю; y – n -вимірний вектор зовнішніх збурень, який являє собою багатовимірний центрований стаціонарний випадковий процес з відомою матрицею спектральних щільностей S_{yy} .

Необхідно реалізувати процедуру оптимального оцінювання, тобто сформулювати найкращу оцінку \hat{x} вектора вихідних реакцій системи.

Для отримання найкращої оцінки вихідних координат системи в реальних умовах її функціонування до складу системи вводять “спостерігачі” (рис. 1), структура яких обирається за умови отримання оптимального результату вимірювань.

Задача синтезу оптимального спостерігача [2] складається у відшуванні структури цього регулятора за умови мінімізації дисперсії помилки оцінювання. Помилка оцінювання стану системи має вид

$$e = \hat{x} - x \quad (3)$$

Так як задача оцінювання стану об'єкта управління вирішується з метою подальшого синтезу регулятора, то вва-

жають, що $u = 0$, а рух об'єкта управління описується рівнянням (1) у вигляді

$$Px(t) = y(t). \quad (4)$$

Реакція об'єкта (рис. 1) вимірюється деякою системою вимірювань, а вимірювання супроводжуються завадами. Результат вимірювань запишемо як

$$y(t) = Kx(t) + j(t), \quad (5)$$

де y – v -вимірний вектор вимірювань; K – матриця, елементи якої – дробово-раціональні функції оператора $p = d/dt$, причому елементи можуть мати полюси з позитивною дійсною частиною; j – завада вимірювань, яка являє собою v -вимірний центрований випадковий процес з відомими матрицями спектральних S_{jj} і взаємних спектральних S_{yj} (S_{jy}) щільностей.

Задачу оптимальної оцінки вектора x сформулюємо таким чином [1, 2]: одержати оцінку $\hat{x}(t)$ вектора $x(t)$, найкращу в значенні мінімуму дисперсії помилки

$$e = \frac{1}{j} \int_{-jw}^{jw} tr(S_{ee}' R) ds, \quad (6)$$

де R – позитивно визначена матриця вагових коефіцієнтів; tr – слід матриці; S_{ee} – матриця спектральних щільностей помилки оцінювання.

Об'єктом дослідження є система з довільною динамікою, що містить стійкі та нестійкі корені об'єкту, тобто структуру об'єкту можна представити у вигляді

$$P^{-1} = P_+^{-1} + P_-^{-1}, \quad (7)$$

де P_+^{-1} , P_-^{-1} – матриці, результати вінерівської сепарації матриці об'єкту P^{-1} , полюси яких належать лівій та правій, відповідно, напівплощинам комплексної змінної.

Виходячи з особливостей досліджуваного, об'єкт управління пропонується сформувати в системі з двома каналами оцінювання вихідної реакції об'єкту (2): канали спостереження за стійкою та нестійкою динамікою об'єкту відповідно.

Для кожного з виділених каналів (стійкого та нестійкого) пропонується синтезувати оптимальний спостерігач на

базі спектральних принципів за процедурою методу Вінера-Колмогорова [2] та дослідити ефективність синтезованих оптимальних структур відновлення вектору вихідних реакцій повного об'єкту при випадкових впливах,

Рішення задачі

Задачу оптимальної оцінки вихідного стану лінійного динамічного об'єкта з довільною динамікою (7) при випадкових впливах за неповними вимірюваннями в частотній області поставимо таким чином [1, 2].

Структура, що пояснює спектральний метод оцінювання [2] стану об'єкта з довільною динамікою приведена на рис. 2.

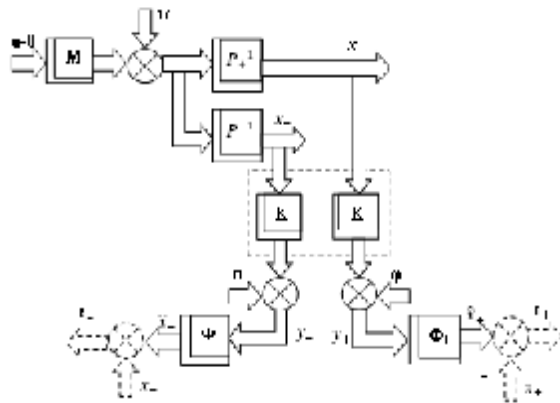


Рис. 2. Структурна схема системи оптимального спостереження стану об'єкту управління з довільною динамікою

Де на рис. 2: M , P_+^{-1} і P_-^{-1} матриці динамічних характеристик об'єкту управління з довільною динамікою розмірів $n \times m$ і $n \times n$ відповідно; x_+ та x_- – вектори вихідних реакцій об'єкта для стійкого та нестійкого каналів відповідно; u – вектор управління; y , φ – вектори зовнішніх збурень та завади вимірювання, кожен з яких являє собою багатовимірний центрований стаціонарний випадковий процес з відомими матрицями спектральних щільностей S_{yy} та $S_{\varphi\varphi}$ відповідно; K – матриця передавальних функцій вимірювача; y_+ та y_- – вектори вимірювань для стійкого та нестійкого каналів відповідно; Φ_+ та Φ_- – оптимальні спостерігачі для стійкого та нестійкого каналів відповідно, структура

та параметри яких обираються в процесі оптимального синтезу.

Будемо вважати, що за допомогою системи оцінок \hat{x}_+ , \hat{x}_- (оптимальних спостерігачів) з матрицею передаточних функцій Φ_+ та Φ_- в кожному з сформованих каналів можна оцінити вектор вихідних реакцій розділеного об'єкта управління \hat{x}_+ , \hat{x}_- по векторам вимірних сигналів y_+ , y_- .

Таким чином, задача синтезу оптимальних структур спостерігачів вихідного стану багатовимірної об'єкта з довільною динамікою при випадкових збуреннях в кожному з каналів, стійкому та нестійкому, розділеного об'єкта (7) буде полягати у відшуканні таких структур та параметрів регуляторів Φ_+ , Φ_- , які забезпечують мінімум часткових функціоналів якості (6) стійкого та нестійкого каналів відповідно, вигляду:

$$e_+ = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{+j\infty} \text{tr}(S'_{e_+e_+} R_+) ds, \quad (8)$$

$$e_- = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{+j\infty} \text{tr}(S'_{e_-e_-} R_-) ds \quad (9)$$

де R_+ та R_- – позитивно визначені матриці вагових коефіцієнтів; $S'_{e_+e_+}$, $S'_{e_-e_-}$ транспоновані матриці спектральних щільностей помилки оцінювання стійкого та нестійкого каналів відповідно.

Процедуру синтезу структури оптимального спостерігача вихідного стану багатовимірної об'єкта при випадкових збуреннях приведеної системі продемонстровано на прикладі нестійкого каналу оцінювання (рис.2), при цьому всі позначення відповідають вище оговореним, але характеризують динаміку нестійкого каналу досліджуваного об'єкту.

За відомою системою рівнянь типу (1), (4) [2], з врахуванням особливостей об'єкту управління (7) отримаємо формулу вихідної реакції об'єкта у нестійкому каналі:

$$x_- = P_-^{-1} \cdot y_-$$

Вектор помилки спостереження у вказаному каналі виглядатиме:

$$e = \hat{x}_- - x_-,$$

де вектор оптимальних оцінок $\hat{x}_- = \Phi_- y_-$.

Тоді помилка спостереження матиме вигляд:

$$\begin{aligned} e_- &= \Phi_- \cdot y_- - x_- = \Phi_- (Kx_- + j) - P_-^{-1} y_- \\ &= \Phi_- (KP_-^{-1} y_- + j) - P_-^{-1} y_- \end{aligned}$$

По теоремі Вінера-Хінчина [1, 2] транспонована матриця спектральних щільностей помилки оцінювання $S'_{e_- e_-}$ дорівнює:

$$\begin{aligned} S'_{e_- e_-} &= \langle e_- e_-^* \rangle = \\ &= \Phi_- (KP_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_* + S'_{jj}) \Phi_-^* - \\ &- \Phi_- KP_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} - P_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_* \Phi_-^* + \\ &+ P_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} \end{aligned}$$

А функціонал якості (9) набуде вигляду:

$$\begin{aligned} e_- &= \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{+j\infty} \text{tr}([\Phi_- (KP_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_* + S'_{jj}) \Phi_-^* - \\ &- \Phi_- KP_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} - P_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_* \Phi_-^* + \\ &+ P_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1}] R_-) ds \end{aligned} \quad (10)$$

Розрахуємо мінімум функціонала (10) за методом Вінера-Колмогорова; для цього знаходимо першу варіацію функціонала і умову її тотожної рівності нулю:

$$\begin{aligned} de_- &= \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{+j\infty} \text{tr}(R_- ([\Phi_- (KP_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_* + S'_{jj}) - \\ &- P_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_*] d\Phi_-^* + \\ &+ d\Phi_- [(KP_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_* + S'_{jj}) \Phi_-^* - \\ &- KP_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1}]) ds \end{aligned}$$

Введемо позначення:

$$\bar{\Gamma}_* \bar{\Gamma} = R_- \quad (11)$$

$$\bar{D} \bar{D}_* = KP_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_* + S'_{jj}$$

(12)

$$\bar{T} = \bar{T}_0 + \bar{T}_+ + \bar{T}_- = \bar{\Gamma}_*^{-1} P_-^{-1} S'_{yy} P_-^{-1} K_* \bar{D}_*^{-1} \quad (13)$$

Умова рівності варіації нулю:

$$\bar{\Gamma} \Phi_- \bar{D} = \bar{T}_0 + \bar{T}_+$$

Алгоритм синтезу оптимального спостерігача вихідного стану багатовимірного об'єкта при випадкових впливах нестійкого каналу оцінювання матиме вигляд:

$$\Phi_- = \bar{\Gamma}^{-1} (\bar{T}_0 + \bar{T}_+) \bar{D}^{-1}. \quad (14)$$

Оптимальна структура спостерігача для стійкого каналу багатовимірного об'єкта при випадкових впливах обчислюється за формулою:

$$\Phi_+ = \Gamma^{-1} (T_0 + T_+) D^{-1}. \quad (15)$$

Структура оптимального спостерігача в системі з довільною структурою буде складатись з двох частин, кожна з яких буде знаходитись за вхідною інформацією характеристик системи, для нестійкої – за алгоритмом (11) - (14), а для стійкої – за алгоритмом [2, (5.25-5.27)], і формуватиме найкращу оцінку вектора вихідних координат повного об'єкта з довільною динамікою (рис.2).

Розв'язання практичної задачі

Задачу знаходження оптимальної структури спостерігача вихідного стану багатовимірного об'єкта з довільною динамікою при випадкових впливах продемонструємо на скалярному прикладі.

Вихідні дані про досліджувану систему:

- динамічні характеристики об'єкта управління з довільною динамікою, рух якого описується рівнянням (1) у вигляді (7) задані формулами:

$$P_+ = (T_1 s + 1), \quad P_- = (-T_2 s + 1),$$

де T_1, T_2 – постійні часу повного об'єкта;

- передавальна функція вимірювача K системи має вигляд:

$$K=20;$$

- спектральна щільність сигналу збурення S'_{yy} :

$$S'_{yy} = \frac{b^2}{|\mu s + 1|^2}$$

де μ – постійна часу випадкового збурення, b – коефіцієнт підсилення;

- спектральні щільності завад вимірювання стійкого та нестійкого каналів відповідно:

$$S'_{j j_+} = \frac{a_1^2}{|t_1 s + 1|^2} \quad S'_{j j_-} = \frac{a_2^2}{|t_2 s + 1|^2}$$

де t_1, t_2 – постійні часу завад вимірювання, a_1, a_2 – коефіцієнти підсилення.

За допомогою вище вказаних процедур виконано синтез оптимальних структур спостерігачів вихідного стану скалярного об'єкта з довільною динамікою при випадкових збуреннях [4-5].

Отримані результати

Результатом синтезу кожного з каналів, стійкого та нестійкого, розділеного об'єкта (7) є вигляд регуляторів Φ_+ , Φ_- , які забезпечують мінімум часткових функціоналів якості (7), (8) стійкого та нестійкого каналів відповідно, вигляд яких для розрахункових даних наведено у виразах:

$$F_+ = \frac{0.0026022(s + 10)(s + 5.566)}{(s + 4.966)(s + 0.6788)}$$

$$F_- = \frac{0.030066(s - 16.05)}{(s - 10.05)}$$

Отримані передавальні функції оптимальних спостерігачів мають особливості каналів для яких вони обираються: є стійким та нестійким відповідно.

Як результати порівняльного аналізу досліджуваної системи управління з довільною динамікою при випадкових впливах представлені такі графічні залежності:

- спектральні щільності сигналів сформованих стійкого (рис.3) та нестійкого (рис.4) каналів;

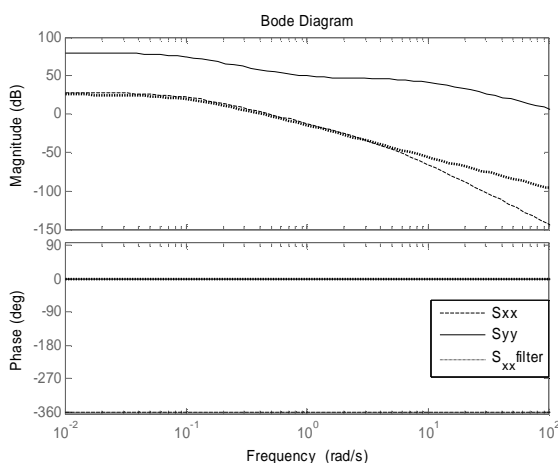


Рис.3. Порівняння спектральних щільностей випадкових сигналів стійкого каналу: Sxx – спектральна щільність вихідних реакцій стійкої частини розділеного об'єкта; Syx – спектральна щільність сигналу вимірювань; Sxx filter – спектральна щільність вектору оптимальних оцінок вихідної реакції стійкої частини розділеного об'єкта

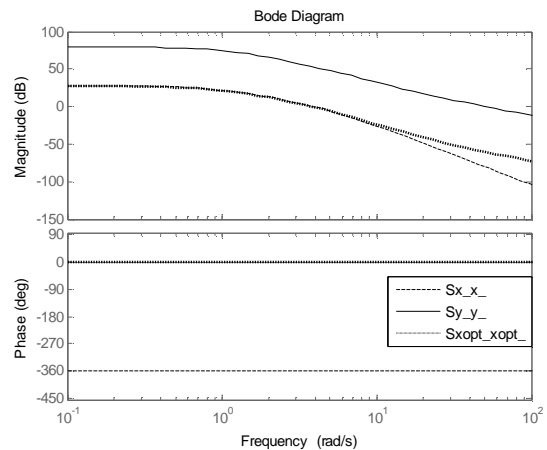


Рис.4. Порівняння спектральних щільностей випадкових сигналів нестійкого каналу: Sx_x_ – спектральна щільність вихідних реакцій нестійкої частини розділеного об'єкта; Sy_y_ – спектральна щільність сигналу вимірювань; Sxopt_xopt_ – спектральна щільність вектору оптимальних оцінок вихідної реакції нестійкої частини розділеного об'єкта - графічні залежності відносних дисперсій помилки оцінювання від зміни постійної часу μ зовнішнього збурення ψ сформованих стійкого (рис.5) та нестійкого (рис.6) каналів;

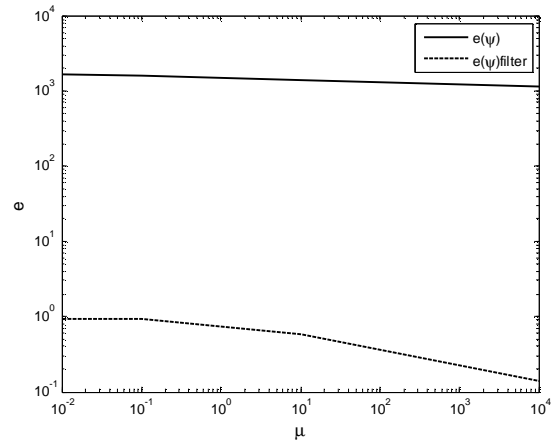


Рис.5. Порівняння відносних дисперсій помилки оцінювання стійкого каналу при зміні параметрів зовнішнього збурення: $e(\psi)$ – відносний показник якості стійкого каналу без спостерігача та $e(\psi)$ filter - зі спостерігачем Φ_+ відповідно

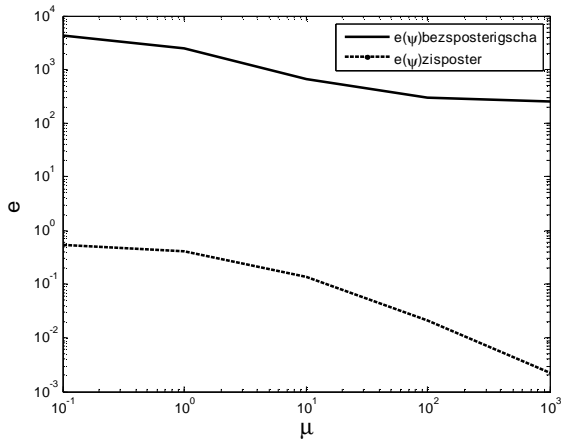


Рис. 6. Порівняння відносних дисперсій помилки оцінювання нестійкого каналу при зміні параметрів зовнішнього збурення: $e(\psi)bezposterigscha$ – відносний показник якості нестійкого каналу без спостерігача та $e(\psi)zisposter$ – зі спостерігачем Φ , відповідно

- графічні залежності відносних дисперсій помилки оцінювання від зміни постійних часу t_1, t_2 завод вимірювань φ сформованих стійкого (рис.7) та нестійкого (рис. 8) каналів;

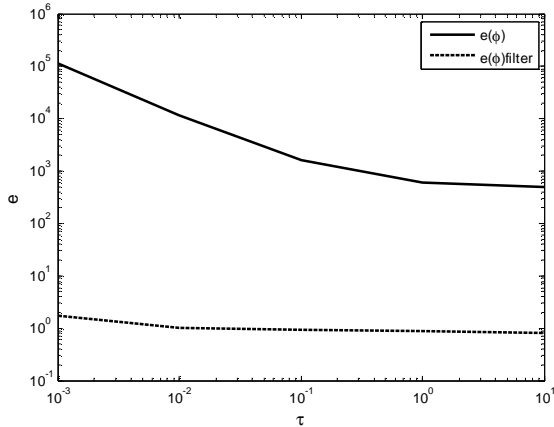


Рис.7. Порівняння відносних дисперсій помилки оцінювання стійкого каналу при зміні параметрів завод вимірювань: $e(\varphi)$ – відносний показник якості стійкого каналу без спостерігача та $e(\varphi)filter$ – зі спостерігачем Φ_+ відповідно

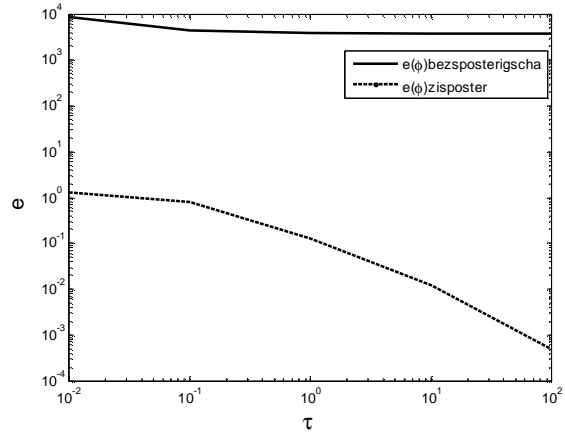


Рис. 8. Порівняння відносних дисперсій помилки оцінювання нестійкого каналу при зміні параметрів завод вимірювань: $e(\varphi)bezposterigscha$ – відносний показник якості нестійкого каналу без спостерігача та $e(\varphi)zisposter$ – зі спостерігачем Φ , відповідно

- спектральні щільності вихідних реакцій повного об'єкта з довільною динамікою та суми двох сформованих каналів, стійкого та нестійкого (рис. 2) з синтезованими оптимальними спостерігачами Φ_+, Φ в кожному з каналів відповідно (рис. 9).

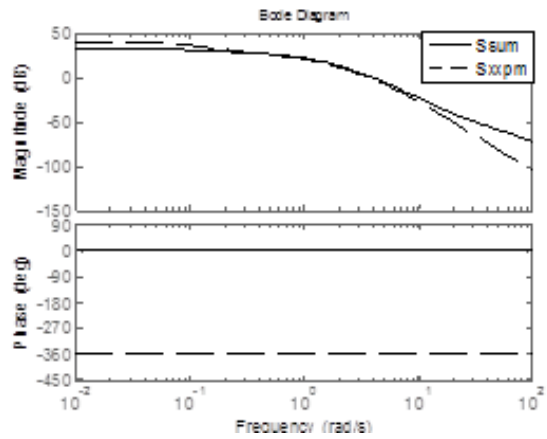


Рис.9 Порівняння спектральних щільностей вихідних реакцій повного об'єкта з довільною динамікою та суми двох сформованих оптимальних каналів:

$Sxxpm$ – спектральна щільність вихідної реакції повного об'єкта; $Ssum$ – спектральна щільність вихідних реакцій суми двох сформованих каналів, стійкого та нестійкого (рис. 2) з синтезованими оптимальними спостерігачами.

Висновки

1. На практичному прикладі проілюстровано варіант синтезу оптимального спостерігача вихідного стану об'єкта в системі з довільною динамікою при випадкових впливах за методом Вінера-Колмогорова шляхом розділення каналів на стійкий і нестійкий.

2. Показано (рис.3, 9) що синтезовані запропонованим методом оптимальні спостерігачі Φ_+ , Φ дають змогу отримати найкращу оцінку вихідних реакцій досліджуваного об'єкта як в окремих каналах, стійкому та нестійкому (рис.3, 4) так і повного об'єкта з довільною динамікою (рис.9).

3. Дослідження системи з довільною динамікою початкової структури та оптимального варіанту при варіації параметрів експлуатаційних характеристик (постійних часу зовнішнього збурення та завад вимірювання) свідчать про достатній рівень ефективності (рис.5–рис.8) та адаптивність синтезованих стійкого та нестійкого каналів до мінливості вказаних параметрів.

4. Наочно показано, що запропонований варіант синтезу оптимального спостерігача вихідного стану багатовимірною об'єкта в системі з довільною динамікою при випадкових впливах шляхом розділення каналів на стійкий і нестійкий дозволяє сформулювати найкращу оцінку вказаного об'єкта, що складатиме в подальшому значущу частину алгоритмів оптимального управління вказаними системами.

Список літератури:

1. Аналітичне конструювання вимірювальних систем. Спектральні алгоритми: Навч. метод. посіб./ В.М. Азарсков, М.Ю. Буриченко, О.М. Савінов, О.А. Суцценко. – К.: НАУ, 2002. – 88 с.

2. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління / Підручник для ВНЗ – К.: НАУ, 2003. – 203 с.

3. Андреев Н.Ч. Теория статистически оптимальных систем управления// М.: Наука, 1980. – 415 с.

4. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; Пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 832 с.

5. Лазарев Ю.Ф. MatLAB 5.x – К.: Издательская группа ВHV, 2000. – 386 с.

Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 616 с.

Статтю подано до редакції 18.12.2014

¹Гладун А.Я., к.т.н.
²Андрюшевич А. А.
³Курбацкий А.Н., д.т.н.

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ, МОДЕЛЕЙ И СЕРВИСОВ В WEB OF THINGS

¹Международный научно-учебный центр
информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины
glanat@yahoo.com

² ЗАО "Институт информационных, инновационных, инвестиционных технологий"
andrushevich@bsu.by

³Белорусский государственный университет,
andrushevich@bsu.by

Создание и развитие инновационных информационных технологий Интернета вещей (Internet of Things, IoT) повлекло за собой развитие и ряда новых направлений в формировании информационного пространства, в частности – Web of Things (WoT). В связи с этим возникла необходимость в разработке новых семантических, ориентированных на использование знаний, подходов для идентификации, поиска и исследования, специфичных для этого пространства информационных объектов.

В данной работе мы представляем набор онтологических моделей - объектов, ресурсов и сервисов, а также использование элементов онтологического анализа при создании моделей и сервисов поиска на основе онтологий в информационном пространстве Web of Things, базирующемся соответственно на платформе Internet of Things. Предлагается также подход к аннотированию описаний WoT-объектов при помощи онтологических моделей и семантических Web-сервисов

Ключевые слова: Web of Things, Internet of Things, семантический Web-сервис, онтология, семантическое аннотирование

Введение

Мы находимся на пороге новой технической революции - развития Интернета вещей (*Internet of Things, IoT*), который предполагает подключение к Интернету множества окружающих человека вещей, снабженных определенными электронными датчиками [1, 2] и управлять этими вещами на расстоянии.

IoT не ограничивается связью с вещами, снабженными метками *RFID (Radio Frequency IDentification)*, радиочастотная идентификация), а рассматривается в контексте объединения таких современных концепций, как всепроникающие компьютерные системы (*Pervasive Computing, Ubiquitous Computing*), и интеллектуальная окружающая среда (*Ambient Intelligence*) [3]. Таким образом, конвергенция создает условия для развития но-

вых технологий, включающих в себя помимо традиционного Интернета людей (*Internet of People, IoP*) еще и Интернет медиаконтента (*Internet of Media, IoM*), Интернет сервисов (*Internet of Services, IoS*), Интернет вещей (*Internet of Things, IoT*) и Веб вещей (*Web of Things, WoT*).

В каждой из перечисленных технологий может использоваться такое понятие как «вещь». Вещь может быть материальной и нематериальной, одушевленной и неодушевленной, а в контексте *IoT* вещь можно считать нечто реальное или виртуальное, но обязательно так или иначе связанное с цифровым миром посредством беспроводных коммуникаций, и это нечто должно обладать способностью, быть так или иначе идентифицированным во времени и пространстве [4].

У каждой из вещей реального физического мира в *IoT* предполагается циф-

ровой двойник, ее виртуальное представление. Эти цифровые аналоги физических объектов могут воспринимать информацию из окружающего мира, вступать во взаимодействие, обмениваться данными и т.д.

В результате такого взаимодействия формируется новая среда, где интеллект, заложенный в приложения, позволит оценивать происходящее в физическом мире, учитывать накопленные ранее сведения и опыт для поддержки принятия решений в системе.

Однако *IoT* гетерогенная среда, и она должна развиваться в направлении создания более структурированного набора решений, где «вещи» должны быть представлены некоторым унифицированным способом и одинаково поддаваться обнаружению, иметь возможность общаться с другими объектами, а также быть непосредственно интегрированными с инфраструктурой Интернета и его сервисами, независимо от специфического способа их подключения. *IoT* нуждается в интероперабельности на множественных уровнях [5].

Последние тенденции в области *IoT* направлены на развитие методов и способов интегрирования «вещей» с существующей инфраструктурой *Web* и к представлению подключенных «вещей» однородным способом, как ресурсов *Web*, что в результате вылилось в новое направление *Web* вещей (*Web of Things, WoT*).

В настоящее время наблюдается усложнение структуры и способов получения информации, доступной пользователям через *Web*. Все большая часть информации поступает не от людей, а от различных физических устройств, и в дальнейшем отправляется также различным устройствам, а не непосредственно пользователям.

Поэтому сейчас можно говорить о новом поколении *Web*, имеющем свою специфику, базирующемся на новых технологиях (в частности, связанных с *IoT*) и требующем развития соответствующих способов и методов обработки.

Эволюция Web

Если технологической основой традиционного *Web* стали Интернет-технологии, то базисом развития *Web of Things* является *Internet of Things (IoT)*. *WoT* – это некоторая надстройка над *IoT*, представляющая информацию, передаваемую и получаемую через *Web*-среду от элементов, составляющих *IoT*.

Объект в *WoT* – это встроенное устройство, соединенное с физическим объектом (датчик + объект). При этом сам физический объект не является датчиком или вычислительным устройством.

Например, в фонарный столб (физическое устройство) может быть встроен микроконтроллер с датчиками для управления освещенностью и мобильный телефон для связи. Другой пример – помещение в доме, оборудованное датчиками температуры и средствами для связи с пользователем для получения указаний о желаемой температуре.

Таким образом, объект в *WoT* – это совокупность датчиков и встроенных устройств, соединенных с тем или иным физическим предметом, предназначенным для отличных от вычислений функций и воспринимаемые с ним, как единое целое.

Технология *Web вещей (Web of Things, WoT)* возникла с начала 2000-ых годов, как попытка создания *Web*-ориентированной сервисной платформы для «умных» вещей, т.е. предметов, снабженных различными датчиками или электронными устройствами для приема/передачи данных и сигналов управления, связь между которыми поддерживается через *IoT*.

Web of Things можно рассматривать как новый этап развития *Web*, интегрирующий результаты его предыдущих поколений, в частности, *Semantic Web* и социального *Web*.

Если технологической основой традиционного *Web* являются Интернет-технологии, то базисом развития *Web of Things* является *Интернет вещей (Internet of Things – IoT)*. *WoT* – это информация, передаваемая и получаемая через *Web*-

среду от элементов, составляющих *IoT*.

Особенностями архитектуры современного *IoT* является наличие чрезвычайно большого количества разнообразных устройств и ресурсов, которые обмениваются информацией между собой и между прикладными программами, сообщают о состоянии ресурсов, обеспечивают наблюдение и измерение разных физических величин и т.п.

Пока трудно оценить перспективы развития *WoT*. Вероятно, некоторые приложения, такие как мобильные платежи и инициатива *IBM, Smarter Planet*, станут широко распространенным всего через несколько лет. Маркетинг также будет преобразован, так как потребители получат беспрепятственный доступ к цифровым продуктам от рекламы в физическом мире. Тем не менее, очевидно, что объем вычислений, связанных с обработкой данных от *WoT*, увеличится очень быстро и потребует технологий хранения и анализа потоковых данных.

При этом перспективным направлением представляется трансформация получаемых сведений в значительно более компактные знания и последующее использование именно таких «обработанных» знаний для решения прикладных задач.

WoT развивается в неразрывной связи с *IoT* и для повышения эффективности требует применения семантических, ориентированных на знания методов онтологического распознавания, выбора, поиска и управления объектами и сервисами доставки, хранения и обработки данных. В данной работе предлагается использование разработанной онтологии «умных» вещей для задач семантической интероперабельности (методы выравнивания онтологий), выбора сервисов и объектов в распределенном и гетерогенном пространстве *Web of Things*.

Отсутствие четкого и формального представления знаний в *WoT* может привести к двусмысленности в терминологии, а также препятствовать совместимости и в основном семантической совместимости.

сти.

Особенностями архитектуры современного Интернета вещей является наличие чрезвычайно большого количества разнообразных устройств и ресурсов, которые обмениваются информацией между собой и между прикладными программами, сообщают о состоянии ресурсов, обеспечивают наблюдение и измерение разных физических величин и т.п.

Распределенная природа и неоднородный характер *IoT* делает взаимодействие между «вещами» сложной задачей и требует методов, которые могут облегчить автоматизированную машинную обработку.

Идея *IoT* начала успешно развиваться благодаря развитию следующего набора информационных технологий: широко распространения беспроводных сетей (*Wi-Fi, 3G, LTE, WiMAX*) и датчиков; активного перехода Интернет на *IPv6*; роста популярности облачных вычислений и появления технологий межмашинного взаимодействия (*Machine to Machine, M2M*) [6].

С помощью *M2M* осуществляется доступ к удаленным объектам для сбора данных и мониторинга состояния. *M2M* работает с протоколами *TCP/IP*, беспроводными сетями стандарта *IEEE 802.11*, технологиями сотовой связи и проводными сетями, такими как *Ethernet*. Эта технология незаменима в тех случаях, когда удаленное оборудование используется в труднодоступных местах или когда использование проводного соединения невозможно в принципе.

Набор технологий, разработанных в *Semantic Web*, таких как онтологии, семантические аннотации, связанные данные и семантические *Web*-сервисы могут быть использованы в качестве принципиальных решений в целях реализации *WoT*.

Постановка задачи

Сегодня *Web*-сервисы представляют собой значительную часть инфраструктуры информационного пространства *Web*. Для того, чтобы обнаружить и использовать требуемые объекты *WoT* необходимо

использовать подходы и методы, разработанные для исследования семантических *Web*-сервисов. Для реализации этой цели предлагается рассматривать каждый *WoT*-объект, как семантический *Web*-сервис, функции которого соответствуют назначению физической составляющей *WoT*-объекта и связанных с ним датчиков и устройств.

Для семантического аннотирования *WoT*-объектов предлагается использовать как онтологии, специально разработанные для описания объектов *WoT*, *IoT* и *Web*-сервисов, так и произвольные онтологии предметных областей. При этом проблема исследования *WoT* сводится к задаче сопоставления онтологий, для которой на сегодня уже разработано некоторое количество алгоритмов и методов.

Информационная модель *Web of Things*

Если проследить историю зарождения *WoT*, то можно отметить следующее. В 2002 году при разработке проекта по «умному городу» [7] было предложено связать физические объекты с *Web*-страницами, содержащими информацию о городе, и сервисами для пользователей.

Для этого были использованы интерфейсы или штриховые коды на объектах, позволяющие пользователям при взаимодействии с физическими объектами легко находить *URI* страниц, связанных с этими объектами.

Другая попытка использовать *Web* для связи с объектами реального мира заключалась в том, чтобы объединить «умные вещи» со стандартизированной архитектурой *Web*-сервиса, использующей такие традиционные стандарты, как *SOAP*, *WSDL*, *UDDI* [8]. Но на практике это оказалось слишком сложно и неоправданно для простых объектов.

Поэтому вместо *SOAP* и *WSDL*, используемых в *Web*-сервисах, была предложена технология "*Web* вещей" на основе вложенного протокола передачи гипертекста (*HTTP*) для серверов и *Web 2.0* [9].

Необходимые для этого *Web*-серверы с продвинутыми функциями (такими как

альтернативные соединения или назначение сервера для уведомления о событиях) могут быть реализованы всего с 8 КБ памяти и без поддержки операционной системы. Кроме того, благодаря эффективной оптимизации стека протоколов *TCP/HTTP*, эти *Web*-серверы могут быть установлены на таких миниатюрных встроенных системах, как смарт-карты и др.

Так как внедренные *Web*-серверы, которые используются в Интернете вещей, как правило, имеют в наличии значительно меньше ресурсов по сравнению с такими клиентами *Web*, как браузеры или мобильные телефоны, то асинхронный *JavaScript* и *XML (AJAX)* оказался хорошим способом передавать часть рабочей нагрузки от сервера к клиенту.

Рассмотрим главные абстракции и понятия, которые лежат в основе домена *IoT* и описывают отношения между ними.

Основной принцип *IoT* и *WoT* - расширение Интернета в область физического мира, чтобы вовлечь взаимодействие физических объектов из окружающей среды. Объекты являются «вещами» в Интернете вещей и могут быть как человеком, животным, так и автомобилем, электронным прибором, закрытой или открытой средой. «Объект» - главный центр взаимодействий между людьми и/или программными агентами. Это взаимодействие дает возможность посредством аппаратных компонент или «устройств», которые или подключаются к объекту или является частью среды объекта, управлять объектом и контролировать его.

Устройство позволяет объекту быть частью цифрового мира, посредством взаимодействия. Фактически программный компонент предоставляет информацию об объекте или позволяет управлять устройством, «ресурсом».

Сервисы представляют функциональные возможности устройства, подключаясь к его управляемым ресурсам. При этом «сервис» обеспечивает четкий и стандартизированный интерфейс для пользователя, предлагая все необходимые

функциональные возможности для того, чтобы взаимодействовать с объектами и связанными процессами.

Другие сервисы могут вызвать сервисы нижнего уровня и компоновать их для обеспечения функциональных возможностей на более высоких уровнях, например, выполнить поддержку работы указанного бизнес-процесса. Отношения между сервисами и объектами должны быть смоделированы как ассоциации. Эти ассоциации могли быть статичными, например, в случае, если устройство внедрено в объект; и динамичными, например, если устройство в среде контролирует мобильный объект [10].

На рис. 1 представлены эти идентифицированные понятия домена *WoT* и отношения между ними. Идентифицированные понятия должны быть смоделированы в формате, который предоставляет интерактивное и автоматизированное представление, поддающееся толкованию, как человеку, так и машине.

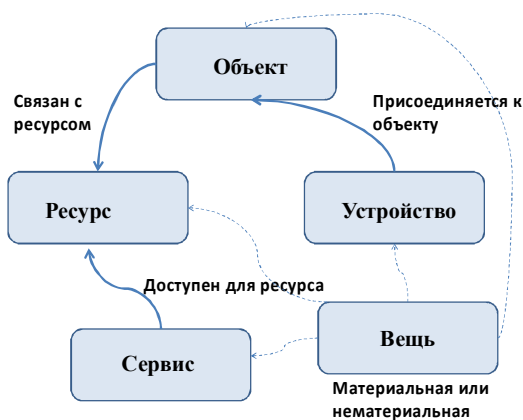


Рис. 1. *WoT* модель: ключевые концепты и взаимодействия

Концепция *Semantic Web* вводит формальные определения, называемые онтологиями, что позволяет строить модели гетерогенных объектов в домене, совместно использовать знания и поддерживать автоматизацию формулирования логических выводов из этих знаний. Специфицирован язык *Web* онтологии – дескриптивная логика (*OWL-DL*), внедренная в модели логика первого порядка, что обеспечивает платформу для формального и машинно-обрабатываемого знания.

Физические компоненты *WoT*

Основная цель *WoT* заключается в том, чтобы обеспечить возможность людям общаться с объектами и физическими объектами, которые находятся вокруг них. Эти объекты могут также взаимодействовать друг с другом, а затем отправлять людям информацию на их смартфоны. Взаимодействие людей с физическими объектами осуществляется с помощью датчиков, которые могут получать информацию, передавать информацию и выполнять действия, требуемые человеком или компьютерами и объектами. Если поместить датчик в районе жилого дома или прикрепить его к физическому объекту или вещи, то он сможет отправлять информацию на телефон пользователя или на любой другой объект или объект.

Объектом, в данном случае, может быть любая вещь (материальная или нематериальная) в доме, в офисе (например, дверь, светильник, окна, ключи от квартиры), устройство (кофеварка, стиральная машина, автомобиль) или же абстрактный объект (человек, животное). Если поместить датчик на любой такой «объект» и иметь возможность общаться с ним, то он становится «умной» вещью (*smart thing*).

На рис. 2 представлена обобщенная схема взаимодействия пользователя с объектами через смартфон посредством *Web*-интерфейса.



Рис. 2. Объединение физических объектов через *WoT*

Если поставить датчик на объект, то он может отправлять сообщение, содержащее информацию о его состоянии, ме-

стоположении, включен он или выключен, открыт он или закрыт и т.д. Пользователь может использовать смартфон для отправки различных команд к своим объектам и указывать им, что делать. Например, при помощи датчиков можно узнать, когда ребенок возвратится домой из школы и выключен ли свет в гостиной, включить электроплиту, заблокировать или разблокировать входную дверь.

Важно, что при этом объекты могут

взаимодействовать друг с другом: например, когда ребенок приходит со школы домой, то датчик на его рюкзаке автоматически посылает сообщение на смартфон об этом, а тот посылает сообщение о разблокировке замка на входной двери.

На рис. 3 представлена иерархическая структура электронных устройств, используемых пользователями для подключения, мониторинга и управления окружающими объектами.



Рис. 3. Иерархическая структура устройств, используемых для подключения объектов в IoT и WoT

Чтобы сообщество «умных» устройств или объектов было жизнеспособным, следует наделить каждую объект определенным интеллектом, помогающим ей распознать контекст своего окружения (местоположение, собственное состояние и положение контролируемого объекта), а также наладить диалог с окружающими объектами и управляющим устройством [11].

Данные, собранные разными датчиками и устройствами по обыкновению являются многомодульными (температура, индикатор, звук, видео и т.п.). Разнообразие, изменчивость и разнотипность данных реального мира *WoT* вызывает многие проблемы с их обработкой, интегрированием и интерпретацией. Поэтому

динамическая и ограниченная ресурсами природа *WoT* требует специальной архитектуры представления знаний и обработки, которая должна быть учтена технологиями семантического *Web*, такими как онтологический анализ, семантические метаданные, связанные данные (*linked data*), семантические *Web*-сервисы и социальные сети.

Аспекты реализации Web of Things

Одним из первых прототипов *Web of Things* был проект, в котором датчики использовались для мониторинга и контроля за потреблением электроэнергии бытовых приборов [12], чтобы на домашнем компьютере пользоваться мог визуально контролировать потребление электроэнергии.

Реализация функций человеко-машинного интерфейса при этом осуществлялась на основе интерфейса прикладного программирования *RESTful API* (*Representational State Transfer* - «Передача Репрезентативного Состояния») [13].

Web-сервис *REST* реализует метод взаимодействия компонентов распределённого приложения в *IoT*, при котором вызов удаленной процедуры представляет собой обычный *HTTP*-запрос (обычно *GET* или *POST*; такой запрос называют *REST*-запрос), а необходимые данные передаются в качестве параметров запроса [Pautasso, 2008]. Этот способ является альтернативой более сложным методам, таким как *SOAP*, *CORBA* и *RPC*.

Другими словами *REST* означает концепцию построения распределённого приложения, при которой компоненты взаимодействуют наподобие взаимодействия клиентов и серверов в *Web*. Системы, поддерживающие *REST*, называются *RESTful*-системами.

Концепцию построения распределённого приложения на основе *REST* предполагает, что каждый запрос (*REST*-запрос) клиента к серверу содержит в себе исчерпывающую информацию о желаемом ответе сервера (желаемом репрезентативном состоянии), и сервер не обязан сохранять информацию о состоянии клиента («клиентской сессии»).

Можно выделить ряд важных преимуществ *Web*-сервисов *REST* (сбор, доставка и передача данных от/к умных объектов в *WoT*) в отличие от традиционных *SOAP Web*-сервисов:

- надёжность (за счет отсутствия необходимости сохранять информацию о состоянии клиента, которая может быть утеряна);

- производительность (за счет использования специального кэша);

- масштабируемость; прозрачность системы взаимодействия, особенно необходимая для приложений по обслуживанию сети;

- простота интерфейсов; портативность компонентов; легкость внесения

изменений;

- способность эволюционировать, приспособиваясь к новым требованиям (на примере *Web*).

Таким образом, в архитектура *REST* очень проста в плане использования. По виду пришедшего запроса сразу можно определить, что он делает, не разбираясь в форматах (в отличие от *SOAP*, *XML-RPC*). Данные передаются без применения дополнительных слоев, поэтому *REST* считается менее ресурсоемким, поскольку не надо просить (автоматически обрабатывать или разбирать с целью получения нужных данных) запрос чтоб понять, что он должен сделать и не надо переводить данные из одного формата в другой.

Но важным моментом здесь остается информационная безопасность – недопустимо кому угодно позволять изменять информацию, то есть нужна еще авторизация и аутентификация. Эта проблема решается различными методами, например, при помощи различного типа сессий или просто *HTTP Authentication*.

1. Концептуальная модель архитектуры *Web of Things*

WoT является составной частью *IoT*: он предоставляет возможность мониторинга и управления объектами с помощью страниц *WWW*. На рис. 4 приведена структура организации *WoT*, из которой видно, что ключевую роль в нем играют два уровня: интеллектуальный уровень и уровень приложений. Это позволяет использовать через *Web* как изначально приспособленные к этому объекты, так и те объекты, для которых необходимы соответствующие согласующие устройства (шлюзы), например, объекты, функционирующие по протоколам *ZigBee* или *Bluetooth*.

На рис.4 представлена пятиуровневая модель концептуальной архитектуры платформы [14] *WoT* для взаимодействия человека с «умными» вещами. Уровень интеллектуальных приложений и умных вещей содержит базирующиеся на семантических технологиях (*Semantic Web*) программы, реализующие функции, поиска,

сопоставления онтологий, логического вывода.

Для того, чтобы эффективно использовать преимущества, которые предоставляет сообщество "умных" вещей, нужно наделить каждую объект, входящую в это сообщество, определенным интеллектом (знаниями и правилами их использования), который должен помочь ей распознать контекст своего окружения (местонахождение, собственное состояние и положения объекта, контролирующего эту объект), а также наладить диалог с окружающими объектами и управляющим устройством [15].

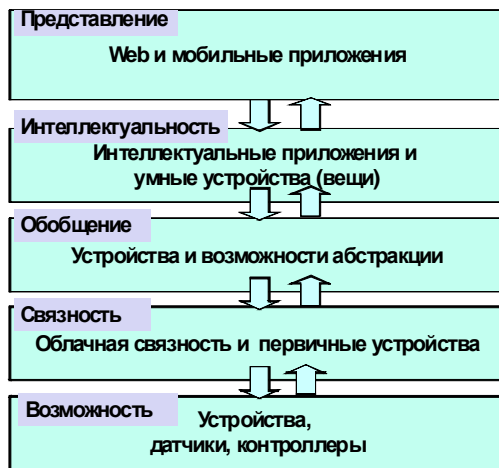


Рис. 4. Архитектура *Web of Things* как части *Internet of Things*

Онтологический подход становится ядром, которое обеспечивает семантическое описание (виртуальную модель знаний) об этих объектах. При этом онтологии могут многократно использоваться разными приложениями.

Кроме того, использование онтологий для объектов *WoT* обеспечивает всю необходимую семантику для спецификации различных устройств, используемых в технологиях *IoT/WoT*, равно как и для спецификаций задач, решаемых непосредственно в приложениях *WoT* (ввод, вывод, логика управления), которые создаются на основе использования информации об этих устройствах.

Для создания целостной системы развертывания приложений *WoT* в опре-

деленной сфере деятельности необходима разработка формальной онтологической модели объектов (вещей), входящих в состав *WoT*.

Архитектура модели объектов *WoT* должна включать:

1. Анализ структуры знаний предметной области *WoT*, основных объектов и отношений:

- использование мереологических (*mereological*) и онтологических методов для формирования терминологии домена *WoT* и структуры знаний;

- структура *OWL*-онтологии.

2. Многократное использование существующих тезаурусов, таксономий и онтологий домена *WoT*:

- семантический поиск релевантных объектов и анализ средств представления знаний и стандартов в *WoT*;

- краткий обзор соответствующих онтологий и других структур знаний;

- интеграция существующих таксономий и онтологий домена.

3. Архитектура методов для автоматизированного усовершенствования формальной онтологической модели *WoT*:

- архитектура методов для автоматизированной добычи знаний (термины и отношения) из текстов естественного языка, которые касаются домена *WoT*;

- методы автоматизированной лингвистической обработки текстов естественного языка;

- усовершенствованная *OWL*-онтология.

4. Семантический поиск в домене *WoT* на основе онтологии домена:

- семантический поиск объектов *WoT*;

- методы семантического поиска объектов *WoT*;

- методы семантического поиска сервисов *WoT (RESTfull)*;

- рекомендации относительно использования *WoT* объектов.

Данные датчиков, которые связаны с разными событиями и ситуациями, могут

быть проанализированы и преобразованы в активное знание, которое позволяет нам лучше понимать физический мир и создавать больше продуктов и сервисов с добавленной стоимостью. Например, учет расстояний линий связи в *Smart GRID* может быть использован для того, чтобы лучше предусмотреть и балансировать потребляемую мощность; анализируя комбинацию транспортных потоков, загрязнение, состояние погоды и перегрузки, можно создать знание на основе данных от датчиков, позволяя при этом обеспечить лучший трафик транспорта и муниципальное управление; контроль и обработка данных от датчиков и объектов, прикрепленных пациентам или людям преклонного возраста, могут обеспечить лучшее медицинское обслуживание пациентов на расстоянии.

Архитектура WoT

Основная цель *WoT* – обеспечить наиболее эффективное принятие решений за счет более глубокого анализа наблюдения за окружающей средой.

Чтобы достигнуть этого, необходимо ввести несколько информационных уровней между датчиками (объектами) и блоком принятия решений и приложением (рис.5).

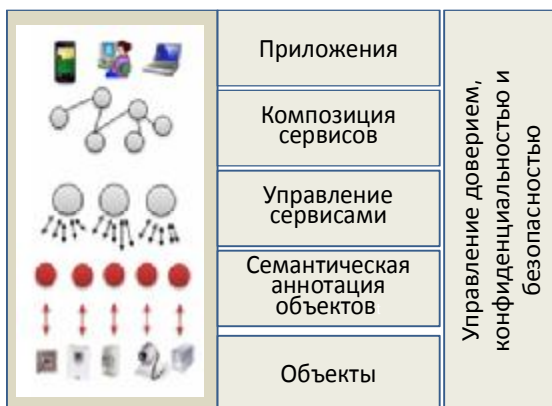


Рис. 5. Концептуальная архитектура WoT

При этом возникает проблема концептуализации домена датчиков (сенсоров). Ее решение связано с использованием онтологий и требует исследования семантической сети сенсоров.

Некоторые из существующих онтологий покрывают домен сенсоров, но большинство из них – только его часть. Онтология *W3C Semantic Sensor Network (SSN)* представляет собой попытку покрыть весь этот домен полностью.

Кроме того, необходимые знания могут извлекаться из различных онтологий предметных областей, доступ к которым обеспечивают различные репозитории онтологий [16].

Но, несмотря на наличие онтологий, извлечение полезных для пользователей сведений из потоков данных передаваемых датчиками остается сложной задачей.

Выделим несколько отдельных проблем в этой сложной задаче:

- поиск WoT-объектов, обладающих необходимыми пользователю возможностями;
- исследование свойств WoT-объектов, обладающих необходимыми пользователю возможностями;
- исследование потоков данных, передаваемых сенсорами и встроенными устройствами WoT-объектов, обладающих необходимыми пользователю возможностями;
- анализ свойств передаваемых потоков данных.

Средства вывода над онтологиями

Анализ современных методов и средств обработки (добычи) знаний и языков, для формирования запроса к онтологии позволил разработать подсистему интеллектуальных приложений на четвертом уровне модели *WoT*. Для добычи и обработки знаний, которые хранятся в онтологиях, используются блоки логического вывода (ризонеры, *reasoners*), которые играют ключевую роль в интеллектуальных системах, ориентированных на знание.

Существует множество реализаций процессоров логического вывода (*reasoning engine*) для *OWL* онтологий, которые различаются по возможностям, областям применения и качества выполнения задач. Обобщенный анализ позво-

ляет разделить их на три группы в зависимости от метода реализации:

1. Табличные *DL*-процессоры. Традиционно были разработаны первыми для решения подобных задач. Имеют низкую производительность, но способны делать умозаключения на сложных онтологиях с множеством нетривиальных конструкций. До этого класса относятся резонеры *Pellet*, *RacerPro*, *Fact++*, а также *Hermit* и *SHER*.

2. Дизъюнктивные *Datalog*-процессоры. Трансформируют онтологию в дизъюнктивную *Datalog* программу и используют методику дедуктивных баз данных и правило резолюций. Такие процессоры имеют удовлетворительное быстродействие при использовании некоторых оптимизаций, однако не поддерживают определенные *OWL*-конструкции, в частности кардинальные ограничения и номиналы. К этой группе принадлежит *KAON2*.

3. Процессоры правил. Используют системы обработки правил для умозаключений на онтологиях. Имеют высокую производительность, но могут обрабатывать лишь простые онтологии, лишённые многих важных конструкций. Представители этой группы: *Sesame/OWLIM*, *Jena*, *Owljesskb*.

Существуют два подхода к реализации логического вывода: на базе правил (с использованием алгоритмов *forward-chaining* и/или *backward-chaining*) и на базе семантического табло (*semantic tableau*). На базе правил реализованы *Semantics*, *SDK* и *Owlim*, а на базе семантического табло - *Pellet*.

В качестве системы логического вывода для дескриптивной логики нами была избрана свободно распространяемая система *Pellet* версии 2.0.0. Система *Pellet* реализует логический вывод для дескриптивной логики класса *ALCQHI (D)*, которая расширяет атрибутивный язык (*AL*) такими возможностями, как произвольное выражение отрицания, транзитивные отношения, инверсные отношения, иерархия отношений, количественные ограни-

чения на отношения и некоторые конкретные домены.

На сегодняшний день система *Pellet* реализует наиболее выразительную дескриптивную логику с использованием высокопроизводительного алгоритма (*tableau-based algorithm*) логического вывода, который используется для обработки онтологий, описанных языком *OWL DL*.

OWL позволяет представлять знания о предметной области в виде онтологий, которые можно использовать и обрабатывать в разных приложениях; язык *OWL* запросов *SPARQL* позволяет создавать метаописания *RDF* и онтологий.

Разработанная *WoT*-онтология имеет цель поддержки процесса автоматизированного развертывания интеллектуальных приложений в гетерогенных средах *WoT*. *WoT*-онтология используется для поддержки семантического реестра *WoT*-объектов и позволяет:

а) скрыть технологическую разнородность, которая характерна множеству гетерогенных объектов *WoT*;

б) скрыть семантическую разнородность, присущую используемым гетерогенным онтологиям домена для того, чтобы семантически аннотировать данные умных объектов *WoT*.

Рассмотрим более детально первый этап этой задачи – поиск в пространстве *WoT* устройств, необходимых пользователю. При этом пользователь может специфицировать как функции или свойства самого физического объекта, связанного с соответствующей *WoT*-объектом, так и характеристики связанных с ним сенсоров и получаемых от них сведений либо предоставляемых ими сервисов.

При этом пользователь может применять термины из каких-либо доступных ему онтологий, описывающих пространство *WoT* и соответствующую предметную область (со ссылкой на сами онтологии). Но в описании *IoT*-объекты могут использоваться термины из других онтологий, относящихся к близким доменам.

Поэтому возникает проблема сопоставления онтологий. В общем случае эта

задача крайне сложна и трудоемка, но при наличии ряда ограничений на сопоставляемые онтологии ее можно решить за приемлемое время.

WoT-объект как семантический Web-сервис

Web-сервисы являются наиболее современной попыткой реконструировать крупномасштабные распределенные вычисления. Они базируются на стандартах, которые действуют на синтаксическом уровне и не имеют возможностей для представления семантики. Семантика обеспечивает более качественные и масштабируемые решения для таких областей, как интероперабельность сервисов, обнаружение и компоновка сервисов, и оркестровка процессов [17].

Мы предлагаем рассматривать WoT-объект как семантический Web-сервис. При этом основное внимание уделяется не использованию стандартов Web-сервиса (что слишком сложно для WoT-объектов), а принципам создания и обработки семантической разметки на основе онтологий и поиска в информационном пространстве этих описаний [18].

Web-сервисы представляются перспективным базисом, обеспечивающим решение для интероперабельности в разнородных средах. Они базируются на расширяемом языке разметки (XML), который представляет собой базовую технологию Web-сервисов. Тем не менее, описываются Web-сервисы (как правило, синтаксически) по таким стандартам, как UDDI, SOAP и WSDL.

В предлагаемом подходе данные используются для того, чтобы найти соответствие (*matching*) между терминами, используемыми в запросе, касающемся поиска WoT, и терминами аннотации соответствующего WoT-объекта, представленной его поставщиком. Этот подход основан на архитектуре представления WoT-объектов как Web-сервисов путем добавления семантики в их описание, а также в запрос клиента [19].

Предлагаемый подход к исследованию WoT основан на процессе аннотации,

которая состоит в двух этапов:

- этапа категоризации, который позволяет классифицировать WoT-объект в соответствующий им домен;
- этапа сопоставления, который позволяет связать каждую сущность из WoT с соответствующей сущностью в онтологии домена.

Процесс аннотирования WoT-объектов опирается на методы сопоставления онтологий, которые, в свою очередь, используют некоторые меры подобия (*similarity measures*).

И категоризация, и сопоставление используют методы сопоставления онтологий – как специфичных для WoT, так и связанных с предметной областью. Например, при описании подключенной через IoT кофеварки может использоваться онтология бытовой техники, онтология WoT-датчиков и персональная онтология пользователя, описывающая, какие напитки он предпочитает в разное время суток.

Категоризация в данном случае – структурирование схожих онтологий, представляющих WoT-объекты по темам, формирование обобщающих, классифицирующих категорий, реализуемое в целях установления соотношений между объектами.

Цель сопоставления всех этих онтологий – найти отношения между сущностями, выраженными в различных онтологиях, и определить, насколько они семантически близки. Очень часто эти отношения являются отношениями эквивалентности, которые обнаруживаются через меру сходства между сущностями онтологий.

Задача алгоритма сопоставления заключается в использовании знаний о реальном мире для нахождения степени соответствия между семантическими аннотациями и запросами, а также в нахождении тех аннотаций сервисов, которые наиболее близки к запросу. Профили сервисов предназначены для описания функциональностей, которые Web-сервис хочет предоставлять всему сообществу. Web-сервисы могут иметь много функцио-

нальностей, но при этом не все они могут быть представлены. Профили сервисов описывают как запросы сервисов, так и предоставляемые сервисы. В частности, в [20] предлагается реализовать гибкое сопоставление (потому что трудно ожидать их точного совпадения) описаний сервисов и запросов на основе операции дифференцирования над описаниями сервисов.

Именно сопоставление онтологий является основой для поиска в пространстве объектов, семантически размеченных терминами различных онтологий.

Для завершения процесса сопоставления онтологий соответствия используются меры сходства (*similarity measure*) между объектами. Мера сходства направлена на количественную оценку того, насколько две сущности подобны.

Для описания семантики Web-сервисов используются относительно небольшие и простые по структуре онтологии, терминами которой являются слова одного и того же естественного языка (если описание Web-сервиса дается на языке, не знакомом пользователю, то он не сможет эффективно применить его для своих целей). Предлагается следующий алгоритм нахождения соответствия между запросом пользователя и описанием Web-сервиса. На вход алгоритма поступают формализованные описания онтологий (на языке OWL) – множества онтологий Web-сервисов O_{si} , онтологии запроса пользователя O_q и онтологии предметной области (ПрО), для которой O_{si} и O_q являются расширениями. Следует отметить, что в большинстве случаев O_q совпадает с онтологией ПрО, т.е. пользователь просто выбирает одну из онтологий ПрО, на которые ссылаются онтологии доступных Web сервисов, и только в некоторых случаях может формировать собственную онтологию (как правило, с помощью объединения нескольких онтологий или упрощения одной из предложенных – добавлять новые термины нецелесообразно, так как они не используются в описании семантики Web-сервисов, данных их раз-

работчиками. Необходимо найти такой сервис O_{sm} , для которого $\text{Podob}(O_q, O_{sm}) = \max_{i=1, n} \text{Podob}(O_q, O_{s_i})$ – коэффициент подобия с запросом пользователя будет максимальным. Вычисление такого коэффициента для каждого из доступных Web-сервисов состоит из следующих этапов:

1. Построение пересечения множеств терминов онтологий Web-сервиса и запроса $T(O) = T(O_{s_i}) \cap T(O_q)$.

2. Если это пересечение не пусто, то для каждого термина из $T(O)$ строятся два множества T_{si} и T_q – термины, которые связаны с ним в каждой онтологии различными отношениями.

3. Для каждого термина из $T(O)$ строится пересечение множеств T_{si} и T_q .

4. Анализ типов отношений между терминами из $T(O)$ и пересечения множеств T_{si} и T_q (все отношения онтологии делятся на три типа – иерархические, синонимические и прочие). Для этого используется два словаря отношений – R_{ierarh} и $R_{sinonim}$.

5. После этого строится коэффициент сходства онтологий, который является количественным отображением сходства семантики двух онтологий. При этом учитываются следующие факторы: вхождение одного и того же термина в обе онтологии; то, что два термина находятся в разных онтологиях в одном и том же отношении; то, что два термина находятся в разных онтологиях в отношениях одного типа или разных.

6. Строится коэффициент подобия запроса и Web-сервиса – аналогично п.5, но учитываются только те термины из $T(O) = T(O_s) \cap T(O_q)$, на которые ссылаются имена параметров Web-сервиса. Если полученный коэффициент выше определенной пользователем константы – коэффициента доверия, то считается, что Web-сервис удовлетворяет потребностям пользователя и может использоваться при компоновке составного Web-сервиса.

Таким образом, когда доступен набор онтологий, сходство между двумя на-

борами вычисляется путем сравнения набора сущностей описания *WoT*-объекты и набора сущностей каждой онтологии.

Для логического вывода на основе *DL* используют отношения категоризации (*subsumption*) и выполнимости (*satisfiability*) для поиска соответствия потенциальных соответствий.

Выводы

Главным преимуществом представления семантических моделей для описания компонентов *WoT* является обеспечение интероперабельности данных об этих объектах и сервисах.

Современный этап *Web*-технологий и, в частности, перспективы развития *WoT*, требуют формирования соответствующих методов и технологий для их эффективного использования. Представляется целесообразным применять для этого уже существующие и доказавшие свою полезность разработки, такие как *Semantic Web* и семантические *Web*-сервисы, модифицируя их в соответствии со спецификой использования объектов реального мира, связанных через *IoT*.

Разработанные алгоритмы и модели семантического распознавания информационных объектов на основе онтологического представления знаний об этих объектах для дальнейшего их использования в интеллектуальных информационных технологиях и приложениях требуют дальнейшего развития и усовершенствования с учетом гетерогенности среды *Web of Things*.

Список литературы:

1. Rob van Kranenburg The Internet of Things. A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID.- Waag Society Publishing, Amsterdam University, Holland. – 182 p.
2. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A survey// Computer Networks 54 (2010). – P. 2787–2805.
3. ITU Internet Reports, The Internet of Things, November 2012.
4. Гриценко В.И., Гладун А.Я., Рогущина Ю.В. Семантическое распозна-

вание информационных объектов на основе онтологического представления знаний о предметной области в задачах интеллектуального управления // Кибернетика и вычислительная техника, 2014, №4, вып. 178. – С. 5-22.

5. Gladun A., Rogushina J., Andrushevich A., Kurbatski A. Use of the ontological approach to semantic search in environments of the Internet of Things; February 20-22, 2014, IV International Scientific and Technical Conference Open Semantic Technologies for Intelligent Systems, OSTIS 2014, Minsk, Belarus. – P. 70-75.

6. Machine-to-machine (M2M) – the rise of machine// White Paper, Juniper, 2011.

7. Kindberg T, Barton J, Morgan J, Becker G, Caswell D, Debaty P, Gopal G, Frid M, Krishnan V, Morris H, Schettino J, Serra B, Spasojevic M. (2002) People, places, things: web presence for the real world. Mob Netw Appl 7:365-376.

8. Guinard D, Fischer M, Trifa V (2010a) Sharing Using Social Networks in a Composable Web of Things. Proceedings of the 1st IEEE International Workshop on the Web of Things (WoT 2010) at IEEE PerCom, Mannheim, Germany.

9. Luckenbach T, Gober P, Arbanowski S, Kotsopoulos A, Kim K (2005) TinyREST – A protocol for integrating sensor networks into the internet. Proceedings of the Workshop on Real-World Wireless Sensor Network: SICS. Stockholm, Sweden.

10. Gladun A., Rogushina J. Intelligent Techniques of User-Oriented Recognition of Objects from the Web Informational Resources // Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence, Vol 6, No 3, 2014. – P. 348-353.

11. Vermesan Ovidiu and Friess Peter Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems. – River Publishers, 2012.– 363 p.

12. Web вещей - визуализация энергопотребления – <http://www.webofthings.org/?s=energie+visible> .

13. Fielding Roy. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures (2000), Dissertation – <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>.

14. Andrushevich A., Tomek S. Klapproth A. The Autonomic Computing Paradigm in Adaptive Building // In Proceeding of the 2th Inter. Conference on Ambient Intelligence, Amsterdam, Netherlands, 2011.

15. Gladun A., Rogushina J. Use of Semantic Web technologies in design of informational retrieval systems // in Book “Building and Environment”, 2009 Nova Scientific Publishing, New-York, USA. – P. 89-103.

16. Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Репозитории онтологий как средство повторного использования знаний для распознавания информационных объектов // Онтология проектирования, № 1 (7), 2013. – С.35-50.

17. Levin M., Andrushevich A., Klapproth A. Composition of management system for smart homes // Information Processes, 2010, 10(1). P. 78-86.

18. Рогушина Ю.В., Гладун А.Я. Онтологическая модель интеллектуали-

зации сервис-ориентированных вычислений в распределенной среде Интернет // Проблемы програмування, №2-3, 2006. – С. 526-536.

19. Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Онтологический подход к поиску веб-сервисов в распределенной среде Интернет // Информатика, Минск, № 4, 2006. – С. 116-127.

20. Gladun A., Rogushina J. Intelligent Techniques of User-Oriented Recognition of Objects from the Web Informational Resources// Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence, Vol 6, No 3 (2014), 348-353, Aug 2014.- doi:10.4304/jetwi.6.3.348-353.- <http://www.ojs.academypublisher.com/index.php/jetwi/article/view/jetwi0603348353>

Статью представлено к печати 19.12.2014

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗВ'ЯЗАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ЗАДАЧІ У РОЗПОДІЛЕНОМУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Національний авіаційний університет

fknsau@meta.ua

Розглядаються складові елементи математичної моделі задачі призначення обчислювальних робіт при математичному моделюванні течії рідини на вузлі розподіленої обчислювальної системи. Використання цієї моделі дозволяє оптимізувати використання обчислювальних ресурсів

Ключові слова: математична модель, система різницевих рівнянь, розріджені структури даних

Вступ

Ряд наукових і технічних задач, зокрема задачі математичного моделювання розподілених фізичних систем, зводяться до великих розріджених систем алгебраїчних або диференціальних рівнянь. Алгоритми обробки та розв'язання таких систем рівнянь суттєво використовують властивість розрідженості вхідної системи.

Постановка проблеми

Потреби предметної області, до задач якої застосовують методи обчислювальної динаміки рідин, включають розв'язання задач великої розмірності для площинних та просторових областей складних геометричних форм. Велика розмірність задач приводить до необхідності мати значні обчислювальні потужності для їх розв'язання. Сучасними напрямками розв'язання цієї проблеми є виконання розподілених обчислень на апаратній основі багатоядерних комп'ютерних систем, використання графічних процесорів, або набору комп'ютерів, об'єднаних у розподілену обчислювальну систему. Актуальною науковою задачею є організація ефективного використання цих обчислювальних ресурсів. У даній статті розглядається ця задача в контексті прикладної задачі обчислювальної гідродинаміки.

Аналіз досліджень і публікацій

В якості модельної використано гідродинамічну задачу, розглянуту у статті

[1]. Залежно від специфіки досліджуваного технічного об'єкту, розмірність задачі може бути такою, що зробить неможливим її розв'язання за прийнятний час на однопроцесорній системі. Система різницевих рівнянь, до якої зводиться згадана задача, безперечно може бути віднесена до розріджених, оскільки, незалежно від загальної розмірності задачі, кожне з рівнянь цієї системи має фіксовану кількість доданків – від 1 до 12.

Для обробки та розв'язання таких систем рівнянь розробляються спеціальні алгоритми та структури даних, які суттєво використовують властивість розрідженості вхідної системи. Наприклад, для зберігання даних про розріджені матриці першого порядку – координатний формат, формат «стиснення розрідженого рядка» (CSR), формати, що використовують патерни розрідженості, та інші [2].

Чисельні методи розв'язання розріджених систем рівнянь загалом поділяють на прямі та ітераційні. Прямі методи, як наприклад метод Гауса розв'язання систем лінійних рівнянь, LU-факторизація та інші, отримують точний розв'язок системи рівнянь на основі обмеженої кількості операцій, яку можна визначити наперед. Ітераційні методи дозволяють за рахунок повторного виконання однотипних обчислень отримати послідовні наближення до точного розв'язку системи. У нескладних практичних застосуваннях часто надають перевагу прямим методам через їх стій-

кість та передбачуваність їх поведінки. Однак при збільшенні розміру систем, які необхідно розв'язувати, прямі методи стають неефективними через явище, яке для випадку лінійних систем отримало назву «заповнення розрідженої матриці» [3, 4]. При лінійному комбінуванні рядків матриці в ході прямого ходу метода Гауса, виконанні факторизації, тощо, перетворення матриці системи призводить до того, що матриця поступово стає все менш розрідженою. Але структури даних, в яких зберігалися коефіцієнти системи, початково були пристосовані до особливостей вхідної розрідженої системи, і тому нових даних, отриманих після її перетворення, зберігати не можуть; отже, в ході виконання алгоритму перетворення ці структури даних доводиться піддавати змінам, і обсяг їх при цьому суттєво зростає.

Тому для розв'язання розріджених систем рівнянь великої розмірності активно використовуються ітераційні методи, зокрема, градієнтні методи, методи, основані на підпросторах Крилова у поєднанні з методами неповної факторизації [5], а також багатосіткові методи, перевагою яких є добра масштабованість [6, 7].

Недоліком ітераційних методів пошуку розв'язку є те, що для довільних систем рівнянь збіжність послідовності отримуваних наближень до точного розв'язку системи не гарантована. Однак, якщо збіжності процесу вдається досягти, то для великих систем потреби у ресурсах для застосування ітераційних методів виявляються меншими, ніж для застосування прямих методів. Крім того, ітераційні методи позбавлені недоліків типу заповнення розріджених інформаційних структур, оскільки ітераційні методи, на відміну від прямих, не змінюють структуру та коефіцієнти системи; вони використовують ці дані тільки в режимі «для читання», в контексті обчислення нев'язок, наприклад, знаходження векторно-матричного добутку.

Ціль статті

Ціль статті полягає у розгляді складових частин математичної моделі задачі про призначення на вузли мережі обчислювальних робіт з чисельного розв'язання системи алгебраїчних та диференціальних рівнянь, породжених математичною моделлю руху рідини. Метою вказаної математичної моделі є оптимізація використання ресурсів розподіленої обчислювальної системи.

Основна частина

Розглянемо процес чисельного розв'язання двовимірної гідродинамічної задачі [1], використовуючи опис руху рідини рівняннями Нав'є-Стокса у наступній формі:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(U_x U_x) + \frac{\partial}{\partial y}(U_y U_x) = \\ = -\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 U_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} \right); \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(U_x U_y) + \frac{\partial}{\partial y}(U_y U_y) = \\ = -\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 U_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_y}{\partial y^2} \right); \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

де $U_x = U_x(x, y)$ та $U_y = U_y(x, y)$ – компоненти вектора швидкості за координатами x та y відповідно; $P = P(x, y)$ – тиск; ν – в'язкість рідини; r – щільність рідини.

Для компактності запису введемо позначення

$$U_x(x, y) = f(x, y); \quad U_y(x, y) = g(x, y). \quad (4)$$

З урахуванням позначень (4) запишемо різницеву схему для системи (1)–(3) на прямокутній розрахунковій сітці:

$$\begin{aligned} 2f_{i,j} \frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{\Delta_x} + g_{i,j} \frac{f_{i,j+1} - f_{i,j}}{\Delta_y} + \\ + f_{i,j} \frac{g_{i,j+1} - g_{i,j}}{\Delta_y} + \frac{1}{r} \frac{P_{i+1,j} - P_{i,j}}{\Delta_x} - \\ - \nu \frac{f_{i+1,j} - 2f_{i,j} + f_{i-1,j}}{\Delta_x^2} \end{aligned}$$

$$-v \frac{f_{i,j+1} - 2f_{i,j} + f_{i,j-1}}{\Delta_y^2} = 0 ; \quad (5)$$

$$g_{i,j} \frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{\Delta_x} + f_{i,j} \frac{g_{i+1,j} - g_{i,j}}{\Delta_x} + 2g_{i,j} \frac{g_{i,j+1} - g_{i,j}}{\Delta_y} + \frac{1}{r} \frac{P_{i,j+1} - P_{i,j}}{\Delta_y} - v \frac{g_{i+1,j} - 2g_{i,j} + g_{i-1,j}}{\Delta_x^2} - v \frac{g_{i,j+1} - 2g_{i,j} + g_{i,j-1}}{\Delta_y^2} = 0 ; \quad (6)$$

$$\frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{\Delta_x} + \frac{g_{i,j+1} - g_{i,j}}{\Delta_y} = 0 , , \quad (7)$$

де $f_{i,j}$, $g_{i,j}$, $P_{i,j}$ – значення функцій $f(x, y)$, $g(x, y)$, $P(x, y)$ в точці розрахункової сітки з номером (i, j) ; $\Delta_x > 0$ та $\Delta_y > 0$ – кроки розрахункової сітки за координатами x та y відповідно. У рівняннях системи (5)–(7) використано порядок індексів, що відповідає алфавітному розташуванню змінних (перший індекс відповідає координаті x , другий – координаті y).

В результаті простих математичних перетворень з рівнянь (5)–(7) отримуємо:

$$2\Delta_x \Delta_y^2 f_{i,j} f_{i+1,j} - 2\Delta_x \Delta_y^2 f_{i,j} f_{i,j} + \Delta_x^2 \Delta_y f_{i,j+1} g_{i,j} + \Delta_x^2 \Delta_y f_{i,j} g_{i,j+1} - 2\Delta_x^2 \Delta_y f_{i,j} g_{i,j} + \Delta_x \Delta_y^2 \frac{1}{r} P_{i+1,j} - \Delta_x \Delta_y^2 \frac{1}{r} P_{i,j} - v \Delta_y^2 f_{i+1,j} + 2v(\Delta_x^2 + \Delta_y^2) f_{i,j} - v \Delta_y^2 f_{i-1,j} - v \Delta_x^2 f_{i,j+1} - v \Delta_x^2 f_{i,j-1} = 0 ; \quad (8)$$

$$\Delta_x \Delta_y^2 f_{i+1,j} g_{i,j} + \Delta_x \Delta_y^2 f_{i,j} g_{i+1,j} - 2\Delta_x \Delta_y^2 f_{i,j} g_{i,j} + 2\Delta_x^2 \Delta_y g_{i,j} g_{i,j+1} - 2\Delta_x^2 \Delta_y g_{i,j} g_{i,j} + \frac{1}{r} \Delta_x^2 \Delta_y P_{i,j+1} - \frac{1}{r} \Delta_x^2 \Delta_y P_{i,j} - v \Delta_y^2 g_{i+1,j} + 2v(\Delta_x^2 + \Delta_y^2) g_{i,j} - v \Delta_y^2 g_{i-1,j} - v \Delta_x^2 g_{i,j+1} - v \Delta_x^2 g_{i,j-1} = 0 ; \quad (9)$$

$$\Delta_y f_{i+1,j} - \Delta_y f_{i,j} + \Delta_x g_{i,j+1} - \Delta_x g_{i,j} = 0. \quad (10)$$

Для виконання базових оцінок розглянемо найпростішу задачу про потік рідини у каналі прямокутного перерізу без перешкод. Нехай бокові стінки каналу паралельні осі координат Ox , вхідний та вихідний перерізи паралельні осі координат Oy . Введемо обчислювальну сітку, що має N_x вузлів вздовж осі Ox та N_y вузлів вздовж осі Oy . (Рис. 1.)

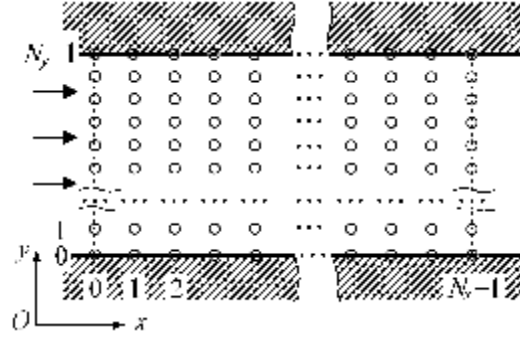


Рис. 1. Нумерація вузлів сітки прямокутної області.

Граничні умови задачі мають такий вигляд:

1) для вхідного перерізу:

$$P_{i,j} = P_1 = const, \quad i = 0, \quad j = \overline{0..(N_y - 1)}; \quad (11)$$

2) для вихідного перерізу:

$$P_{i,j} = P_2 = const, \quad i = 0, \quad j = \overline{0..(N_y - 1)}; \quad (12)$$

3) для верхньої (за зображенням рис. 1) бокової стінки:

$$f_{i,j} = 0, \quad i = \overline{0..(N_x - 1)}, \quad j = N_y - 1 \quad (13)$$

(умова прилипання);

$$g_{i,j} = 0, \quad i = \overline{0..(N_x - 1)}, \quad j = N_y - 1 \quad (14)$$

(умова нерозривності рідини біля стінки);

4) для нижньої (за зображенням рис. 1) бокової стінки:

$$f_{i,j} = 0, \quad i = \overline{0..(N_x - 1)}, \quad j = 0 \quad (15)$$

(умова прилипання);

$$g_{i,j} = 0, \quad i = \overline{0..(N_x - 1)}, \quad j = 0 \quad (16)$$

(умова нерозривності рідини біля стінки).

З міркувань можливості реалізації наведених скінченно-різницевих співвідношень для решітки, зображеної на рис. 1, можна отримати такі висновки:

1. Співвідношення (8) та (9), що містять другі різниці величин за координатними напрямками Ox та Oy , можуть бути записані тільки у внутрішніх вузлах решітки, і тому кожне з них породжує $(N_x - 2)(N_y - 2)$ рівнянь щодо невідомих величин системи.

2. Співвідношення (10) містить перші різниці величин за координатними напрямками Ox та Oy , і воно може бути записане у всіх вузлах решітки, окрім вузлів верхньої бокової границі та правого перерізу. Тому співвідношення (10) породжує $(N_x - 1)(N_y - 1)$ рівнянь щодо невідомих величин системи;

3. Кожне з співвідношень (11) та (12) породжує по N_y рівнянь щодо невідомих величин системи;

4. Кожне з співвідношень (13) – (16) породжує по N_x рівнянь щодо невідомих величин системи;

5. Загальна кількість рівнянь, породжених співвідношеннями (8) – (16), дорівнює

$$2(N_x - 2)(N_y - 2) + (N_x - 1)(N_y - 1) + 2N_y + 4N_x = 2N_x N_y - 4N_x - 4N_y + 8 + N_x N_y - N_x - N_y + 1 + 4N_x + 2N_y = 3N_x N_y - N_x - 3N_y + 9. \quad (17)$$

Величина (17) менша за кількість невідомих величин системи $(3N_x N_y)$. Це може свідчити про можливість існування сімейств розв'язків, що задовольняють заданим умовам. Для виділення одного з цих розв'язків можна доповнити систему додатковими співвідношеннями; наприклад, задати в ряді точок умови

$$g_{i,j} = 0, \quad (i, j) \in \{(i, j)_k\}. \quad (18)$$

Розглянемо задачу розподілу обчислювальних задач між хостами при уточненні розв'язку системи рівнянь (8) – (16), (18). Можна виділити наступні причини, що мотивують до організації розподілених обчислень:

- велика розмірність задачі, що може бути умовою для отримання розв'язків з достатньою (з погляду замовника) точністю наближення до реального процесу, або навіть необхідною умовою адекватності моделі;

- необхідність підтримувати зберігання чисел із великою кількістю значущих цифр (велика розрядність значень змінних), що може бути умовою збіжності ітераційного процесу з огляду на можливі ефекти втрати значень при роботі з слабо визначеними системами рівнянь;

- можливість розпаралелювання операцій обчислення окремих арифметичних виразів у складі системи рівнянь при поточних значеннях змінних;

- можливість розпаралелювання окремих операцій чисельного методу, що застосовується.

Обсяг обчислювальних операцій при розв'язанні задачі може бути оцінений на основі даних, наведених у табл. 1.

Таблиця 1. Кількість арифметичних операцій, необхідних для розрахунку лівих частин рівнянь (8) – (16), (18)

Рівняння	Кількість операцій	
	з пам'яттю	арифметичних
(8)	30	28
(9)	30	28
(10)	9	7
(11)–(17)	1	0

Припустимо, що уточнення розв'язку ведеться чисельним методом найшвидшого спуску. Застосування цього чисельного методу включає в себе по чергове повторення двох етапів.

На першому етапі ітераційного процесу визначаємо вектор градієнта функції нев'язки системи рівнянь (8) – (16), (18), на основі якого можна визначити оптимальний напрямок руху для застосування на другому етапі.

Компонентами вектора градієнта нев'язки є частинні похідні нев'язки за компонентами вектора невідомих величин системи. Кількість цих змінних дорівнює $3N_x N_y$, тому цю нев'язку необхідно б було розрахувати $3N_x N_y$ разів. (Вважаємо, що значення нев'язки у базовій точці да-

ної ітерації уже відоме, оскільки воно було знайдене на другому етапі попередньої ітерації. Скорочення кількості змінних на підставі граничних умов поки не будемо брати до уваги, вважаючи, що кількість граничних точок задачі значно менша за кількість внутрішніх точок розрахункової області, а також беручи до уваги, що в інших задачах граничні умови можуть мати і більш складну форму.) Однак цей обсяг розрахунків можна суттєво зменшити, врахувавши, що при зміні значення однієї з невідомих змінних змінюється нев'язка лише кількох рівнянь системи, до яких ця змінна входить.

Якщо розподіл навантаження між обчислювальними вузлами виконано шляхом поділу рівнянь на групи та розподілу груп рівнянь між вузлами, то доцільним підходом буде наступний: або одноразово передати алгоритм визначення кроків за змінними на кожен обчислювальний вузол, або ж на початку першого етапу кожної ітерації передати на кожен вузол дані про поточний базовий вектор та вектор кроків; кожен вузол самостійно обчислює нев'язки, що відповідають виконанню кроку за кожною із змінних, і передає отримані вектори нев'язок на керуючий вузол.

Більш доцільним з погляду організації операцій першого етапу виглядає розподіл рівнянь між обчислювальними вузлами на основі визначених груп змінних. Тобто, на кожному обчислювальному вузлі будуть зберігатися і оброблятися відомості про всі рівняння, що містять змінні, які входять до «сфери відповідальності» даного вузла. Недоліком цього підходу є деяка надмірність, що виявляється у двох аспектах.

Введемо наступні позначення:

V – множина змінних системи (8) – (16), (18);

V_i – підмножина змінних системи (8) – (16), (18), що є сферою відповідальності (за змінними) i -го обчислювального вузла, $i = 1..K$;

$$\bigcup_{i=1..K} V_i = V; \quad \forall i, j: V_i \cap V_j = \emptyset.$$

E_i – множина рівнянь системи (8) – (16), (18), які містять змінні, що входять до множини V_i ;

W_i – множина змінних, що входять до рівнянь множини E_i .

Перший аспект надмірності полягає в тому, що $\exists i, j: E_i \cap E_j \neq \emptyset$, тобто сумарна кількість рівнянь, що будуть зберігатися і оброблятися на обчислювальних вузлах, більша, ніж кількість рівнянь системи (8) – (16), (18), оскільки деякі рівняння будуть повторно зберігатися на різних обчислювальних вузлах.

Другий аспект надмірності полягає в тому, що для виконання першого етапу ітераційного процесу кожен (i -й) обчислювальний вузол повинен отримати інформацію про значення змінних з множини W_i . З системи (8) – (16), (18) видно, що $W_i \supset V_i$; внаслідок цього інформацію про поточні значення змінних та кроки пошуку необхідно буде розсилати з командного центру на обчислювальні вузли з частковим її дублюванням.

Метою другого етапу є знаходження оптимальної величини переміщення у попередньо визначеному оптимальному напрямку. Цей етап, в свою чергу, також має форму пошукового ітераційного процесу: за певним алгоритмом обирається крок переміщення, проводиться розрахунок координат нової точки і визначення відповідної нев'язки, після чого крок коригується. Процес повторюється, доки не буде знайдено локальний оптимум функції нев'язки. Очевидно, немає сенсу змінювати розподіл рівнянь між вузлами при переході від першого до другого етапу, тому все сказане вище про надмірність на першому етапі залишається вірним і для другого. При цьому обчислювальне навантаження з пошуку оптимального кроку можна розпаралелити ціною деякої надмірності операцій, випробовуючи одночасно два або більше різних кроки з однієї базової точки.

Таким чином, елементами математичної моделі призначення обчислювальних робіт для задачі, що розглядається,

будуть відомості про операції на вузлах, про операції обміну даними між вузлами, часові характеристики виконання окремих операцій, включаючи імовірнісні характеристики, пов'язані з контекстом роботи обчислювальних вузлів та каналів зв'язку, а також згадані вище параметри обчислювальної задачі – розмірність, розрядність, необхідну точність розв'язків.

Висновки

В статті розглянуто складові елементи математичної моделі задачі призначення обчислювальних завдань з математичного моделювання течії рідини на вузлі розподіленої обчислювальної системи. Використання цієї моделі дозволяє оптимізувати використання обчислювальних ресурсів.

Можливим та необхідним напрямком подальших досліджень є деталізація запропонованої математичної моделі з урахуванням трьох можливих варіантів організації обміну даними між вузлами, а також властивостей каналів обміну даними «клієнт-клієнт», «клієнт-сервер», «сервер-сервер» та обчислювальних потужностей кожного з них:

1. Однорангова мережа клієнтів, всі обмінюються інформацією з усіма. (Необхідно розробити оптимальний алгоритм колективного прийняття рішень клієнтами в умовах неповноти інформації на кожному з вузлів.)

2. Один командний сервер, який збирає дані з усіх клієнтів, приймає рішення про подальші дії та видає клієнтам відповідні команди;

3. Група командних серверів, які розв'язують цю задачу колективно. (Необхідно знайти оптимальну структуру поєднання командних серверів між собою та з клієнтами, та розробити оптимальний алгоритм колективного прийняття рішень командними серверами.)

Список літератури

1. Глазок О.М. Математичний метод розв'язання задач обчислювальної гідродинаміки /О. М. Глазок // Наукоємні технології. – 2014. – №2. – С. 168-171.

2. Старовойтов С.В. Формат Sky-line для хранения и обработки разреженных матриц нерегулярной структуры для численного решения СЛАУ/ С.В. Старовойтов //Вестник Балтийского фед. ун-та им. И. Канта. – 2008. – № 10. – С. 84-94.

3. Марчевский И.К. Анализ эффективности итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений, реализованных в пакете OpenFOAM /И.К.Марчевский, В.В.Пузикова. //Труды Ин-та системного программирования РАН.

4. Davis T. Direct Methods for Sparse Linear Systems (Fundamentals of Algorithms) / Timothy A. Davis. – Philadelphia: SIAM, 2006. – 217 p.

5. Saad Y. Iterative methods for sparse linear systems, 2-nd ed. /Yousef Saad. – Philadelphia: SIAM, 2003. – 528 p.

6. Краснопольский Б.И. Алгоритмические особенности создания многосеточного решателя СЛАУ на вычислительных системах с графическими ускорителями /Б.И. Краснопольский, А.В. Медведев. //Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. – 2014. – № 2 (1). – С. 210–217.

7. Trottenberg U. Multigrid /U. Trottenberg, C.W. Oosterlee, A. Schuller. – N.Y.: Academic Press, 2001. – 631 p.

Статтю подано до редакції 15.12.2015

USABILITY MANAGEMENT AT THE CONTEXT OF SOFTWARE ARCHITECTURE

National Aviation University

inna.guchenko@hotmail.com

The article is devoted to the issue of relationship between usability and software architecture. Architectural solutions that have influence on overall software usability through concrete properties and attributes are analyzed using the concept of usability patterns. The last one is applied to the earlier developed author's usability management method considering the usability model based on the latest standards. Conclusion is made that usability improvement in the context of the method of software usability management should be started from the design stage of the software lifecycle. Design solutions which have positive effect on particular usability property are defined

Key words: software usability, usability model, usability patterns, usability management, usability improvement, software architecture, software design, architectural solutions

Introduction

Achieving better usability through software architecture is not a new goal. In 1980s and early 1990s there was an assumption that usability is a property of presentation of information. Thus, separating presentation from application made it easier to modify presentation after achieving user feedback. Such assumption was wrong for developing usable systems. In later 1990s getting the correct functionality as well as presentation for good usability became the new emphasis. Nevertheless, even in that case system usability can be greatly compromised if the underlying architecture does not support human concerns beyond modifiability. Still nowadays, many software products suffer from usability issues that cannot be repaired without major changes to the software architecture. A large amount of maintenance costs are spent on dealing with usability problems [1], which are usually detected only during testing and deployment rather than during design and implementation. These high costs prevent developers from meeting all the usability requirements, resulting in systems with less than optimal usability. Explicit evaluation of usability during architectural design may reduce the risk of building a system that fails to meet its usability requirements. Also high cost of

adaptive maintenance can be prevented. From this perspective it is important to establish architectural solutions that have influence on overall software usability through concrete properties and attributes.

Literature analysis

In existing scientific works relationship between usability and software architecture is connected with the concept of a usability pattern. *Usability pattern* is a technique or mechanism that can be applied to the design of the architecture of a software system in order to address a need identified by a usability property at the requirements stage [2].

The collection of twenty usability patterns has been defined in [3]. The important aspects of the patterns are derived from the representing usability as three-layered model. The highest level – ISO 9126 sub-characteristics of usability. The next level contains a number of usage indicators which are indicators of the usability level that can actually be observed in practice when users are at work. Each of this indicators contributes to the abstract subcharacteristics of the higher level. The lower level is the level of means which are used in heuristics for improving one or more of the usage indicators. It is said that usability pattern should state the impact on the user indicators. The struc-

ture of a pattern is the following: problem, usability principle, context, forces, solution, rationale, example, known uses and related patterns. The patterns are task related and categorized according to the kind of usage problems they address: visibility, affordance, natural mapping, constraints, conceptual models, feedback, safety, flexibility.

Folmer and Bosch [1] also used a top down approach from the usability definition to usability patterns. The usability framework consists of attributes, properties and patterns. There is not one-to-one mapping between the usability patterns and the usability properties that they affect. The research is on the ground of four most commonly used by different authors usability attributes: learnability, efficiency, reliability and satisfaction. The corresponding properties are: providing feedback, error management, consistency, guidance, minimize cognitive load, natural mapping and accessibility. The patterns collection is different from the Welie's because the authors only considered fifteen patterns which should be applied during the design of a system's software architecture, rather than during the detailed design stage.

In [4] the relationship between the usability and software architecture has been investigated through the definition of a 26 scenarios which are in some way equivalent to properties and patterns in [2]. *Usability scenario* is defined as description of an interaction that some stakeholder has with the system under consideration from a usability point of view. An architectural pattern for each of the general usability scenarios has graphical representation and verbal components' description.

Grounding

Previous author's works are devoted to the development of the method and the tool of software product usability management [5]. It supports usability management based on the automated evaluation of users' feedback. The principal feature of this method is that not only usability evaluation, but also usability management is considered in the process of software creating. It is achieved by the automated construction of variant of

providing a given usability level during next iteration. The optimal way of such providing is based on mathematical models of software product usability evaluation and assurance, which are focused on usage of customers' feedback.

There are important questions about the stages of software lifecycle, where the recommendations of usability properties improvement should be implemented, and about impact of such recommendations on work products. Usability properties are related to software architecture and can be considered within the concept of usability patterns when applying the proposed method.

Described above usability patterns reaches are out of date in the sense of used usability definitions and subcharacteristics as they are grounded on the old standards.

The aim of the present article is to apply usability patterns concept to the author's usability management method considering the latest information about usability, particularly from ISO / IEC 25010:2011 (updated ISO / IEC 9126-1:2001) [6].

Case study

In many studies attempts to determine the usability are made, but often they are inconsistent [1]. Therefore, we will use the definition given in the standards ISO 9241-11 [7] and ISO / IEC 25010:2011 (updated ISO / IEC 9126-1:2001) [6]:

Usability – degree to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use.

The method of software usability management is based on the iterative evaluation of the current usability level during software creation and on the formation of optimal variant of achieving the established usability level, which is set by the developer at the beginning. Iterative usability estimation, while using the method in iterative development methodology, should be understood as being performed at each iteration, i.e., the completed cycle of development that leads to product release or version. For non-iterative development methodologies iterative usability

ity evaluation means its occurrence (repetition) in the management process.

The solution of the usability management problem according to the process approach [8] contains the following steps:

1. Construction of the usability hierarchical structure by experts. Includes development of metrics by top-down structural method [9] and contains the following levels:

a) top level – usability subcharacteristics. Choosing of the subcharacteristics is performed on the basis of the existing usability requirements using industry standards, own base of historical data about usability of the earlier created software products and on the ground of information about users' expectations. Priorities and interconnections between attributes and requirements are establishing. Also allowable ranges for numeric attribute values should be set with the help of managers and / or customer;

b) middle level – usability properties. Decomposition of usability subcharacteristics in calculated properties is performed;

c) lower level – usability measures. Decomposition of usability properties in measures is performed. Measures can be directly estimated in numerical form by users while using software product.

2. Calculation of usability properties' values on the basis of metrics' values derived from users' estimates.

3. Construction of the mathematical model for usability evaluation, which allows, according to the hierarchical model, to reduce the individual values of usability properties derived from users' ratings and experts' rankings into a single numerical value. If the obtained usability level is equal or more than specified, the report is formed, otherwise it is necessary to go to p. 4.

4. Construction of the mathematical model for usability assurance. The mathematical model of usability evaluation is supplemented by function of labor of usability properties changing, thus the model of optimal assurance of established usability level is obtained.

5. Formation of the optimal variant of providing a given usability level. The result is represented as a set of properties that need improvement (including the change value for each indicator). To determine the effect of changing parameters on the software product usability it is proposed to establish the existence and the form of relation between pairs of properties under consideration.

6. Implementation of the obtained variant of properties' changes and control of achieving the established usability level during the next iteration, if necessary - correction of the models.

Implementation of changes for improving usability can be started from the design stage using usability patterns. It is important to define the usability model. In the method above the hierarchical structure was chosen. To clarify this model the latest information about usability subcharacteristics was used.

In ISO / IEC 25010:2011 [6], which belongs to a series of standards SQuaRE (ISO / IEC 25000 - ISO / IEC 25099), usability is considered in two models: directly - in the product quality model; indirectly - in quality in use model. According to the first model usability has six subcharacteristics: appropriateness reconcilability, learnability, operability, user error protection, user interface aesthetics and accessibility. They form the basis for the specification of usability requirements and its evaluation. Sets of software properties correspond to subcharacteristics. List of properties was developed using QUIM model [11]. These properties match measures [8]. With regard to the measures that are calculated for each usability property, the corresponding list is presented in [8]. Measures are calculated using formulas or simple calculations on the ground of users' feedback (ratings).

Using Folmer and Bosh approach [1, 2] the usability framework was developed. It consists of subcharacteristics, properties and patterns. There is not one-to-one mapping between the usability patterns and the usability properties that they affect. There are twenty usability properties in the author's

usability model [8]. List of the patterns and their relations with the usability properties is grounded on the Folmer and Welie works. Graphical representation of the framework is on the fig. 1. Explanations are given below.

There is not necessary only one method to implement the solution presented in usability pattern. Patterns don't specify implementation details in terms of classes and objects. The main fields in describing patterns are *problem*, *usability context*, *rationale* and *solution* (or architectural implications). Solutions presented in usability pattern can be realized with different architectural and design patterns. For example, Undo may be implemented by Memento design pattern and Multiple views – by MVC architectural pattern etc. It is important to remember that pattern optimizes several usability properties while other properties become worse.

Time behavior, Attractiveness and Likeability have no analogical usability properties in related works [1-4], but in [3] the rationale for each pattern is created considering such usability aspects as Performance speed and Satisfaction.

After patterns [3] analysis it was defined that Time behavior property is affected positively by the following usability patterns:

- *Grid layout*: arranging all objects in a grid using the minimal number of rows and columns, making the cells as large as possible. As a result, the time needed to read the information and task completion time are reduced;

- *Preferences*: providing choices (for example, in a form of dialog box) for the user which will become the default. Tweaking the application for the particular purposes increases possible performance;

- *Focus* (object the user is working on): determines the context of the available

functionality. Windows containing relevant functionality are activated when the focus changes. This reduces time of function execution because less actions are needed;

- *Navigating between spaces*: grouping of elements in separate labelled spaces and allowing the user to select only one space in a time. Reduces time for searching an element;

- *Analogy*: using real world metaphors;

- *Favorites*: searching time is reduced by using favorites menu;

- *List browser*: allows the user to navigate directly from one item to the next and back. User does not need to go back to the index and reduces task time;

- *Continuous filter*: component allows user filter in real time only the items that are of his interest. User gets immediate result corresponding the search term.

Attractiveness and Likeability also are supported by the patterns listed above. Additional usability patterns which increases these properties are: Progress and Status indication, Context-sensitive help, Unambiguous format (allows user to enter data in the correct syntax) and Command area.

Relations between software usability and architecture show that usability improvement in the context of the method of software usability management should be started from the design stage of the software lifecycle. Architecture updating obviously affects the work products of the following stages. Also it can lead to necessity of requirements redefining, thus introduction of changes to the initial stage – requirements analysis. In this case, the cost of work performed to achieve a given usability level will be the greatest.

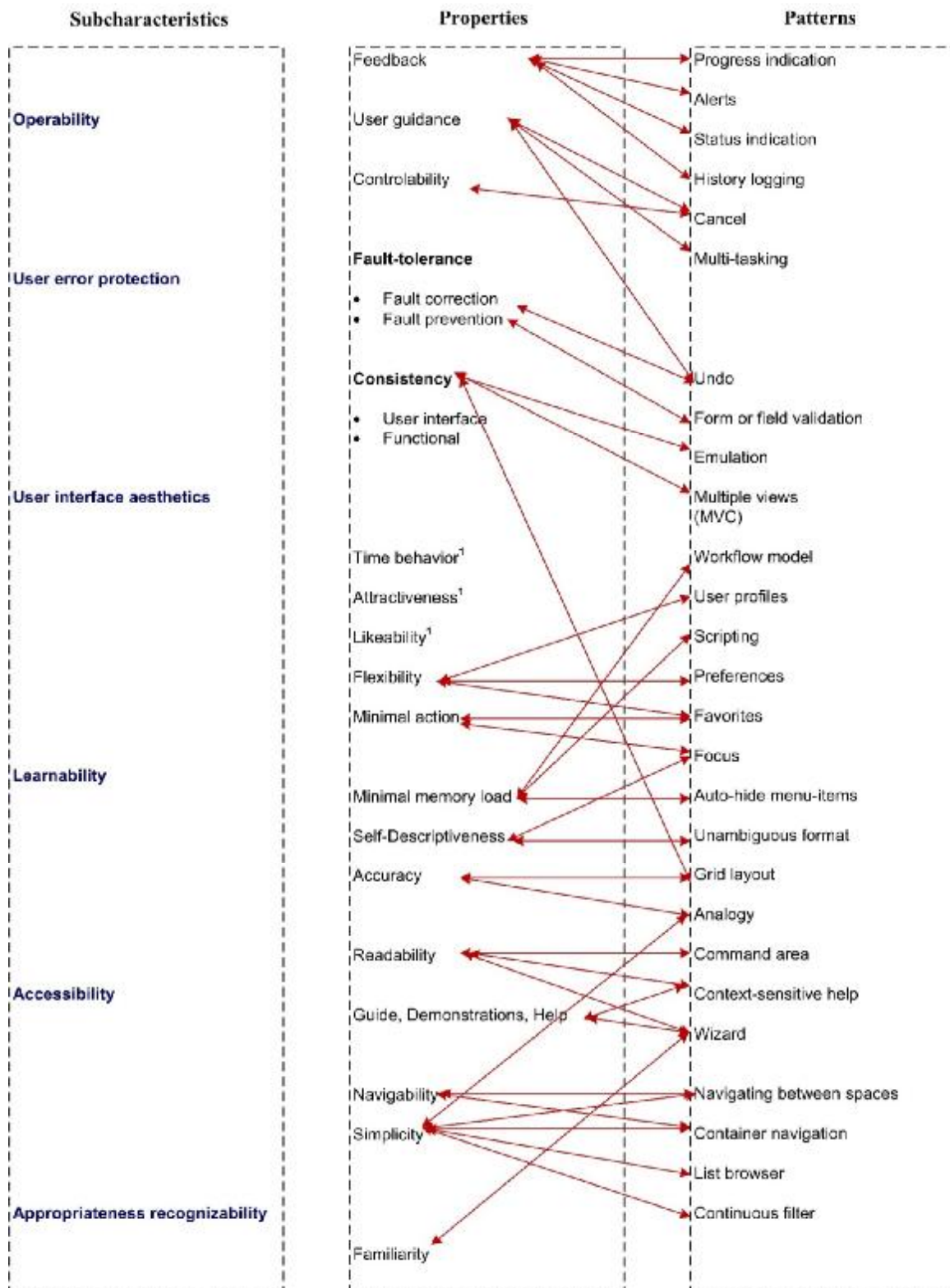


Fig. 1 Connection between usability and software architecture¹

¹ Connections between properties Time behavior, Attractiveness, Likeability and usability patterns are explained within the body of the article. Relations between usability subcharacteristics and properties are presented in the Annex A.

Conclusions

Designing usable software products is difficult and developers need effective methods. Earlier author's works were devoted to the creating of the method of software usability management during development. Current research shows that usability properties are related to software architecture and can be considered within the concept of usability patterns when applying the proposed method. Existing usability patterns researches are out of date in the sense of used usability definitions and subcharacteristics as they are grounded on the old standards thus old usability models are used. In the article usability patterns concept is applied to the author's usability management method considering the latest information about usability, particularly from ISO / IEC 25010:2011 (updated ISO / IEC 9126-1:2001). As a result, the method is clarified in the sense of ways of changes' implementation for improving usability at the design stage. Design solutions for each particular usability property are defined. The future work will be devoted to the analysis of concrete design and architectural patterns, which have a positive effect on the usability.

References

1. Folmer E. Experiences with Software Architecture Analysis of Usability / E. Folmer, J. Bosch // *International Journal of Information Technology and Web Engineering*. – 2008. – Vol. 3(4). – P. 1-29.
2. Folmer E. Usability Patterns in Software Architecture / E. Folmer, J. Bosch // *HCII'2003: proceedings*. – 2003. – P. 93-97.
3. Welie M. Interaction Patterns in User Interfaces / M. Welie, H. Traetteberg // *PloP'2000: proceedings*. – 2000. – P. 113-138.

4. Bass L. Achieving Usability Through Software Architecture / Bass L., John B., Kates J. – Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon SEI, 2001. – 103 p.

5. Гученко І.В. Метод і засіб управління зручністю використання програмних продуктів: дис. ... кандидата технічних наук: 01.05.03 / Гученко Інна Володимирівна. – К., 2012. – 124 с.

6. Systems and software engineering, Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), System and software quality models: ISO/IEC 25010:2011. – Geneva: International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2011. – 34p.

7. Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), Part 11: Guidance on Usability: ISO 9241-11. – Geneva: International Organization for Standardization, 1998. – 22p.

8. Руководство к своду знаний по управлению проектами (руководство РМБОК); пер. с англ. – [4-е изд] – Pennsylvania: Project Management Institute, 2010. – 463 с.

9. IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology: IEEE Std. 1061-1998. – N.Y.: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998. – p.

10. Padda Harkirat K. QUIM: A Model for Usability/Quality in use Measurement / Harkirat K. Padda. – Colne: Lambert Academic Publishing, 2010. – 124 p.

Interactions between usability subcharacteristics and properties

Subcharacteristics	Properties					
	Operability	User error protection	User interface aesthetics	Learnability	Accessibility	Appropriateness recognisability
Time behavior	+					
Attractiveness			+			
Likeability			+			
Flexibility			+		+	
Minimal action			+	+	+	
Minimal memory load			+	+	+	
User guidance		+	+	+	+	
Consistency	+		+	+	+	
Self-descriptiveness				+	+	
Feedback	+					
Accuracy		+				
Fault-tolerance	+	+	+			
Readability					+	
Controllability	+		+		+	
Navigability					+	
Simplicity				+	+	
Familiarity				+		
Guide				+		+
Demonstrations				+		+
Help				+		+

УДК 004.728.4(045)

Искренко Ю.Ю., к.т.н.

ПРОБЛЕМЫ КОРРЕКЦИИ И РЕКОНФИГУРАЦИИ ТРАКТОВ ПЕРЕДАЧИ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ТРАФИКА В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Национальный авиационный университет

iskra2008@gmail.com

Для решения данной задачи наиболее рациональным является использование широкополосных WIMAX сетей. Для достижения максимальной эффективности, рассматриваются способы перенастройки и компоновки, многолучевых WIMAX антенн

Ключевые слова: мультимедийный трафик, сеть WIMAX, цифровая антенная решётка

Вступление

При передаче мультимедийного трафика данные должны передаваться равномерным потоком. При этом важными параметрами является задержка пакета и дисперсия задержки, в то время как допускается частичная потеря данных. Это объясняется тем, что передаваемая информация должна воспроизводиться незамедлительно, то есть в реальном времени. Если при передаче аудио или видео трафика был потерян один пакет за секунду, пользователь этого, скорее всего не заметит, если же пакеты будут иметь высокую задержку или высокую дисперсию задержки, то на приёмной стороне звук или видео будет прерываться, и качество окажется неудовлетворительным.

Требуемой производительности, может достичь система WiMAX, основываясь на широкополосной беспроводной передаче, в основе которой две формы передачи: беспроводная и широкополосная.

Широкополосная сеть WIMAX

WiMAX проектировался, прежде всего, для обеспечения IP-based сервиса - это информация, голос, видео, передача сообщений или мультимедиа. Потребность поддержки мультимедиа и другое обслуживание со строгими требованиями QoS привела к новым изменениям в протоколах IP и WIMAX архитектуре.

Для практических систем, это возможно только посылая некоторую форму оцифрованной информации в спутнико-

вый канал связи или с помощью структуры множественного соединения типа вход/выход (MIMO) с обратной связью в IEEE 802.16e-2005 [1,2]. При этом используются разнообразные конфигурации антенн: разомкнутая антенная система MIMO из двух передающих антенн и двух приемочных антенн, связанных с замкнутой системой MIMO с предварительным линейным кодированием, используя четыре передающих антенны и две приемочные антенны.

Увеличение скорости передачи данных

Техника разнесенного радиоприема очень эффективна при усреднении плавного регулирования уровня сигнала канала, таким образом, увеличивается надежность системы. Методы получения разности также, в основном линейно, увеличивают среднее значение отношения сигнал/шум благодаря преимуществу массива антенной решетки. Полная формула Шеннона дает возможность достигнуть максимальной скорости передачи данных отдельного звена коммуникации в аддитивном белом Гауссовском шуме (AWGN) как:

$$C = B \log_2(1 + g),$$

где C - пропускная способность, или максимальная безошибочная скорость передачи данных; B - ширина полосы канала; и g снова является отношением сигнал/шум (или SINR). Благодаря достижениям в кодировании, и достаточному разнесу, становится возможным приблизи-

тельное получение предела Шеннона в некоторых беспроводных каналах.

Так как разнообразные антенны увеличивают отношение сигнал/шум линейно, то относительно числа антенн методы разнеса увеличивают производительность только логарифмически. Другими словами, при добавлении антенны, преимущество скорости передачи данных быстро уменьшается. Однако это справедливо тогда, когда отношение сигнал/шум является небольшим, увеличение производительности близко к линейному отношению сигнал/шум, так как $\log(1+x) \approx x$ для малых x . Следовательно, в каналах с низким отношением сигнал/шум, методы разнеса увеличивают производительность линейно, но полная пропускная способность является низкой вследствие низкого отношения сигнал/шум.

Чтобы получить более существенное увеличение скорости передачи данных в верхнем отношении сигнал/шум, для передачи множества независимых потоков может использоваться мультиантенный канал. Пространственное мультиплексирование может достигать линейно-

го увеличения скорости передачи данных с числом антенн с умеренно высоким отношением сигнал/шум ($SINRs$) с помощью сложных алгоритмов обработки сигналов. Определенно, производительность может быть увеличена как кратное число $\min(N_b, N_s)$ то есть, производительность ограничена минимальным числом антенн или в передатчике, или в приемнике [3].

MIMO

Рис. 1 демонстрирует структуру MIMO, которая состоит из идентичной стадии кодирования места/времени для системы открытой петли и стадии предварительного кодирования MIMO [3,4]. Предварительное кодирование сложной матрицы MIMO, с числом строк равных числу передающих антенн и числу столбцов, равных выводам блока кодирования места/времени. Линейная матрица предварительного кодирования пространственно смешивает различные параллельные потоки среди различных антенн, с соответствующей настройкой амплитуды и фазы.

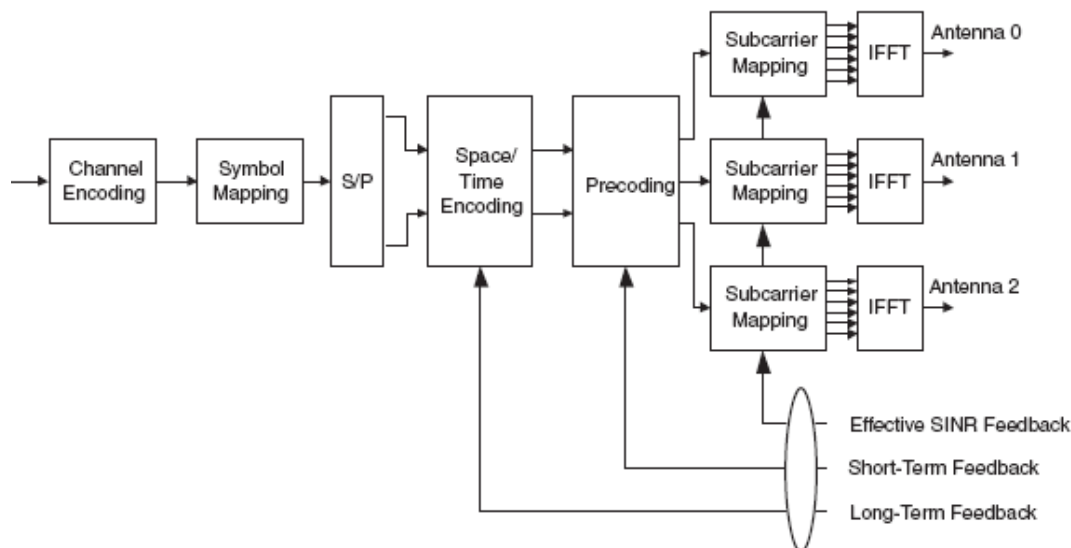


Рис. 1. Структура MIMO с обратной связью в IEEE 802.16e-2005

Чтобы определить соответствующую амплитуду и фазы различной размерности, передатчик требует некоторой обратной связи от мобильной станции (МС). В случае MIMO с обратной связью,

обратная связь широко разделяется в две категории: долгосрочная обратная связь и краткосрочная обратная связь. Долгосрочная обратная связь обеспечивает информацией, связанной с максимальным

числом параллельных потоков: ранг матрицы предварительного кодирования, которая используется для передачи нисходящей линии связи. Краткосрочная обратная связь обеспечивает информацию о предварительно кодированных матричных весах. *IEEE 802.16e-2005* стандарт определяет следующие пять механизмов так, что БС мог оценить оптимальную матрицу предварительного кодирования для операций *MIMO* с обратной связью.

Данные решётки являются двухполяризованными, что позволяет повышать эффективность работы средств связи в условиях многолучевого распространения радиоволн, проиллюстрированных на рис. 2, а при независимой передаче сигналов по каждой из поляризованных составляющих – дополнительно удвоить пропускную способность канала связи. При этом в антенной решётке достигнуто подавление кроссполяризованной помехи на 34-39 дБ.

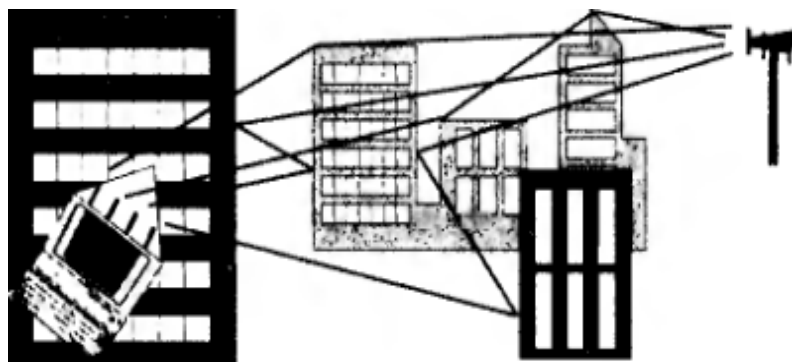


Рис. 2. Многолучевое распространение волн в системе *MIMO*

Однако при отсутствии ортогональности сигналов по частоте и времени прихода для работы процедур сверхрелеевого разрешения источников требуется столь значительное отношение сигнал-шум, что дальность связи резко сокращается. Двухэлементный вариант, в том числе полученный из четырёхканальной цифровой антенной решётки (ЦАР) попарным объединением её элементов, создаёт более простые условия для разрешения сигналов. Позволяет значительно увеличить дальность связи и даже выйти на ту же пропускную способность, что и в четырёхэлементной ЦАР, за счёт меньших ошибок измерения квадратурных составляющих амплитуд сигналов и, как следствие, возможности использования более высокоразрядной *QAM*-модуляции.

Поскольку расстояние между излучателями в антенных решётках, как правило, не превышает нескольких длин волн несущей частоты, используемой для передачи, при решении задачи измерения

параметров сигналов, одновременно формируемых каждым антенным элементом передающей ЦАР, угловое разрешение источников в достаточно большом диапазоне дальностей в рэлеевском смысле неприменимо. Для их же сверхрелеевого разрешения по угловой координате при таком разnose источников требуется слишком большое отношение сигнал-шум. Именно по этой причине дальность действия *MIMO*-систем с одновременным независимым излучением сигналов по парциальным каналам является крайне незначительной и ограничивается обычно сотней метров [4].

Чтобы повысить точность оценивания квадратурных составляющих амплитуд, предложено использовать в передающих каналах ортогональные по частоте сигналы по аналогии с концепцией метода *OFDM* (рис. 3). При этом для всех передающих модулей задаётся одинаковой длительности фрейма *OFDM*, а допустимое количество сигналов T в каждом из них определяется отношением ко-

личества точек K быстрого преобразования Фурье (БПФ), используемого для формирования в приёмной ЦАР сетки частотных фильтров, к количеству задействованных пространственных каналов передачи N , т.е. $T = K/N$.

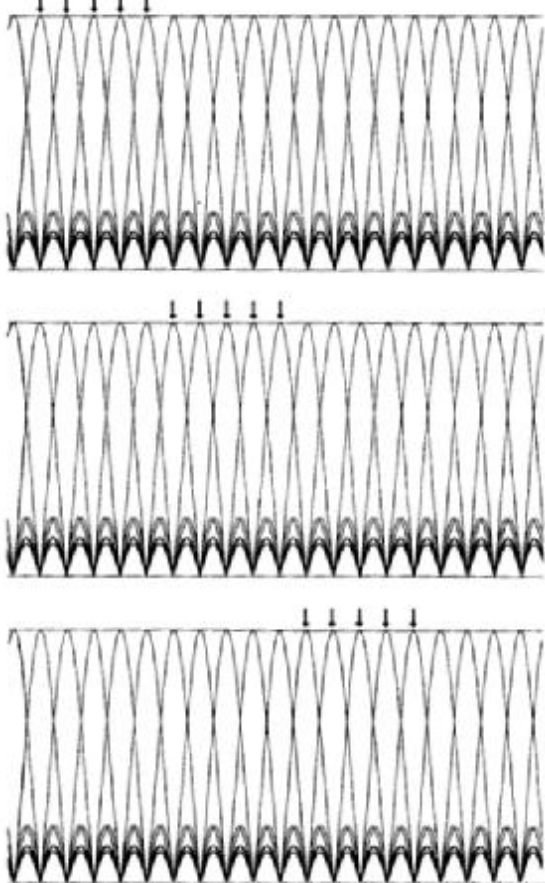


Рис. 3 Ортогональное расположение частот сигналов в передающих каналах ЦАР

Существенно, что для такого метода связи номиналы частот сигналов в каналах передающей ЦАР не должны повторяться (рис. 3). Это позволяет отдельно измерять в приемной ЦАР квадратурные составляющие амплитуд сигналов, сформированных парциальными излучателями активной решётки, при сильном сближении антенных элементов передающей ЦАР по обобщенной угловой координате. В результате приемные и передающие ЦАР, образующие *MIMO*-канал, можно весьма значительно разносить в пространстве. Данный разнос ограничен лишь требуемой точностью отношения сигнал-шум.

Выбор антенны

Когда число передающих антенн, N_t является большим, чем число параллельных потоков N_s - ранг матрицы предварительного кодирования, основанной на долгосрочной обратной связи - обратной связи выбора антенны, сообщает базовой станции (БС), какие из доступных антенн являются оптимальными для передачи нисходящей линии связи. Мобильная станция обычно вычисляет способность канала *MIMO* для каждой возможной комбинации антенн и выбирает комбинацию, которая развертывает способность канала. Мобильная станция указывает свой выбор антенн, используя вторичный канал быстрой обратной связи. Первичные и вторичные каналы быстрой обратной связи могут быть распределены индивидуально мобильными станциями. Мобильная станция может использовать метод одноадресной передачи, послать сообщение *FASTFEEDBACK*. Каждый первичный канал быстрой обратной связи состоит из одного слота *OFDMA*. Мобильная станция использует 48 параметров поднесущей подканала *PUSC*, чтобы нести информационно полезный груз в 6 битов.

Вторичный подканал быстрой обратной связи использует 24 экспериментальные поднесущие подканалы *PUSC*, чтобы нести полезный 4-битовый груз. Из-за такой высокой степени избыточности, первичная радиопередача и вторичное сообщение быстрой обратной связи в базовой станции менее склонны к ошибкам.

Выбор антенны - очень эффективный механизм обратной связи пропускной способности, что на более высоких скоростях является очень полезной особенностью, когда скорость обратной связи весьма высока. Выбор антенны имеет дополнительное преимущество в отличие от других режимов *MIMO* с обратной связью - число необходимых цепочек радиочастоты (*RF*) равно числу потоков N_s . Другие схемы *MIMO* с обратной связью независимо от того, сколько параллель-

ных потоков передано, требуют общее число Nt цепочек радиочастоты в передатчике.

Компоновка антенны

Компоновка антенн - понятие, которое позволяет базовой станции переставлять логический порядок передающих антенн. Как показано в выражении ниже, если $A1$ рассматривается как естественный порядок, $A2$ подразумевает, что логический порядок передающих антенн 2 и 3 переключен. Точно так же $A3$ подразумевает, что сначала, переключается логический порядок антенн 2 и 4, и затем переключается логический порядок антенн 3 и 4. Мобильная станция указывает точную перестановку и число передающих антенн, которые используются первичным каналом быстрой обратной связи. Компоновка антенны может также быть выполнена со всеми матрицами кодирования места/времени, как описано в предыдущем разделе для двух, трех, и четырех антенн.

$$A1 = \begin{bmatrix} S_1 & -S_2^* & 0 & 0 \\ S_2 & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & -S_3^* \\ 0 & 0 & S_4 & S_3^* \end{bmatrix}$$

$$A2 = \begin{bmatrix} S_1 & -S_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & -S_3^* \\ S_2 & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_4 & S_3^* \end{bmatrix}$$

$$A3 = \begin{bmatrix} S_1 & -S_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & -S_3^* \\ 0 & 0 & S_4 & S_3^* \\ S_2 & S_1^* & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Вывод

Для улучшения пространственного разрешения сигналов передающего сегмента *MIMO* при отсутствии их ортогональности по каким-либо параметрам могут использоваться особенности естественного либо искусственно распространения радиоволн и создания отражений. В итоге на приёмную решётку сигналы бу-

дут приходиться с увеличенным угловым разнесением.

Обработка сигналов *MIMO*-системами переживает сегодня активное развитие. Появилось достаточно много методов обработки сигналов *MIMO*, которые базируются на разложении корреляционной сигнальной матрицы на собственные вектора и собственные числа, при этом кодирование информации может быть заложено в величине собственных чисел. Развитие *MIMO* систем ведёт к появлению специализированных микросхем для такой обработки, резко удешевляющих производство соответствующего оборудования из чего следует широкое внедрение *MIMO* технологий в средства связи.

Список литературы

1. Шиллер И. Мобильные коммуникации // М.: Вильямс, – 2002. – 375 с.
 2. Andrews G., Chosh A., Muhamed R. Fundamentals of WIMAX // Understanding broadband Wireless Networking. – 2004. – 712 p.
 3. Viterbi A. CDMA: principles of spread spectrum communication // Addison Wesley Longman. – 1995. – 381 p.
- ET ST. High Performance Radio Local Area Network (HIPERLAN), Tgni-ETS, 300. – 1998. – 211 p.

Статью представлено к печати 23.12.2014

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

¹ ПАО «Хмельницкоблэнерго»

² Киевский национальный университет технологий и дизайна

polyfitt@gmail.com

Рассматривается оценивание качества деятельности предприятий как исполнение работы, а также в контексте требований и рекомендаций процессных стандартов управления, то есть на основе результативности, эффективности и достижения устойчивого успеха. Приводится обоснование иерархической схемы оценивания, идентификации трех групп показателей, эмпирического правила выбора показателей «10/80/10» – через его представление гиперболическим распределением. Это правило следует принимать во внимание как дополнительное условие баланса сбалансированных наборов показателей, наряду с выделением аспектов деятельности

Ключевые слова: деятельность, качество, оценивание, показатели, предприятие

Введение

Предприятие как оцениваемый объект описывается определенным набором показателей, интерпретируемых в виде переменных его деятельности. С помощью этих фиксируемых в описании предприятия величин осуществляется оценивание качества деятельности, представляющей интерес для субъекта проводимой оценки (руководители предприятия, владельцы бизнеса, государственные регулирующие органы). Современные требования к наборам показателей – их сбалансированность в рамках выбранных аспектов деятельности. Существует множество публикаций, связанных с построением инструментария сбалансированного оценивания деятельности предприятий, основоположниками которого являются Р. Каплан, Д. Нортон [1]. Однако, несмотря на обилие публикаций, посвященных сбалансированным наборам показателей (СНП), на научном и методологическом уровне отсутствуют подходы к формированию системы информационного обеспечения качества деятельности предприятий на основе анализа, обоснования и идентификации релевантных наборов показателей, с учетом значимости различных показателей.

Показатели качества деятельности – это совокупность отдельных положитель-

ных характеристик (отличительных свойств), выражающих степень приспособленности предприятия к достижению целей и полезности для заинтересованных сторон. Задача оценивания качества деятельности с точки зрения стандартов ДСТУ ISO 9001 и ДСТУ ISO 10014 – это, в первую очередь, задача сбора, обработки и использования показателей результативности и эффективности предприятия. Также стандарт ДСТУ ISO 9004 содержит руководство для предприятий по достижению устойчивого успеха, имея в виду результат способности предприятия, достигать целей и поддерживать такое состояние в течение длительного периода. Устойчивый успех – это обширная категория, характеризующая все аспекты деятельности предприятия, она представляет собой временные тенденции деятельности, вызванные стабильностью / нестабильностью хозяйственного развития. Оценка устойчивого успеха включает информационное обеспечение, во-первых, ретроспективного анализа деятельности предприятия и, во-вторых, диагностики деятельности в перспективе (прогнозирование). Под методологией ретроспективного анализа и перспективного прогнозирования понимается совокупность способов получения и обработки соответствующей информации.

Цель исследования

Разработка инструментария оценивания качества деятельности предприятий на основе наборов релевантных показателей.

Результаты исследования

Качество деятельности может быть математически представлено вектором, состоящим из показателей, характеризующих разные свойства. В литературе широко обсуждается проблема решения многомерных задач. Одним из подходов является ранжирование (упорядочение) показателей и сведение многомерной задачи к одномерной. Пусть состояние предприятия как сложной системы описано с помощью вектора, элементы которого в совокупности характеризуют многомерное качество деятельности этой системы: $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$. Показатели качества – неупорядоченное дискретное множество $Y = \{Y_i\}, i = \overline{1, k}$. Здесь Y_i определены в различных функциональных пространствах и разноразмерны; они могут отображать как результативность, так и эффективность предприятия. Результативность – степень реализации целей посредством выполнения запланированной деятельности и достижения запланированных результатов. Эффективность характеризует связь между достигнутыми результатами и использованными ресурсами. Устойчивость предприятия можно рассматривать как долгосрочную эффективность, то есть через расширенное определение эффективности [2]. Эффективность и устойчивость деятельности предприятия невозможно наблюдать напрямую, поскольку они находятся в будущем. Следовательно, соответствующие оценки необходимо вывести из показателей деятельности и достигнутых результатов.

Переосмысление традиционной финансово ориентированной концепции управления, и ее развитие в сторону многосторонней ориентации происходит с конца 80-х годов прошлого столетия. Модели измерения на базе новой концепции

получили в англоязычной литературе название *Performance Measurement*, измерение исполнения работы, или измерение достижений [3]. Понятие исполнения заключено в настоящем (в момент исполнения или деятельности) или в прошлом (в форме достижений) и может быть в принципе наблюдаемым и измеримым. Иногда предлагается перевод: *performance* – количество и качество работы, которая должна быть сделана. Исполнение включает в себя действия и результат. Действие – это не только инструмент для достижения результатов, оно также является результатом само по себе, поскольку представляет собой продукт ментальных и физических усилий, приложенных к задаче, и может быть оценено отдельно от результатов. Исполнение – это то, как делаются дела, и то, что именно делается.

Концепция измерения непременно входит в управление исполнением. Измерение лежит в основе обеспечения обратной связи, оно дает основу для ответов на два важнейших вопроса: «Стоит ли делать то, что мы делаем?» и «Хорошо ли оно сделано?». При этом нужно разграничивать измерение и оценивание, последнее подразумевает наличие суждения относительно исполнения работы.

Приведем следующие определения [4]. Мера (измеритель) исполнения (*Performance Measure*) – это описание (количественные и качественные характеристики) чего-либо, что может быть непосредственно измерено, например число переделок (исправлений или доработок) в сутки. Мера характеризует результат деятельности или успешность движения к достижению поставленной цели.

По нашему мнению можно соотнести меру исполнения работы с критерием результативности этой работы. Критерий как метод формального представления цели определяет, каким образом цель может быть достигнута и измерена (вынесено суждение о ней). Критерии можно сформулировать как краткие утверждения, описывающие конкретные действия, которые надо выполнить, чтобы достичь

целей. Критерий, как и мера исполнения работы – это описание чего-либо, что может быть непосредственно измерено.

Показатель исполнения (*Performance Indicator*) – это описание чего-либо, что может быть рассчитано на основе меры, например процент переделок (исправлений, доработок) в сутки в расчете на одного работника.

Измерение исполнения (*Performance measurement*) – процесс оценки прогресса в достижении целей, включая информацию (а) о результативности деятельности, выраженную конкретным вкладом (степенью) достижения запланированного; (б) об эффективности, с которой ресурсы превращаются в товары и услуги (результаты деятельности); (в) о качестве результатов деятельности (насколько хорошо они доставляются потребителям и в какой степени потребители удовлетворены); (г) о конечном эффекте (последствия в сравнении с намерениями). Следовательно, совокупность всех этих видов информации должна быть принята во внимание

при оценивании прогресса в достижении целей.

Традиционное представление результатов деятельности – это непосредственные и конечные результаты, а также влияние. Непосредственным результаты – это то, что мы сделали, конечные результаты – это то, что произошло. Оценку эффективности необходимо осуществлять по непосредственным результатам как экономии на затратах при получении этих результатов. Оценку результативности и устойчивого успеха осуществляют по конечным результатам (рис. 1). Эффективность отражает переход ресурсов и процессов в непосредственные результаты, результативность отражает переход непосредственных результатов в прямые конечные результаты, а устойчивый успех отражает переход прямых конечных результатов в косвенные конечные результаты. Влияние можно рассматривать как стратегический эффект устойчивого успеха предприятия [5].



Рис. 1 Оценивание качества деятельности с точки зрения непосредственных и конечных результатов

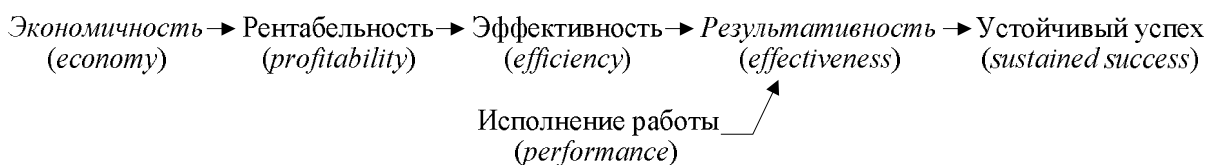
Оценивание качества – особый тип функции управления, направленный на формирование ценностных суждений об объекте оценки. Качество как самостоятельная характеристика внутренней сущности объекта проявляется во вне через свойства – отличительные особенности (атрибуты), выражение данного качества в отношении к другим качествам [6]. Свойство выражает такую сторону объекта, которая обуславливает его различие или общность с другими объектами и обнаруживается в его отношении к ним. Со-

стояние системы – это множество существенных свойств (характеристик), которыми система обладает на данный момент ее функционирования. Предприятие характеризуется множеством свойств, каждое из которых может иметь свою оценку. Свойства предприятия операционализируются с помощью процедур измерения, когда предприятию ставятся в соответствие некоторые значения, уровни, градации устойчивой совокупности присущих ему особенностей (признаков), выражающих данное свойство. Любое свойст-

во может рассматриваться лишь в том случае, если оно проявляется. В тоже время различные проявления одного и того же свойства необходимо сравнивать между собой. Данные – это зафиксированные результаты измерения признаков, выражающие свойства объектов. При этом вместо столь сложных категорий, как свойства объектов, для целей анализа используются лишь проявления соответствующих признаков на исследуемых объектах. Как правило, заранее не известно, какие свойства или выражающие их признаки должны быть включены в рассмотрение, а какие – нет.

Метрологические предпосылки оценивания качества деятельности предприятий включают комплекс научных основ и организационно-технических мероприятий, направленных на получение и использование достоверной измерительной информации о свойствах и состоянии

предприятия, то есть таких результатов измерения и контроля, использование которых исключает или сводит к допустимому уровню риск принять неправильное решение. Метрология занимается определением количественных характеристик объектов, не связывая их с обоснованием управляющих решений, как это принято в квалиметрии. В квалиметрии свойством (атрибутом) называется качество объекта, для которого установлена мера. Величина – значение, количественная характеристика меры. Показатель – это численное значение меры, по которому можно судить о состоянии, изменении или развитии чего-либо (предприятия). Какие показатели качества деятельности предприятия должны быть в центре внимания? Общая система оценивания предприятия, построенная по иерархическому признаку, может быть представлена следующим образом:



Экономичность заключается в снижении затрат на приобретаемые и используемые ресурсы с учетом требуемого качества. Она может быть определена как уменьшение стоимости ресурсов, используемых для деятельности, при сохранении соответствующего качества. Рентабельность – прибыльность, доходность; исчисляется как отношение прибыли к затратам (расходу ресурсов). В практике работы предприятий также используется понятие производительности (productivity) – отношение всего объема выпуска к используемым ресурсам. Эффективность является мерой, как производительности, так и результативности использования всех ресурсов – труда, капитала, земли, материалов, энергии, времени, информации. Результативность является показателем того, что производимая продукция, а также конечные результаты вносят вклад в достижение любых конкретных целей предприятия, будь то

удовлетворение запросов потребителей, получение определенных результатов в бизнесе или содействие движению в направлении социальных, экономических и экологических ориентиров, выбранных обществом. Исполнение работы является составляющей результативности, это, во-первых, внедрение новшеств – созидательные усилия по постоянному совершенствованию процессов и, во-вторых, качество трудовой жизни – удовлетворенность условиями труда, характером работы и предприятием в целом. Нас будет интересовать оценивание качества деятельности предприятия – исполнения работы, в первую очередь, в контексте эффективности и результативности.

Система оценивания качества деятельности основывается на различении групп показатели, например: (а) показатели условий существования деятельности – показатели входа, или вложенных ресурсов, главным образом финансовая

составляющая и кадры; (б) показатели процессов; (в) показатели результатов [7]. Уэйн Экерсон отмечает, что недостаток существующих правил выявления показателей состоит в том, что самым важным атрибутом ключевых показателей исполнения (КПИ) есть их действенность. Если тенденция для КПИ неблагоприятная, то пользователи должны знать, какие действия необходимы, чтобы исправить неблагоприятную тенденцию [8]. Поэтому ключевые показатели должны быть дополнены операционными – предназначенными сотрудникам, непосредственно связанным с производством, работой с потребителями, сервисом. Кроме того, предприятия, внедряющие СНП, сталкиваются с проблемой выбора не только наиболее важных показателей, помогающих видеть картину в целом, но и оцениванием ситуации и трендов во всех основных аспектах деятельности, например – ресурсном, операционном, потребительском, финансовом, инновационном.

Дэвид Парменгер предлагает маршрут выбора и внедрения СНП – формулирует четыре базовых принципа выбора ключевых показателей [9]. Наиболее важный принцип – согласование показателей со стратегией, чем достигается взаимная настроенность целей, персонала, процессов. Такой подход значительно облегчает выбор ключевых показателей, помогает отделить их от производственных. На основе этого подхода выделяем следующие три группы (категории) показателей:

- ключевые показатели результата (*Key Results Indicators, KRIs*) – эффективности / результативности предприятия: каково положение дел в целом?

- операционные показатели исполнения (*Operational Performance Indicators, OPIs*) – эффективности / результативности бизнес-процессов: что следует сделать, чтобы достичь соответствия основным целям (структурированным по аспектам деятельности)?

- ключевые показатели исполнения (*Key Performance Indicators, KPIs*): что мы должны сделать, чтобы резко ин-

тенсифицировать исполнение для достижения основных аспектных целей (ОАЦ)?

Парменгер утверждает, что при выборе числа показателей хороший результат дает правило «10/80/10» (*KRIs: 10, OPIs: 80, KPIs: 10*). Это эмпирическое правило идентификации групп показателей по нашему мнению объясняется тем, что показатели стратифицированы в соответствии с гиперболическим законом, а в основе стратификации лежат различия в значимости (ценности) отдельных показателей с точки зрения оценивания деятельности предприятия. Гиперболическое распределение описывается функцией Ципфа-Парето, ранговая форма которого имеет следующий вид [10]:

$$A(r) = A_1 / r^\alpha, \quad (1)$$

где $A(r)$ – доля показателей, оценивающих r -ю группу в списке, упорядоченном по убыванию информационной продуктивности групп (количеству комплектующих их показателей);

A_1, r – параметры распределения (коэффициент аппроксимации и номер ранга соответственно);

α – ранговый коэффициент, характеризующий степень крутизны кривой распределения: чем больше α , тем больше вогнутость гиперболы и тем больше разрыв между численностью показателей отдельных видовых групп; он имеет теоретическое обоснование, но обычно просто подбирается под эмпирику; $0,5 \leq \alpha \leq 1,5$).

Ранговое видовое распределение (1) получается в результате процедуры ранжирования показателей по невозрастающей последовательности видовых групп, поставленных в соответствие рангу. При этом первый ранг будет иметь группа наименее важных показателей с точки зрения оценивания полного результата деятельности (однако их, как правило, больше всего, поэтому и информационная продуктивность будет наибольшей).

Распределение (1) может быть изображено в графической форме как зависимость количества показателей, которые представляют вид, от ранга (рис. 2). Ранг – это номер по порядку в некотором упорядоченном распределении.

Построение распределения показателей по информационной продуктивности видов описывается законом Ципфа-

Парето с количеством показателей, равным или бо́льшим:

- количества установленных аспектов деятельности (для *KRIs*);
- количества ОАЦ, идентифицированных как наиболее важные (для *KPIs*);
- количества критериев достижения всех ОАЦ (для *OPIs*).

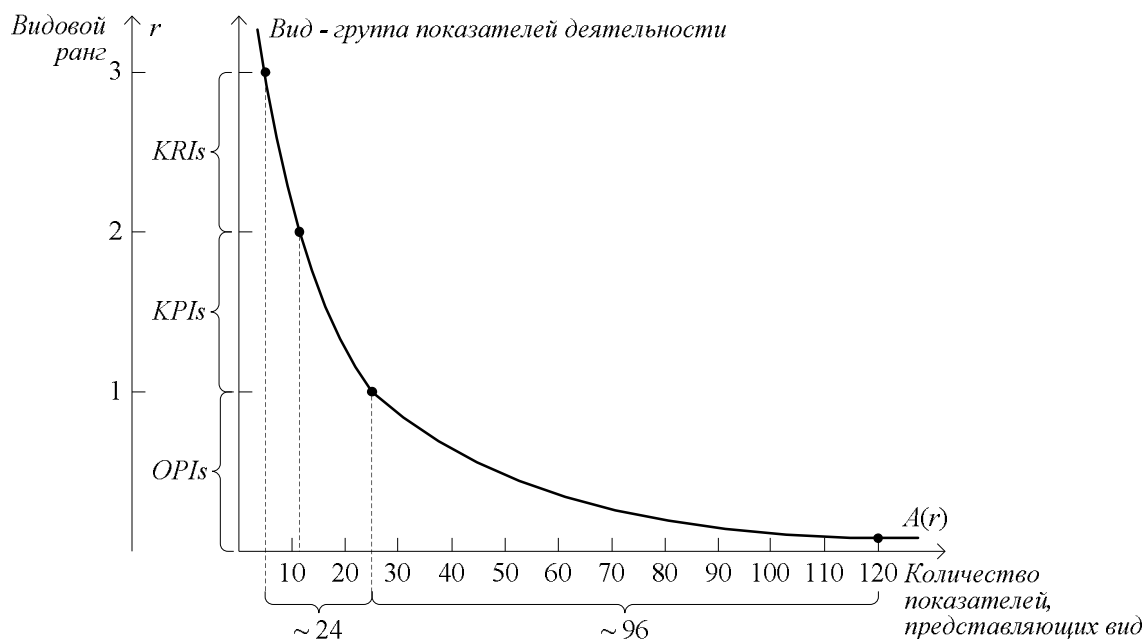


Рис. 2. Ранговое видовое распределение количества показателей

Полученное таким образом распределение не претендует на большую достоверность и может быть перестроено с учетом перспективных показателей, релевантных в реальных изменяющихся условиях деятельности предприятия. Если число аспектов деятельности и/или ОАЦ, критерии достижения ОАЦ, изменяются, то строится новое распределение. Окончательный вариант искомого распределения (в сложившихся условиях работы) выбирается экспертным путем с учетом ресурсных возможностей предприятия.

Ранговые распределения возникают при изучении многокомпонентных систем самой различной природы. Говоря общо, в любой системе существуют компоненты, сравнительно немногочисленные, которые обладают, в некотором смысле, высоким статусом (распространенностью, информативностью), и значительно

больше компонентов с низким статусом, причем по мере понижения статуса число компонентов увеличивается [11]. Структурная особенность закона Ципфа-Парето отражает глубинные механизмы формирования сложных систем, в частности, систем информационного обеспечения, обуславливающие оптимальность СНП. Речь идет об эффекте концентрации и рассеяния, который заключается в том, что малозначимые результаты характеризуются большим числом показателей, а меньшая часть показателей характеризует наиболее важные результаты. Эта закономерность организации оценивания деятельности подразумевает необходимость избыточности – «фона» наименее значимых показателей, который неотделим от «ядра» наиболее важных показателей. Закон носит не жестко детерминированный, а статистический характер и верен лишь

в среднем. Главное здесь – не цифры процентного соотношения, а тот факт, что существует устойчивое соотношение между численностью групп показателей и степенью важности полного результата деятельности, контролируемого этой группой. Распределение (1) – это признак «правильности» (хорошей организации) показателей, взятых как единое целое. Оно используется как базовая установка правильного выбора минимума самых важных показателей, чтобы получить значительную часть оценки полного результата деятельности предприятия. При этом дальнейшее улучшение оценивания неэффективно и может быть неоправданно. Любые отклонения элементов рангового распределения показателей от гиперболы (1) вносят в нее дисбаланс и неустойчивость и требуют оптимизации, которая заключается в устранении аномальных отклонений. Правильно идентифицированные и правильно измеренные показатели приводят к результатам, которые отражаются гиперболическим законом рангового распределения, а любые недочеты в системе оценки дадут искажения в форме кривой: выпадение точек из теоретической кривой, горбы, хвосты, изломы, отступление от гиперболы. Оптимизация СНП осуществляется двумя путями [12]:

- номенклатурная оптимизация – целенаправленное изменение (увеличение или уменьшение) численности (разнообразие) СНП, устремляющее ранговое распределение по форме к идеальному;

- параметрическая оптимизация – целенаправленное изменение отдельных показателей, их параметрической принадлежности (эффективность, результативность, устойчивый успех).

Выводы

Методология построения ранговых распределений, а также их последующее использование в целях оптимизации СНП составляет основное содержание рангового анализа. Для его использования следует рассматривать семейства структурных единиц – показателей как некоторую це-

лостность. Глубокая теоретическая проработка, многочисленное апробирование на практике в самых разных областях человеческой деятельности позволяют считать ранговый анализ надежным средством решения задач определенного класса, в нашем случае – оптимального построения СНП. Следствием закона (1) и является как раз эмпирическое правило Парментера и принцип 80/20 – принцип Парето, согласно которому небольшая доля (20%) наиболее значимых показателей отвечает за большую долю результатов (80%). Использование принципа 80/20 дает реальное представление о деятельности предприятия, поэтому должно являться неотъемлемым свойством системы информационного обеспечения качества деятельности.

В связи со сказанным выше перспективным направлением в области обеспечения заданного уровня результативности и эффективности деятельности предприятий, достижения устойчивого успеха, является информатизация процессов управления, а также интеллектуализация процедур принятия решений. Необходимо проведение исследований свойств моделей, описывающих предприятие, методов и алгоритмов решения задач управления. На этой основе – разрабатывать новые пути информатизации, а впоследствии и интеллектуализации процессов управления.

Новое должно заключаться в более целостном взгляде на проблемы качества деятельности. Деятельность предприятий нельзя оценивать только на основе традиционных статистических данных, нужны показатели исполнения, которые позволяют рассматривать результаты одновременно и с количественной, и с качественной стороны. Наиболее удовлетворительно распределение показателей по степени важности оценивания полного результата деятельности предприятия может быть описано распределением Ципфа-Парето, что позволяет достичь баланса ключевых и операционных показателей. Деятельность должна оцениваться посредством

СНП, соотнесенных не только с выделенными аспектами деятельности (которые задают условие баланса), но и с гиперболическим распределением показателей, примером реализации которого является правило «10/80/10» Д. Парментера.

Список литературы

1. Каплан Роберт С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон; пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2010. – 320 с.
2. Мейер Маршал В. Оценка эффективности бизнеса / Маршал В. Мейер; пер. с англ. – М.: ООО «Вершина», 2004. – 272 с.
3. Business Performance Measurement: Unifying Theory and Integrating Practice / edited by Andy Neely. – Cambridge: Cambridge University Press, UK, 2007. – 528 p.
4. Brown J., Devlin J. Performance measurement – the ENAPS approach / J. Brown, J. Devlin // The International Journal of Business Transformation. – 1997. – Vol. 1, № 2. – pp. 73-84.
5. Kovalev A.I. Information Support of the Performance Quality of an Enterprise / A.I. Kovalev // Scientific and Technical Information Processing. – 2013. – Vol. 40, No. 2. – pp. 109-118.
6. Бондаревский А.С. Аксиоматика точности информационных операций / А.С. Бондаревский // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 6. – С. 11-25.
7. Brennan J., Goedegebuure L., Shan T., Westerheijden D., Weusthof P. Towards a Methodology for Comparative Quality Assessment in European Higher Education. – Enschede: Center for Higher Education and Policy Studies (CHEPS), Netherlands, 1992.
8. Wayne W. Eckerson, Performance Dashboards: Measuring, Monitoring and Managing Your Business, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons Publishers, 2006. – 294 p.
9. Парментер Д. Ключевые показатели эффективности. Разработка, внедрение и применение решающих показателей / Дэвид Парментер; пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009. – 288 с.
10. Хайтун С.Д. Количественный анализ социальных явлений. Проблемы и перспективы / С.Д. Хайтун. – М.: Ком-Книга, 2010. – 280 с.
11. Яблонский А.И. Модели и методы исследования науки / А.И. Яблонский. – М.: Эдиториал УРСС, 2001 – 400 с.
12. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов. – Калининград: Изд-во КИЦ «Техноценоз», 2014. – 475 с.

Статью представлено в редакцию 24.12.2014

ФОРМИРОВАНИЕ МНОЖЕСТВА НЕПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ПУТЕЙ В БЕСПРОВОДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт"

koganav@yandex.ru

На основе алгоритма Дейкстры разработан алгоритм многопутевой маршрутизации, формирующий множество непересекающихся путей и характеризующийся меньшей временной сложностью по сравнению с базовым алгоритмом многопутевой маршрутизации

Ключевые слова: беспроводные компьютерные сети, многопутевая маршрутизация, алгоритм Дейкстры, временная сложность

Вступление

Расширение сферы использования беспроводных компьютерных сетей и повышение их мобильности в рамках высокопроизводительных компьютерных систем с динамическим распараллеливанием вычислительных процессов предъявляет новые, более высокие, требования к качеству обслуживания, обеспечению надежности и безопасности передачи информации. Одним из путей решения данной задачи является использование многопутевой маршрутизации, которая позволяет осуществить равномерную загрузку каналов передачи данных. Особую актуальность принимает задача многопутевой маршрутизации в беспроводных компьютерных сетях.

Обзор существующих решений

Для мобильных сетей характерны быстрота развертывания, простой доступ к информации и возможность масштабирования, однако все эти преимущества одновременно являются и недостатками беспроводных сетей. В работе [1] рассмотрена проблема создания секретных ключей между взаимодействующими узлами, а также предложено несколько способов ее решения: схема аутентификации, создания попарного ключа и схема аннулирования узла в мобильной сети.

Для организации равномерной загрузки каналов передачи данных в работе [2] предложен способ безопасной многопутевой маршрутизации, который позволяет обеспечивать максимально безопасную передачу информационных сообщений. С целью оптимизации процедуры формирования непересекающихся маршрутов целесообразно определить множество непересекающихся маршрутов.

Для организации многопутевой безопасной маршрутизации, в работе [3] нахождения множества путей определено с помощью модифицированного алгоритма Дейкстры, что позволит уменьшить время поиска путей.

Постановка задачи

К недостаткам многопутевой маршрутизации следует отнести значительную временную сложность формирования множества путей, которая при известных комбинаторных методах поиска путей равна $O(kN^2)$, где: k - количество формируемых путей; N - число узлов коммуникационной сети. В связи с этим возникает задача сокращения временной сложности формирования множества путей, которая особенно актуальна для беспроводных сетей в силу их динамической реконфигурации и использовании относительно низкоскоростных каналов связи.

Решение поставленной задачи

Комбинаторные алгоритмы формирования множества непересекающихся путей осуществляют последовательный поиск непересекающихся путей, например, с помощью алгоритма Дейкстры. Временная сложность алгоритма Дейкстры нахождения кратчайшего пути равна $O(N^2)$, где N - множество вершин графа топологии сети.

Для организации множества непересекающихся путей в рамках данной работы предложено использовать модифицированный алгоритм Дейкстры. При нахождении каждого последующего пути, вершины, входящие в предыдущие пути не

учитываются. В этом случае временная сложность нахождения k непересекающихся путей вычисляется следующим образом:

$$O\left(N^2 + \sum_{i=2}^k \left(N - \sum_{j=1}^{i-1} N_{L_j}\right)^2\right)$$

где: N – общее число узлов сети;
 k – количество непересекающихся путей;

N_{L_j} – число вершин пути L_j .

Рассмотрим пример формирования множества непересекающихся путей на примере графа, представленного на рис. 1.

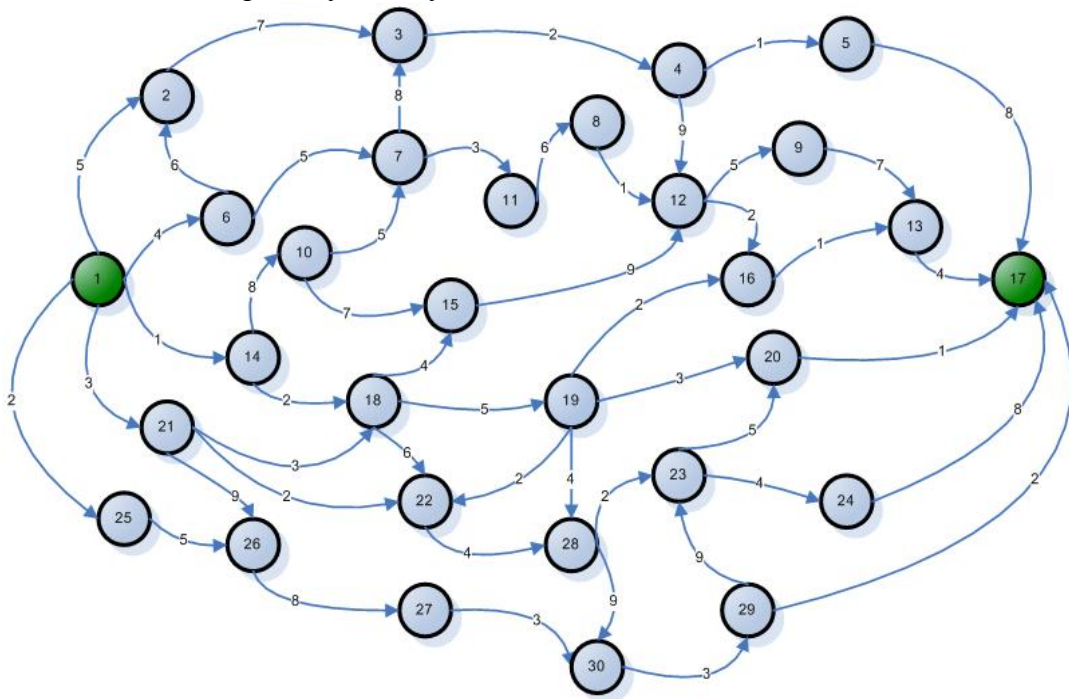


Рис. 1. Граф сети

Поиск первого кратчайшего пути осуществляется с помощью алгоритма

Дейкстры (рис. 2). Временная сложность поиска первого пути составляет:

$$O(N^2) = 30^2 = 900.$$

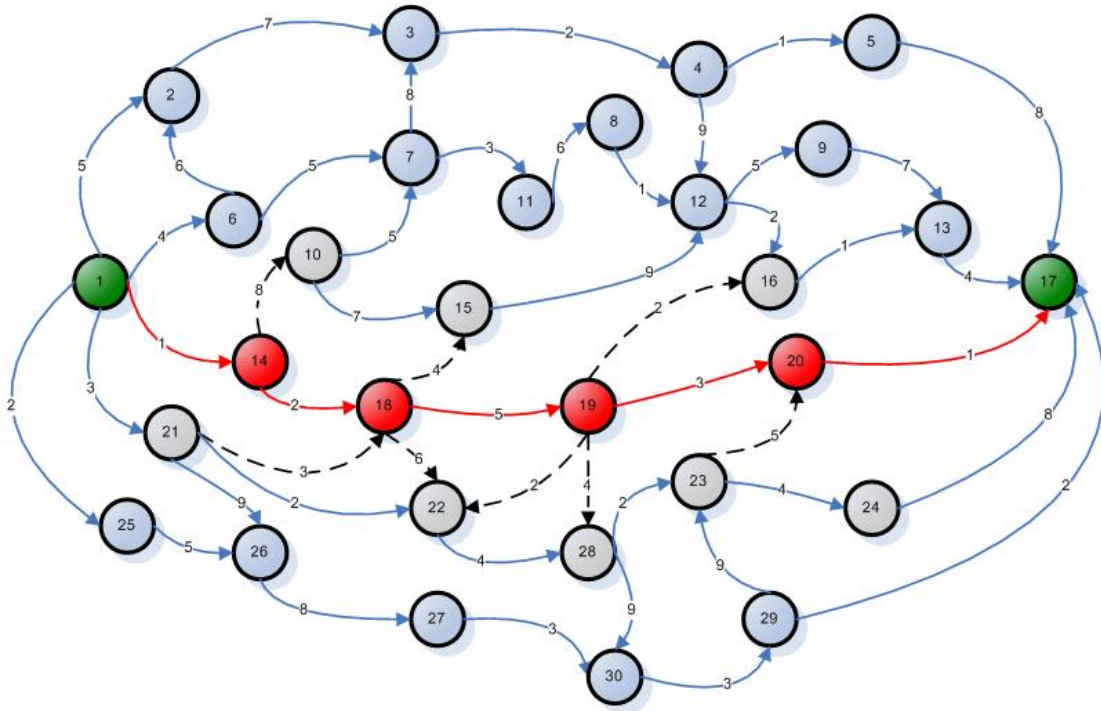


Рис. 2 Поиск первого пути

Следующим шагом в формировании множества путей будет разбиение исходного графа на два независимых графа. Для этого удалим все ребра, которые соединены с узлами основного пути, а узлы, которые являются соседними для данного

маршрута пометим, как узлы, которые не могут быть включены в другие независимые маршруты. Дальнейший поиск осуществляется в двух сформированных независимых областях (рис. 3).

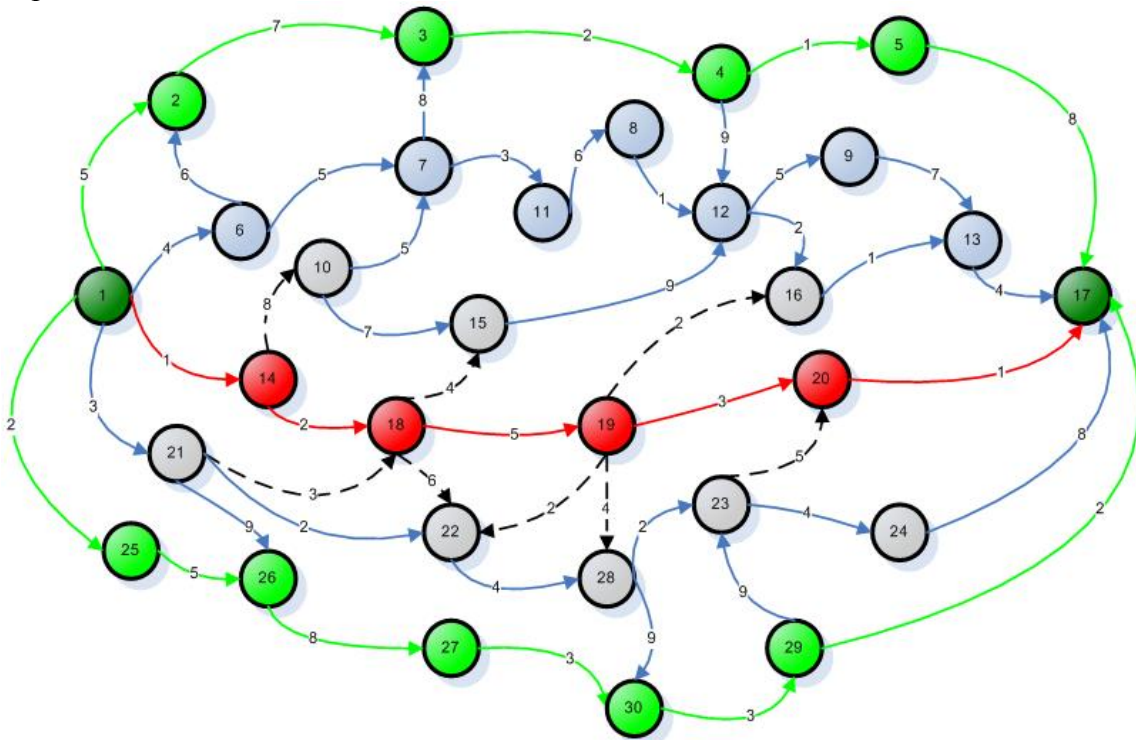


Рис. 3 Поиск следующих путей

Обсчитаем сложность поиска путей в двух независимых областях:

Таблица 1. Сложность поиска путей на 2-ом этапе

Верхняя область (1)	Нижняя область (2)
$n = 16$	$n = 12$
$O(N^2) = 256$	$O(N^2) = 144$

Общая сложность на 2 этапе:

$$O_1 + O_2 = 256 + 144 = 400.$$

Используя обычный алгоритм Дейкстры:

$$O_1 = (30 - 4)^2 = 676$$

$$O_2 = (30 - 4 - 4)^2 = 484$$

$$O_1 + O_2 = 676 + 484 = 1160.$$

Аналогично предыдущему шагу удаляем все ребра, которые соединены с узлами, найденными на 2-ом шаге. В итоге формируется множество непересекающихся путей.

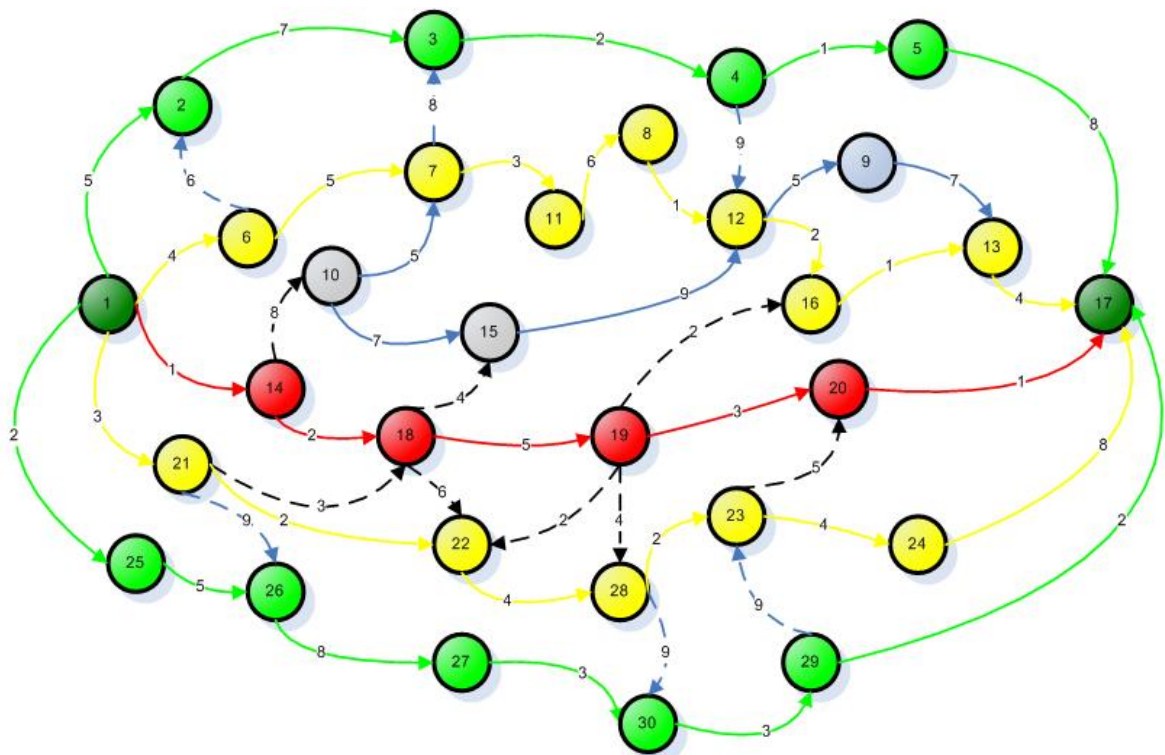


Рис. 4. Множество независимых путей

Таблица 2. Сложность поиска путей 3-ем этапе

Верхняя область (3)	Нижняя область (4)
$n = 12$	$n = 0$
$O(N^2) = 144$	$O(N^2) = 0$

Общая временная сложность 3 этапа:

- Модифицированный алгоритм -

$$O_3 + O_4 = 144 + 0 = 144;$$

- Алгоритм Дейкстры -

$$O_3 + O_4 = (30 - 13)^2 + (30 - 20)^2 = 389.$$

Суммарная сложность поиска всех путей с использованием модифицированного алгоритма:

$$O_0 + O_1 + O_2 + O_3 + O_4 = 1444.$$

Суммарная сложность поиска всех путей, используя алгоритм Дейкстры:

$$O_0 + O_1 + O_2 + O_3 + O_4 = 2449.$$

Нахождения которой можно представить формулой:

$$O \left(\sum_{j=1}^k (N_{V_j})^2 \right)$$

где: N – общее количество вершин сети;

k – количество путей, что не пересекаются;

N_{V_j} – количество исследованных вершин для нахождения пути L_j , если $N_{V_j} = L_j \rightarrow N_{V_j} = 0$.

Таблица 3. Множество непересекающихся путей

Этап (путь)	Путь	N_{L_j}	N_{V_j}
1	1->14->18->19->20->17	4	30
2	1->2->3->4->5->17	4	16
3	1->25->26->27->30->29->17	5	12
4	1->6->7->11->8->12->16->13->17	7	12
5	1->21->22->28->23->24->17	5	7 -> 0

Сравнительный анализ временной сложности поиска множества непересекающихся путей с использованием алгоритма Дейкстры и модифицированного алгоритма Дейкстры приведены в табл. 4.

Таблица 4. Временная сложность поиска множества путей

Путь	Временная сложность			
	Алгоритм Дейкстры		модифицированный алгоритм Дейкстры	
1	900	900	900	900
1,2	900+676	1576	900+256	1156
1,2,3	1576+484	2060	1156+144	1300
1,2,3,4	2060+289	2349	1300+144	1444
1,2,3,4,5	2349+100	2449	1444+0	1444

Представим данные в виде графика (АД - алгоритм Дейкстры).

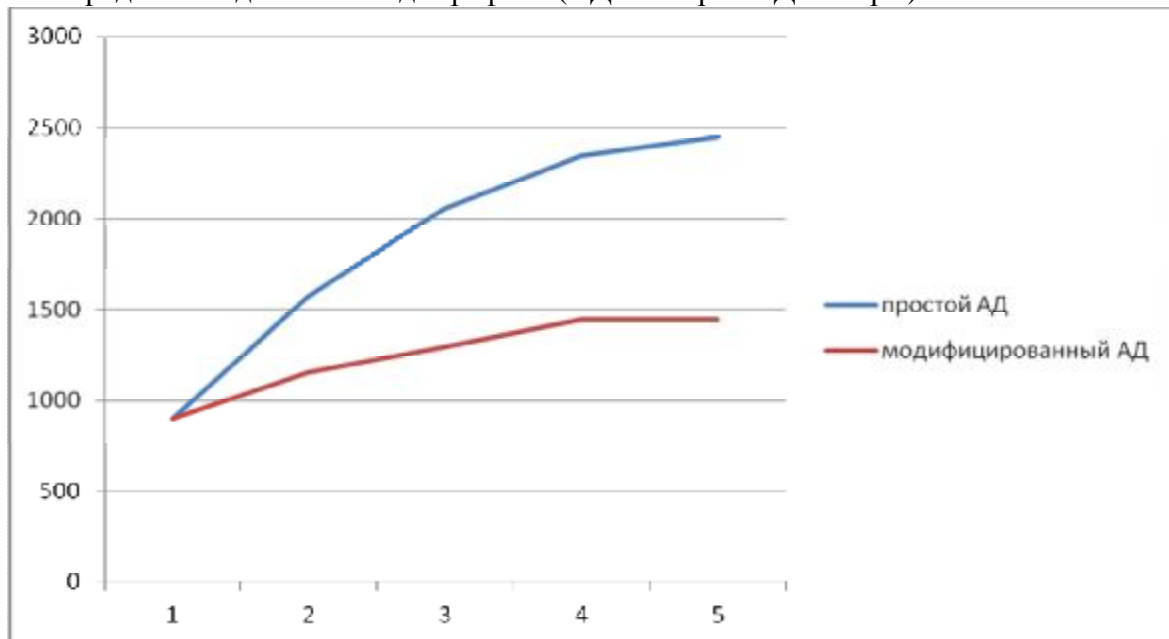


Рис. 5. Временная сложность поиска множества путей

В процентном отношении:

$$\frac{\sum O_{norm}}{\sum O_{mod}} = \frac{2449}{1444} * 100\% \approx 170\% .$$

Итоги

Рассмотрев разные методы маршрутизации для сетей, можно сделать вывод, что не существует единого метода, который удовлетворяет всем требованиям *QoS* и обеспечивает оптимизацию всех показателей эффективности функционирования сети при разных условиях ее работы.

Задача нахождения множества маршрутов, в том числе и непересекающихся, относится к комбинаторным задачам, решение которых в большинстве случаев осуществляется методами направленного перебора. В связи с этим актуальным является определение:

Максимально возможного числа непересекающихся путей;

Предложенный в работе потоковый алгоритм многопутевой маршрутизации характеризуется меньшей временной сложностью по сравнению с известными алгоритмами. В практическом плане использования полученных результатов позволяет повысить уровень безопасности беспроводных сетей за счет выбора оптимального числа надежных путей передачи.

Использованная литература

1. Mrs Soumyashree Sahoo. Secure Routing in Wireless Sensor Networks / Mrs Soumyashree Sahoo, Mr Pradipta Kumar Mishra, Prof. Dr. Rabi Narayan Satpathy // IJCSI International Journal of Computer Science Issues .- 2012.-Vol.9, №1. – P.189-191.

2. Кулаков Ю.А.Безопасная многопутевая маршрутизация в беспроводных сетях большой размерности / Кулаков Ю.А., Лукашенко В.В., Левчук А.В. // Научно-Практический Журнал «Захист Інформації».- 2011.-Т.2, №51. – С.5-10.

3. Кулаков Ю.А. Разработка и моделирование процесса безопасной многопутевой передачи информации в мобильных сетях / Кулаков Ю.А., Коган А.В., Пирогов А.А. // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: збірник наукових праць. – К.: Век+, 2011. – № 54. – С. 145-149.

Статью представлено к печати 9.12.2014

Мельник О.С., к.т.н.,
Козаревич В.О.,
Ходимчук Д.С.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОСЛІДОВНОСИХ НАНОПРИСТРОЇВ

Національний авіаційний університет

melnyk.ols@gmail.com

Квантові коміркові автомати – наноелектронна технологія, що виникла відносно нещодавно, в якій значенням логічних станів відповідають не рівні напруги, як в мікроелектроніці, а позиції окремих електронів. Квантові комірки використовуються для конструювання усіх логічних наносхем та провідників. Робота присвячена комп'ютерному моделюванню цифрових автоматів на квантових комірках, до складу яких входять виключно мажоритарні елементи та інвертори. В роботі виконується моделювання квантових коміркових автоматів з використанням автоматизованої системи проектування QCADesiner

Ключові слова: квантовий комірковий автомат, мажоритарний елемент, послідовності нанопристрої, зони синхронізації провідників

Вступ

Квантово-термодинамічні обмеження поклали кінець традиційному масштабуванню КМОН елементів. Однак, почала приділятися увага до різноманітних нанотехнологій, що конкурують з традиційними КМОН-пристроями. Квантові коміркові автомати (КА) – одна з цих технологій, яка вперше описана у [1]. Фундаментальним елементом КА – є мажоритарний елемент [2]. Було показано, що ці елементи можуть бути використані як більш традиційні елементи, виконуючі також функції як: АБО чи І. Нижче розглядається комп'ютерне проектування послідовностних наноелектронних пристроїв на базі тривходових мажоритарних елементів (МЕ).

Аналіз останніх досліджень

Схемотехніка КА пропонує зовсім іншу систему елементів ніж традиційна КМОН-технологія, де поляризація, а не рівень напруги зберігає інформацію, а комірки є провідниками замість з'єднуючих проводів. Як показано на рис. 1, квантові автомати є діелектричними нанорозмірними квадратами, що містять чотири напівпровідникові квантові точки (острівці) в кожному куті [1, 2]. Два дода-

ткові електрони, що знаходяться в кожній комірці, можуть тунелювати від точки до точки в середині комірки, однак вони не можуть переміщуватись поза коміркою до сусідніх комірок. Два можливих види електронегативної поляризації, що можуть бути сформовані електронами, представляють собою логічні рівні «0» та «1», як показано на рис. 1.

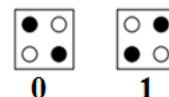


Рис. 1. Дві поляризації комірок на КА

На рис. 2. зображений нанопровідник на КА. В цьому прикладі, значення логічної «1» передається по провіднику. Навіть незначної поляризації в комірці достатньо, щоб повністю поляризувати сусідню комірку. Напрямок потоку інформації через елемент чи провідник регулюється чотиритактовою системою синхронізації, що створює чи знімає бар'єри між комірками.

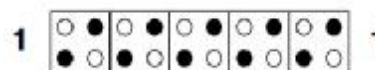


Рис. 2. Нанорівідник на КА

Базовим логічним елементом на КА є мажоритарний елемент, показаний на рис. 3, що створений з п'яти комірок. Три

з них - це входи елемента, позначені як x_2 , x_1 та x_0 . Центральна комірка реалізує логічну функцію мажоритарного вибору. Комірка, що залишилась і позначена f , виконує роль вихідної.

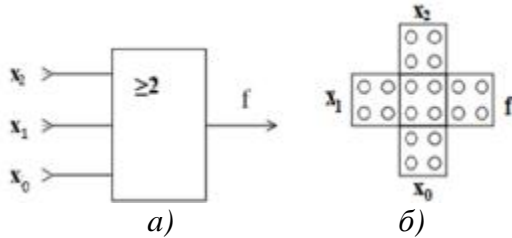


Рис. 3. Мажоритарний елемент: умовне позначення(а) та реалізація на КА(б)

Схема, наведена на рис.3, виконує мажоритарну та булеву тотожну функцію: $f = maj(x_2, x_1, x_0) = x_2x_1 \vee x_1x_0 \vee x_2x_0$. (1)

Інші булеві логічні елементи формуються шляхом фіксації поляризації одного з входів. Рис. 4 відображає елементи 2-І та 2-АБО, сформовані саме за вищенаведеним принципом.

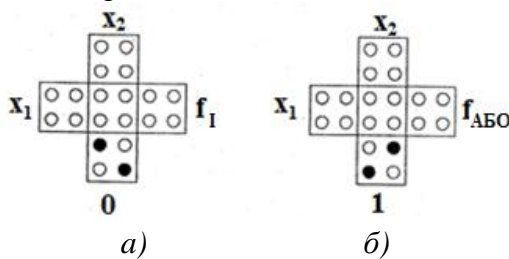


Рис. 4. Запрограмовані логічні елементи 2-І (а) та 2-АБО (б)

Заміна одного входу комірки з фіксованою поляризацією «0» програмує мажоритарний елемент на виконання логічної функції 2-І. Дійсно, спрощення рівняння (1) показує:

$$f_I = maj(x_2, x_1, 0) = x_2x_1,$$

Відповідно, замінюючи один з входів коміркою з фіксованою поляризацією «1», отримуємо логічний елемент 2-АБО:

$$f_{АБО} = maj(x_2, x_1, 1) = x_2 \vee x_1.$$

Комірки з фіксованою поляризацією створюються в процесі виготовлення КА, що усуває необхідність підтримання постійного струму через наносхему.

Синтез мажоритарних вузлів з пам'яттю

Мажоритарні нанопристрої з пам'яттю відрізняються від мажоритарних на-

нопристроїв комбінаційного типу наявністю ланцюгів зворотних зв'язків [3]. Такі вузли прийнято називати автоматами з пам'яттю. На рис. 5 наведена узагальнена схема автомата з пам'яттю, в якій:

$X = (x_0, x_1, \dots, x_n)$ – безліч вхідних сигналів;

$Y = (y_0, y_1, \dots, y_m)$ – безліч вихідних сигналів;

$q = (q_0, q_1, \dots, q_k)$ – безліч сигналів збудження;

$Q = (Q_0, Q_1, \dots, Q_s)$ – безліч внутрішніх станів.

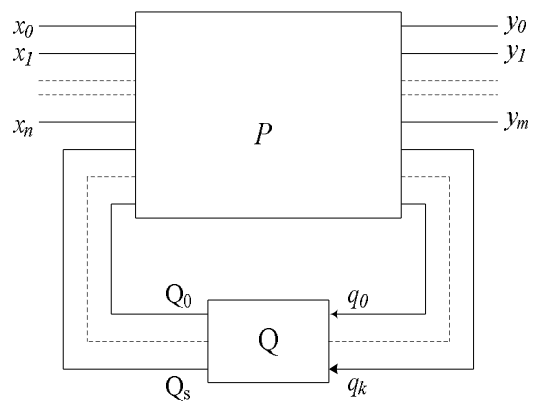


Рис. 5. Узагальнена схема автомата з пам'яттю

Мажоритарний нанопристрій з пам'яттю задається двома функціями: функцією переходів і функцією виходів. Функція переходів визначає стан нанопристрою в момент часу $t + 1$ залежно від стану нанопристрою і значень вхідних сигналів в момент часу t :

$$Q^{t+1} = j(Q, X)^t \quad (2)$$

Функція виходів визначає залежність вихідних сигналів нанопристрою в момент часу t від стану вузла і значень вхідних сигналів в той же момент часу t :

$$Y^t = f(Q, X)^t \quad (3)$$

Якщо вихідні сигнали однозначно визначаються станами нанопристрою, то задавати функцію виходів немає необхідності. Співвідношення (2) і (3) задаються, виходячи з умов роботи пристроїв.

Мажоритарний нанопристрій з пам'яттю складається з елементарних автоматів, з'єднаних між собою визначеними логічними зв'язками. Завдання структур-

ного синтезу мажоритарних пристроїв з пам'яттю полягає у виборі відповідних елементарних автоматів і знаходженні оптимального способу їх з'єднання між собою, котрий забезпечував би економічне функціонування пристрою у відповідності з заданими умовами.

Функцією збудження прийнято називати залежність сигналу збудження елементарного автомата від внутрішніх станів всіх елементарних автоматів нанопристрою в момент часу t і від значень вхідних сигналів в той же момент часу t :

$$q^t = h(Q, X)^t.$$

Значення функції збудження для заданої таблиці переходів знаходиться по матриці переходів обраного елементарного автомата. Матрицею переходів називають залежність переходів елементарного автомата від його вхідних сигналів.

Алгоритм синтезу мажоритарних нанопристроїв з пам'яттю формують наступним чином:

- 1) визначити систему переходів і виходів заданого нанопристрою;
- 2) вибрати тип елементарного автомата;
- 3) скласти узагальнену таблицю переходів, виходів і функцій збудження заданого нанопристрою;
- 4) скласти вирази для функцій збудження і функцій виходів на підставі узагальненої таблиці;
- 5) перетворити отримані вирази для їх реалізації за допомогою МЕ;
- 6) скласти структурну схему нанопристрою на основі перетворених виразів.

Слідуючи викладеному алгоритму, проведемо синтез основних нанопристроїв, що мають зворотні зв'язки.

Синтез тригерів

При синтезі мажоритарних тригерів для економії обладнання доцільно в якості елементарного автомата використовувати МЕ, що суміщає логічні функції з функціями затримки. Матриця переходів МЕ як елемента затримки має наступний вигляд:

$$\begin{array}{ccc|c} & & & q \\ 0 & - & 0 & 0 \\ 0 & - & 1 & 1 \\ 1 & - & 0 & 0 \\ 1 & - & 1 & 1 \end{array} \quad (4)$$

Зліва від матриці записані типи переходів.

Розглянемо порядок побудови тригерів з різною кількістю входів.

Тригер з рахунковим входом (Т-тригер)

Тригер з рахунковим входом повинен змінювати свій стан на протилежне з приходом кожного чергового вхідного сигналу. На підставі умов роботи і матриці переходів обраного елементарного автомата складемо узагальнену таблицю переходів і функції збудження Т-тригера (табл. 1).

Таблиця 1.

x_s	Q_t	Q_{t+1}	q
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	0

Використовуючи табл. 1, складемо вирази для функції збудження q :

$$q = \bar{x}_s Q_t \vee x_s \bar{Q}_t \quad (\text{по одиницях}),$$

$$q = (x_s \vee Q_t)(\bar{x}_s \vee \bar{Q}_t) = \overline{x_s \bar{Q}_t} (x_s \vee Q_t) \quad (\text{по нулях}).$$

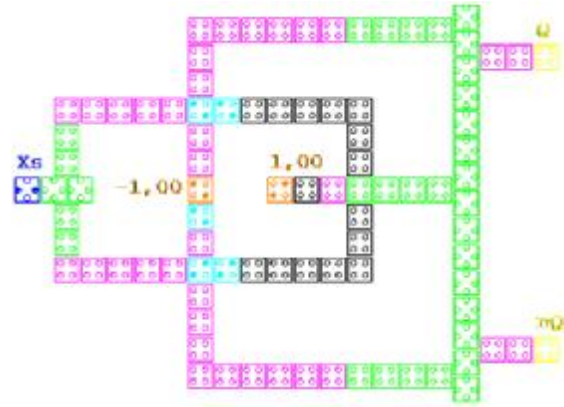
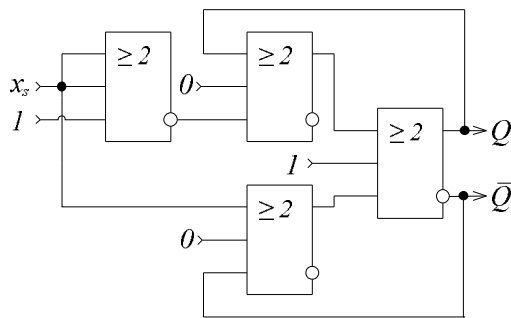
Перетворимо отримані співвідношення для їх реалізації за допомогою МЕ:

$$q = \text{maj}(\text{maj}(\bar{x}_s, Q_t, 0), \text{maj}(x_s, \bar{Q}_t, 0), 1) \quad (5)$$

$$q = \text{maj}(\text{maj}(x_s, Q_t, 0), \text{maj}(x_s, Q_t, 1), 0) \quad (6)$$

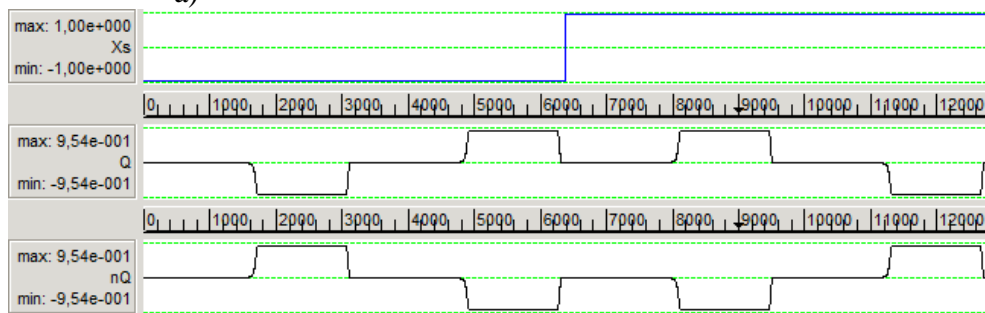
Структурні схеми тригерів двох модифікацій з рахунковими входами, побудовані відповідно до рівнянь (5) і (6), показані на рис. 6 а і 7 а. На рис. 6 б, в та рис. 7 б, в наведені наносхеми на КА цих тригерів, які спроектовані на планшетному полі системи автоматизованого проектування (САПР) *QCA Designer* [4], і результат моделювання відповідних часових характеристик.

Позитивним імпульсом логічних одиниць відповідають позитивні поляризації $+P=1$, а негативним логічним нулям – від’ємні поляризації $-P=0$.



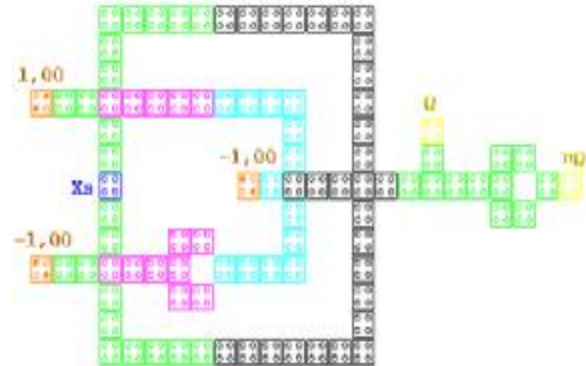
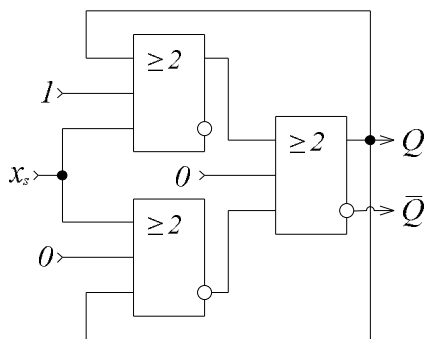
а)

б)



в)

Рис. 6. Т-тригер (модифікація 1): схема на мажоритарних елементах (а), наносхема на квантових автоматах (б) та моделювання сигналів логічних станів (в)



а)

б)

Рис. 7. Т-тригер (модифікація 2): схема на мажоритарних елементах (а), наносхема на квантових автоматах (б)

RS-тригер

Тригер з роздільними входами має вхід для установки в стан «1» і вхід для установки в стан «0». Функції переходів і збудження тригера з роздільними входами наведено в табл. 2.

Таблиця 2.

x_1	x_0	Q_t	Q_{t+1}	q
0	0	0	0	0

0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1'	1'	0	–	a_1
1'	1'	1	–	a_2

При заборонених комбінаціях входних сигналів (відзначених в табл. 2.

штрихами) функція збудження може приймати довільне значення (a_1, a_2) . Залежно від конкретних значень невизначених коефіцієнтів a_1 і a_2 можна отримати кілька варіантів схем тригерів з роздільними входами:

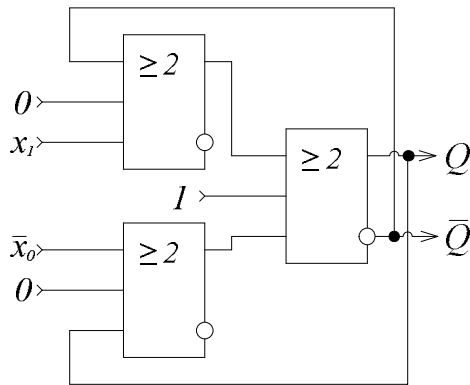
$$1. a_1 = 1, a_2 = 0,$$

$$q = \bar{x}_1 \bar{x}_0 Q_t \vee x_1 \bar{x}_0 \bar{Q}_t \vee x_1 \bar{x}_0 Q_t \vee x_1 x_0 \bar{Q}_t =$$

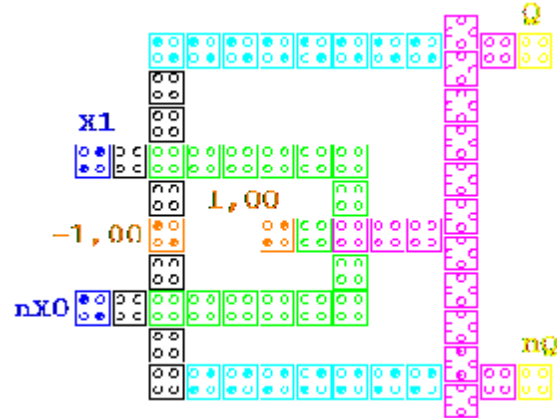
$$= x_1 \bar{Q}_t \vee \bar{x}_0 Q_t$$

$$q = maj(maj(x_1, \bar{Q}_t, 0), maj(\bar{x}_0, Q_t, 0), 1) \cdot (7)$$

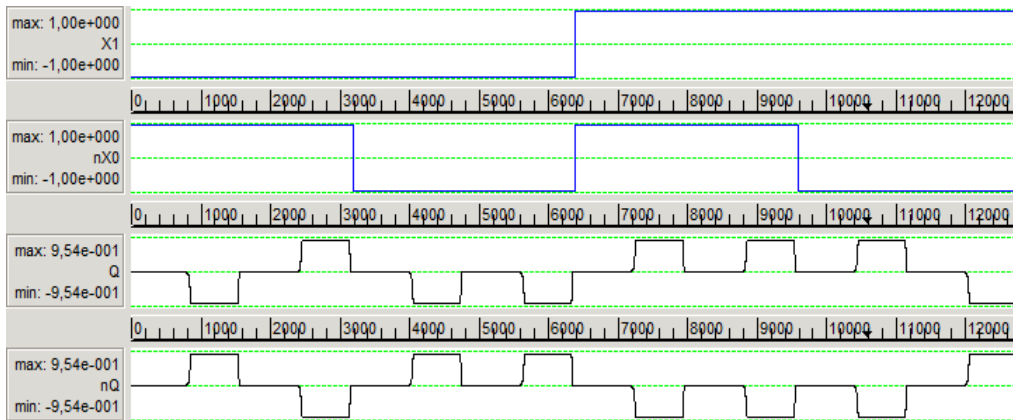
Структурна схема тригера з роздільними входами, побудована відповідно до рівняння (7), показана на рис. 8 а.



а)



б)



в)

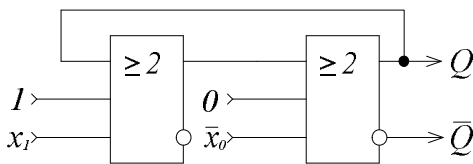
Рис. 8. RS-тригер (модифікація 1): схема на мажоритарних елементах (а), наносхема на квантових автоматах (б) та моделювання сигналів логічних станів (в)

$$2. a_1 = a_2 = 0,$$

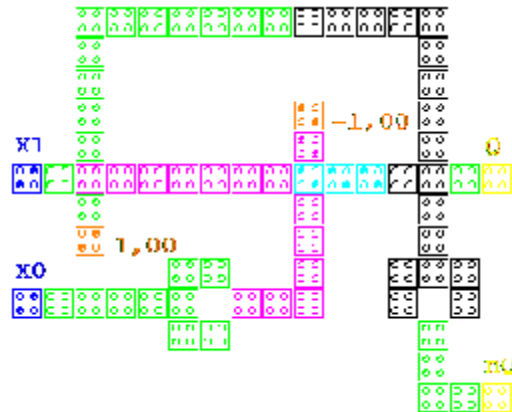
$$q = \bar{x}_1 \bar{x}_0 Q_t \vee x_1 \bar{x}_0 \bar{Q}_t \vee x_1 \bar{x}_0 Q_t = \bar{x}_0 (x_1 \vee Q_t),$$

$$q = maj(maj(x_1, \bar{Q}_t, 0), maj(\bar{x}_0, Q_t, 0), 1) \quad (8)$$

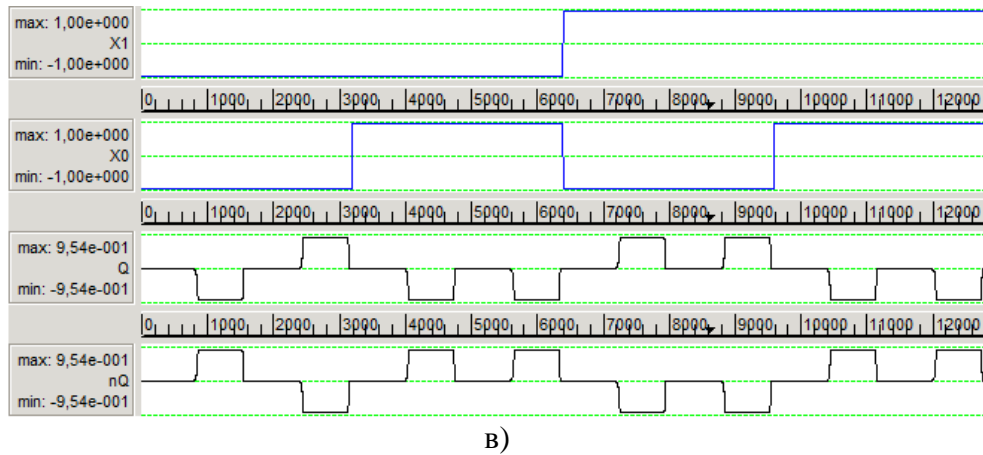
Другий варіант схеми тригера з роздільними входами наведено на рис. 9, а.



а)



б)



в)

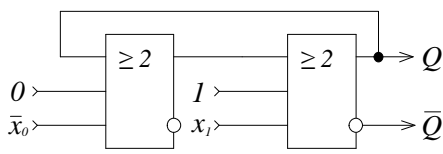
Рис. 9. RS-тригер (модифікація 2): схема на мажоритарних елементах (а), наносхема на квантових автоматах (б) та моделювання сигналів логічних станів (в)

3. $a_1 = a_2 = 1$,

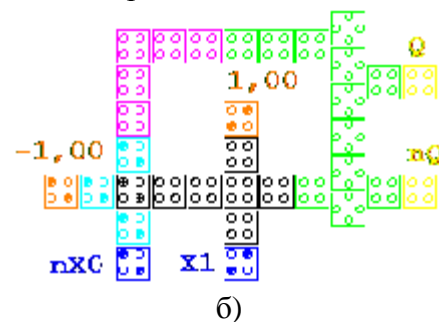
$$q = \bar{x}_1 \bar{x}_0 Q_t \vee x_1 \bar{x}_0 \bar{Q}_t \vee x_1 \bar{x}_0 Q_t \vee x_1 x_0 \bar{Q}_t \vee x_1 x_0 Q_t = x_1 \vee \bar{x}_0 Q_t, \quad (9)$$

$$q = maj(maj(\bar{x}_0, Q_t, 0), x_1, 1)$$

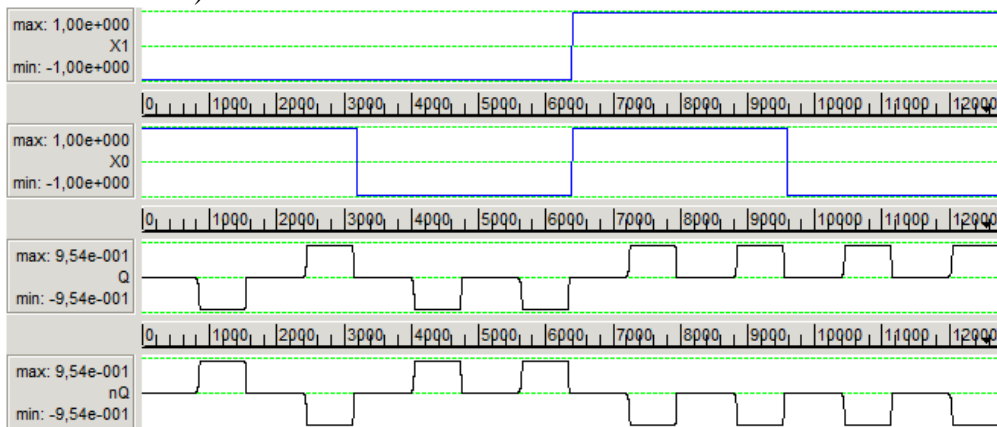
Третій варіант схеми RS -тригера показаний на рис. 10 а.



а)



б)



в)

Рис. 10. RS-тригер (модифікація 3): схема на мажоритарних елементах (а), наносхема на квантових автоматах (б) та моделювання сигналів логічних станів (в)

4. $a_1 = 0, a_2 = 1$,

$$q = \bar{x}_1 \bar{x}_0 Q_t \vee x_1 \bar{x}_0 \bar{Q}_t \vee x_1 \bar{x}_0 Q_t \vee x_1 x_0 Q_t = x_1 \bar{x}_0 \vee \bar{x}_0 Q_t \vee x_1 Q_t,$$

$$f_{x_1 x_0} = \bar{x}_1 Q_t \vee x_1 Q_t = Q_t,$$

$$f_{x_1 \bar{x}_0} = x_1 \vee x_1 Q_t = x_1,$$

$$q = maj \begin{pmatrix} maj(x_1, x_0, x_1), \\ maj(\bar{x}_1, \bar{x}_0, x_1), \\ Q_t \end{pmatrix}, \quad (10)$$

$$q = maj(x_1, \bar{x}_0, Q_t).$$

Схема тригера з роздільними входами, побудована у відповідності з рівнянням (10), наведена на рис. 11 а.

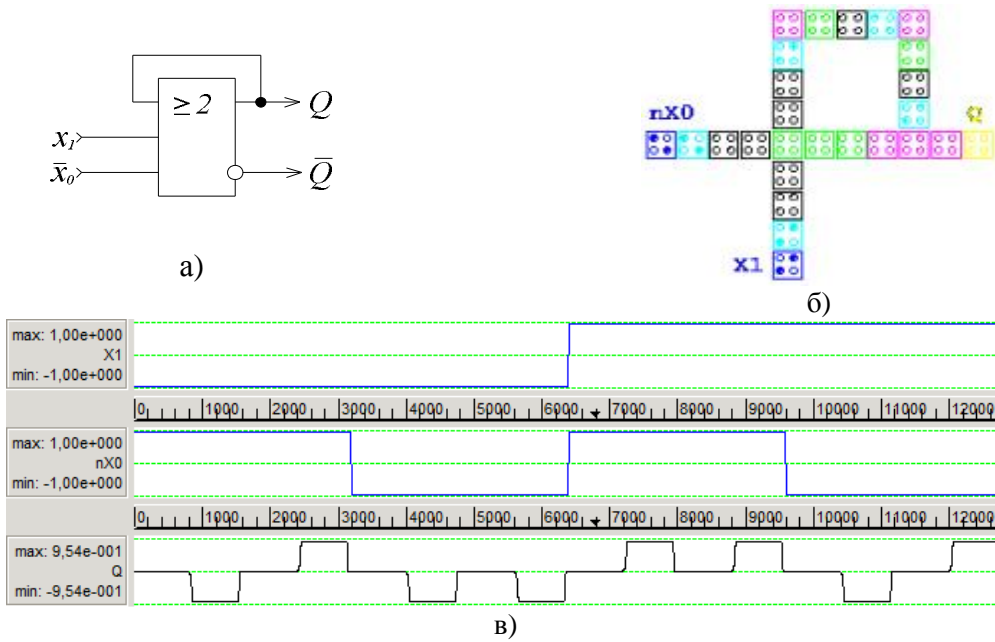


Рис. 11. RS-тригер (модифікація 4): схема на мажоритарних елементах (а), наносхема на квантових автоматах (б) та моделювання сигналів логічних станів (в)

Регістр паралельної дії на RS-тригерах

Регістр паралельної дії без ланцюгів зсуву, призначений для прийому і зберігання паралельного коду числа, являє собою простий набір тригерів з роздільними

входами. На рис. 12 показана схема регістра з парафазними входами на тривходових мажоритарних елементах. Для роботи регістра з парафазними входами не потрібно попередньої установки його в стан "0".

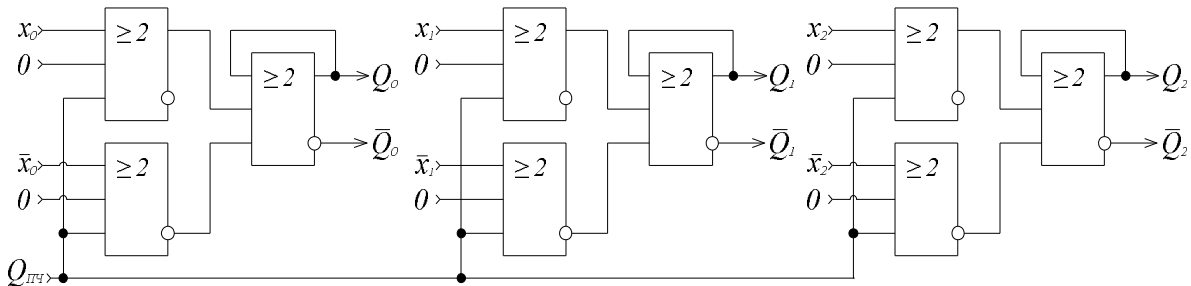
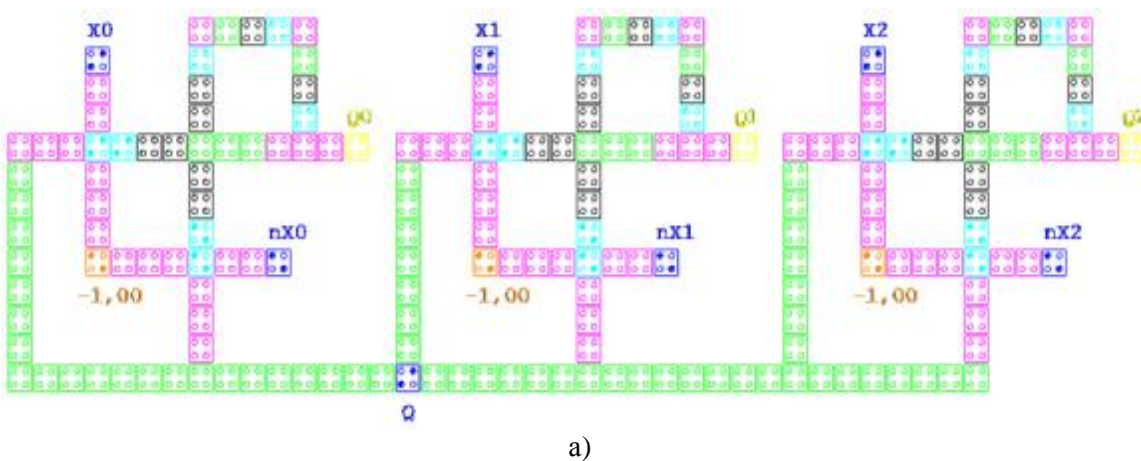


Рис. 12. Структурна схема регістра з парафазними входами



а)

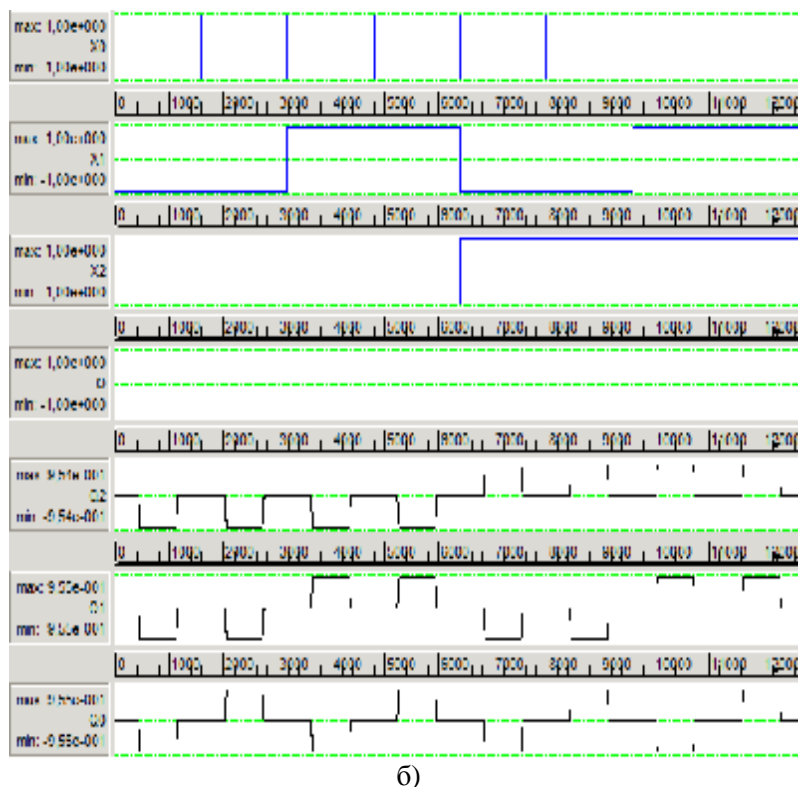


Рис. 13. Наносхема регістра з парафермаїчними входами на квантових автоматах (а) та моделювання сигналів логічних станів (б)

Загальна кількість квантових комірок (КА) наносхеми регістра складає: 188 КА. Розміри квантових комірок: 18×18 нм. Відстань між центрами квантових комірок автомата дорівнює 20 нм. Діаметри квантових острівців 5 нм.

Загальні розміри регістра паралельної дії складають: 220×762 нм.

Висновки

Виконане комп'ютерне проектування нанопристроїв з пам'яттю. Використання багаторівневого перетинання провідників дозволяє уникнути проблем компланарного перетину. Моделювання виконане в такий спосіб, що виходи перебувають в останній четвертій тактовій зоні, а це відповідає фазі спокою після фази в якій проводилися останні обчислення. Визначено, що необхідно три повних тактових цикли для завершення операції перемикання. Досягнута мета проектування надійного розшарування наносхем послідовного типу і підвищення їх експлуатаційної надійності, але наявність недо-

ліків і дефектів, пов'язаних з молекулярною технологією виготовлення квантових комірок автомата, потребує подальшої роботи в цьому напрямку.

Список літератури

1. Lent C.S. Quantum cellular automata / Lent C.S., Tougaw P.D. // Nanotechnology, vol. 4, no. 1, - January 1993 P. 49-57.
2. Melnyk. O.S. Programmable nanoelectronics gates / Melnyk. O.S., Trokhi-menko. N.V., Onyschuk. O.V. // Electronics and Control Systems, no. 4, 2013, P. 68-73.
3. Пакулов Н.Н. Мажоритарный принцип построения надежных узлов и устройств ЦВМ / Пакулов Н.Н. – М.: Сов. радио – 1974.
4. Walus K. QCADesiner: A CAD Tool for an Emerging Nano-Technology / Walus, K. // Micronet Annual Workshop – 2003.

Статтю подано до редакції 4.11.2014

¹Печурин Н.К., д.т.н. проф.,
²Кондратова Л.П., к.т.н.,
¹Печурин С.Н., к.т.н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОГО ВНУТРИУРОВНЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В БЕСПРОВОДНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ СРЕДСТВАМИ ТЕОРИИ ФОРМАЛЬНЫХ ГРАММАТИК И ЯЗЫКОВ

¹Национальный авиационный университет
²Национальный технический университет Украины «КПИ»

pechnk@mail.ru

Способ описания трансляции протокольных модулей данных в процессе перехода между подуровнями PMD и PLCP физического уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем, основанный на моделях регулярных грамматик и языков, обеспечивает адекватное представление этого взаимодействия. Предлагается, с целью моделирования безопасного взаимодействия указанных подуровней, рассматривая их как взаимодействующие объекты в защищенной системе передачи информации, применить вышеуказанные модели с ослабленными ограничениями, где на продукционные правила не накладывается ограничение регулярности, и они выступают в качестве составных частей прямонаправленной функции асимметричной системы шифрования

Ключевые слова: безопасное внутриуровневое взаимодействие, асимметричная крипто-система, прямое и обратное преобразование протокольных модулей, модели регулярной грамматики метаязыка, модель однонаправленного отображения

Введение

Наличие неконтролируемых областей между конечными пользователями компьютерной беспроводной сети приводит к большему числу угроз по сравнению с проводными сетями [1]. Этот факт обусловил необходимость усиления механизмов защиты и безопасности передаваемой информации. Конфиденциальность и целостность информации в беспроводных сетях стандартов IEEE 802.11, IEEE 802.16-2001, IEEE 802.16e-2005 и подобных обеспечивается средствами физического уровня, идентификации набора служб, управления доступом к среде передачи, механизмами WEP и WPA аутентификации и шифрования. Средства защиты информации, реализуемые механизмами WEP, WPA, WPA2, направлены на предотвращение несанкционированных точек доступа. В работах [2, 3] описан метод защиты беспроводных сетей, основанный на новом принципе работы сетевого протокола: предполагается введение, для реализации функций защиты,

дополнительных функций и даже целого (крипто-) уровня, располагаемого между сетевым и транспортным уровнями в иерархической эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС). Эффективность криптографической защиты могут обеспечивать асимметричные криптосистемы (криптосистемы с открытым ключом) [4]. Шифрование сообщений в таких системах выполняется на основе однонаправленных функций

$$E_{K_1} : M \rightarrow C, \quad D_{K_2} : C \rightarrow M$$

(M, C - сообщение и криптограмма соответственно) с ключами K_1 и K_2 . Особенностью асимметричных криптосистем является сложность обратного преобразования $D_{K_2} : C \rightarrow M$, обусловленная секретностью ключа K_2 . Однонаправленная функция чаще всего представляется модульной экспонентой с фиксированным основанием и модулем в виде: $C = M^{K_1}$ для прямого преобразования, $M = C^{K_2}$ для обратного преобразования. Шифрование $E_{K_1} : M \rightarrow C$

и дешифрование $D_{k_2} : C \rightarrow M$ в асимметричной системе выполняются по схеме рис.1 [4, 5].

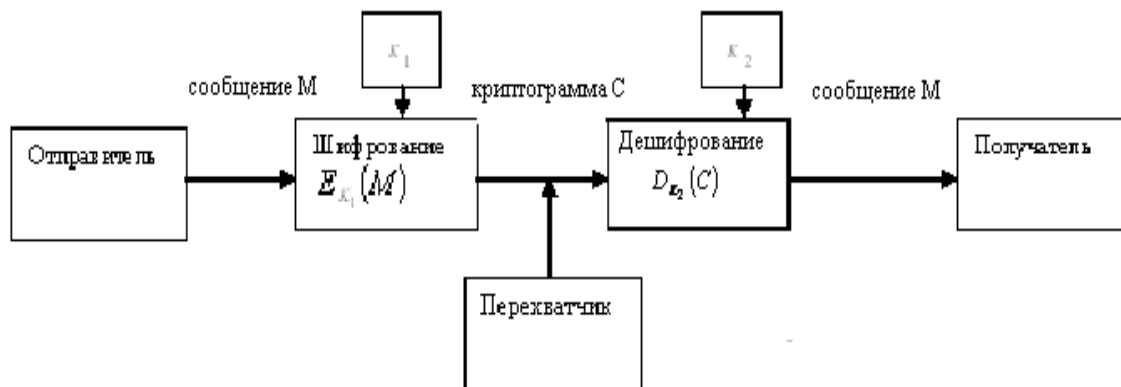


Рис.1. Схема шифрования-дешифрования в асимметричной криптосистеме с открытым ключом

В работе [6] рассмотрен подход к переклассификации функций ЭМ ВОС для адекватного межуровневого преобразования данных на основе моделей контекстно-свободных языков. Данный подход предлагается применить для адекватного представления безопасного взаимодействия протокольных модулей данных (*PDU*) подуровней *PLCP* и *PMD* физического уровня ЭМ ВОС.

Постановка задачи

Трансляция *PDU* в процессе перехода от подуровня *PLCP* к подуровню *PMD*, на передающей стороне системы компьютерного взаимодействия, осуществляется в соответствии с указанными протоколами; эти же протоколы регламентируют обратный переход (от подуровня *PMD* к подуровню *PLCP*) на приёмной стороне. Для описания (моделирования) этих преобразований *PDU* используем инструментарий теории формальных языков и грамматик. Тогда процесс трансляции описывается процедурой (алгоритмом) генерирования предложений регулярного языка с помощью линейных продукционных (в контексте ЭМ ВОС – протокольных) грамматических правил. Конкретное сгенерированное предложение языка суть последовательность битов. Обратное преобразование, на приёмной стороне, описывается процедурой грамматического разбора поступив-

шего предложения. Однозначность этих (функциональных по сути) преобразований обеспечена (в модели) выбором фиксированного типа грамматики (регулярной, контекстно-свободной и пр.), установлением фиксированной последовательности применения правил продукции как при генерировании предложений из терминальных символов (передающая сторона), так и восстановления предложений из символов алфавита *PLCP* в процессе грамматического разбора (приёмная сторона).

Однозначность преобразований в соответствии с протоколами *PLCP* и *PMD*, моделируемая так, как это сказано выше, не обеспечивает безопасного взаимодействия подуровней, точнее, - уровень безопасности соответствует *QoS* ЭМ ВОС.

Сделаем предположение, что из каких-то соображений в механизм преобразований *PDU* при переходе от подуровня к подуровню включается система защиты информации (данных), то есть теперь на передающей стороне подуровень *PMD* рассматривается как получатель информации, а подуровень *PLCP* – как источник информации в защищённой системе передачи информации (на приёмной стороне подуровни меняются ролями).

Задача заключается в том, чтобы выявить, какие изменения следует сделать в представленной выше модели (основан-

ной на использовании инструментария теории регулярных языков и грамматик), чтобы описать защищенную систему внутриуровневого взаимодействия.

Математические модели преобразования протокольных модулей данных

Взаимодействие протокольных модулей данных подуровня *PLCP* физического уровня (*PPDU*) в беспроводной компьютерной сети описывается математической моделью на основе совокупности левосторонних и правосторонних пра-

вил регулярной грамматики для метаязыка ЭМ ВОС [7].

Грамматика представляется четверкой $G = \langle V_T, V_H, \sigma, P \rangle$ (V_T - алфавит терминальных символов, включающий обозначения для задаваемых параметров: *LH* в заголовках фрейма, *FCS* для контрольной суммы, *A, B, C* для тела фрейма; $V_H = \{PPDU, HEADER, DATA, TRAILER, SS\}$ - алфавит нетерминальных символов, используемых в левой части правил множества P), $\sigma = PPDU \in V_H$ - начальный нетерминальный символ). Множество P включает следующие правила преобразования *PPDU* для метаязыка ЭМ ВОС:

$$PPDU \rightarrow HEADER PPDU | HEADER DATA TRAILER; \quad (1)$$

$$HEADER \rightarrow SS LH FCS / SS LH; \quad (2)$$

$$SS \rightarrow 0SS1 | 0SS | 1SS | \varepsilon; \quad (3)$$

$$DATA \rightarrow A/B/C...; \quad (4)$$

$$TRAILER \rightarrow FCS; \quad (5)$$

где ε - обозначение пустой цепочки.

Процесс обратного преобразования протокольных модулей *PPDU* описывается математической моделью, представляемой на основе совокупности правил

множества P конечным автоматом в виде $\langle V_T, A, V_H, \delta, P \rangle$, где $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ - множество состояний, δ - функция перехода как отображение вида

$$d: A \times V_T \rightarrow A \mid d(a_{k-1}, V_T) = a_k, \quad k = \overline{2, n}. \quad (6)$$

Процедура преобразования PPDU

Процедура преобразования протокольных модулей данных подуровня *PLCP* суть формирование (операция конкатенации и замена нетерминальных символов терминальными) последовательности символов из V_T ; она реализуется многократным применением правил (1)-(5), начиная с начального нетерминального символа $\sigma = PPDU$.

Таким образом, в результате преобразования протокольных модулей данных для физического уровня по продукционным правилам (1)-(5) (регулярной) грамматики порождаются предложения метаязыка ЭМ ВОС (рис.2).

На рисунке процесс применения правил из P представлен деревом, где вершины характеризуют составляющие предложения метаязыка.

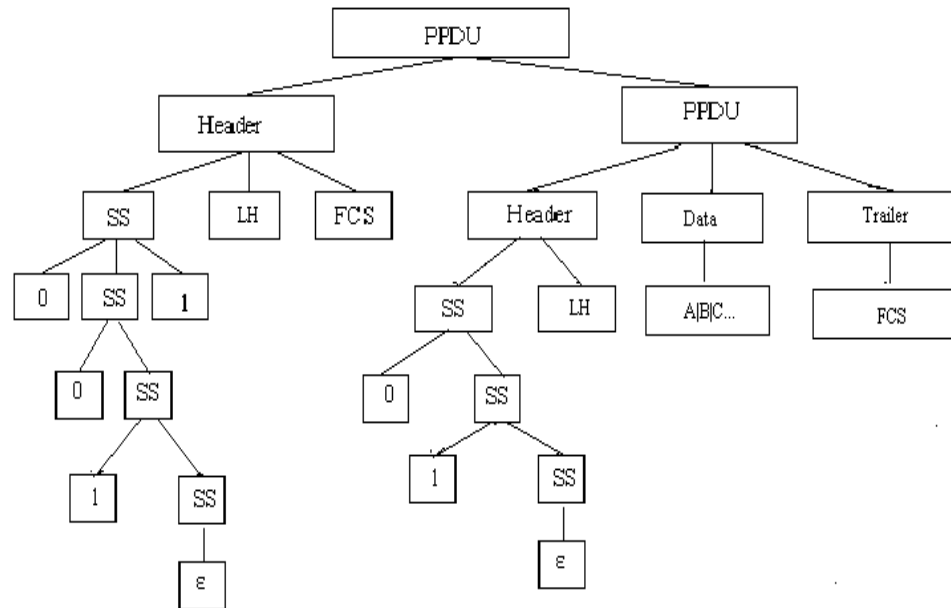


Рис.2. Дерево грамматического разбора предложения физического уровня

Результатом обратного перехода, от нижних к верхним уровням и подуровням ЭМ ВОС на приёмной стороне, является грамматический разбор полученных предложений метаязыка. Процедура грамматического разбора предложения

физического уровня выполняется на основе тех же пяти правил (регулярной) грамматики G с использованием функции отображения (6), с определением в результате начального нетерминального символа $\sigma = PFDU$ (рис. 3).



Рис. 3. Одна стратегия поиска корневой вершины дерева разбора (формирования предложения метаязыка)

В качестве примера рассмотрим процедуру трансляции модуля PDU , используемого в технологии $DSSS$ [6].

Преобразование фрейма в последовательность битов выполняется с использованием схемы CCK дополнительных кодов и

механизма шифрования *WEP* на *MAC*-уровне, учитывая скорости передачи, предоставляемые стандартом 802.11b. Использование правил (2), (3) для заголовков физического и канального уровней обеспечивает последовательности, соответствующие скоростям передачи 5,5 Мбит/с и 11 Мбит/с, регламентированным

$$\begin{matrix} 123 \\ 128 \end{matrix} 11111001110 1000000011 0111000000 \text{ LHFCFS} , \begin{matrix} 123 \\ 56 \end{matrix} 10000 0101 1100 1111001101 11000000\text{LH} \text{ FCS} \quad (7)$$

Ряд подстановок, соответствующих скорости передачи, равной 11 Мбит/с, приводит цепочки терминалов для заго-

в высокоскоростной технологии *DSSS*. В результате подстановок по правилам (2), (3) цепочки терминалов для заголовка физического уровня длинного и короткого форматов с указанием скорости передачи, равной 5,5 Мбит/с, представляются соответственно в виде:

ловка длинного и короткого форматов к виду:

$$\begin{matrix} 123 \\ 128 \end{matrix} 11111001110 1000000110 1110000000 \text{ LHFCFS} , \begin{matrix} 123 \\ 56 \end{matrix} 10000 0101 1100 1111011011 10000000\text{LH} \text{ FCS} . \quad (8)$$

Цепочки терминалов (7), (8) содержат последовательности битов, в которых равные нулю 154-й и 82-й биты определяют кодирование по схеме *ССК*. Аналогично сформированные цепочки терминалов для заголовка *MAC*-фрейма содержат в последовательности битов равный 1 параметр, определяющий механизм *WEP* шифрования.

Таким образом, процесс преобразования информации в направлении от верхних уровней (подуровней) к нижним представляется моделью порождения предложений языка по продукционным правилам (1-5). Процесс обратного перехода, от нижних уровней (подуровней) к верхним на приёмной стороне, представляется моделью грамматического разбора *PPDU* (полученных предложений). Разбор предложения, полученного на нижнем уровне, т.е. поиск корня дерева грамматического разбора, по сути, является процессом обратного отображения (функции) информации надприкладного уровня в предложения физического уровня. Из-за наличия большого числа степеней свободы в поиске корня дерева грамматического разбора (рис. 3), процедура поиска приобретает все черты поиска аргумента

однонаправленной функции. Это обстоятельство, с точки зрения защиты, позволяет рассматривать систему преобразования информации: высший подуровень *PLCP* – низший подуровень *PMD* как асимметричную криптосистему [5].

Выводы

Использование инструментария регулярных грамматик для преобразования протокольных модулей данных беспроводной компьютерной сети дает возможность адекватного представления межуровневого преобразования в процессе перехода между *PLCP* и *PMD* физического уровня ЭМ ВОС. Описанный способ преобразования протокольных модулей данных, включающий формирование предложений на физическом уровне и грамматический анализ полученных предложений на основе регулярной грамматики с левосторонними и правосторонними правилами, обеспечивает представление безопасного межуровневого взаимодействия в процессе переходов на физическом уровне ЭМ ВОС для беспроводных компьютерных сетей. Предложенная модель однонаправленного отображения может дать возможность построения алгоритмов

асимметричных криптографических систем.

Список литературы

1. Рошан П., Лиэри Дж. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 304 с.
2. Лисецкий Ю.М., Бобров С.И. WiMAX сети. Реализации и перспективы // УСиМ. – 2008. – №4. – С. 88-92.
3. Сумина Г.А., Кожанов Е.А., Степина А.Н. Защита информации в беспроводных сетях // Телематика-2008: труды XV Всероссийской научно-метод. конф., Санкт-Петербург, 23-26 июня 2008 г. – СПб, 2008. – С. 187-188.
4. Юдін О. К., Корченко О.Г., Конахович Г.Ф. Захист інформації в мережах передачі даних. – К.: Вид. «Інтерсервіс», 2009. – 716 с.
5. Романец Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях / Под ред. В.Ф.Шаньгина. – М.: Радио и связь, 1999. – 328 с.
6. Печурин Н.К., Кондратова Л.П., Печурин С.Н. Применение инструментария формальных грамматик для переклассификации функций эталонной модели взаимодействия открытых систем в беспроводной компьютерной сети // Проблемы інформатизації та управління: зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 2 (38). – С. 19-26.
7. Капітонова Ю.В., Кривий С.Л., Летичевський О.А., Луцький Г.М., Печурін М.К. Основы дискретной математики: Підручник. Т.2. - К.: Вид. «Літсофт», 2000. – 370 с.

Статью представлено в редакцію 7.11.2014

ДОМЕННА ІНЖЕНЕРІЯ ПРИ СТВОРЕННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПУЛЬТІВ ІНСТРУКТОРА АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ

Національний авіаційний університет

yulia.ryabokin@livenau.net

Розглянуто проблеми підготовки авіаційних спеціалістів та створення пультів інструкторів авіаційних тренажерів. Запропоноване застосування доменної інженерії при створенні програмного забезпечення пультів інструктора авіаційних тренажерів з метою зменшення фінансових та часових витрат

Ключові слова: доменна інженерія, доменний аналіз, методи доменної інженерії, онтологія, програмне забезпечення, багаторазово використовуваний компонент, авіаційний тренажер, пульт інструктора авіаційного тренажеру

Вступ

В даний час в світі склалася ситуація, коли для зменшення впливу людського фактору на безпеку польотів, авіаційне керівництво все більше посилює вимоги до навчання авіаційного персоналу, тоді як авіакомпанії прагнуть скоротити витрати на підготовку до мінімуму. Одним з виходів є використання технічних засобів навчання авіаційного персоналу. Їх використання дозволяє підвищити якість підготовки за рахунок використання сучасних комп'ютерних технологій і при цьому знизити витрати на навчання [1].

Світова та вітчизняна практика показує, що в питаннях підвищення рівня підготовки авіаційних фахівців велику роль відіграють тренажери.

Авіаційний тренажер (АТ) – це імітатор польоту, призначений для наземної підготовки пілотів [1-2].

Основними перевагами використання АТ є [2]: висока економічність, невеликі витрати часу на тренування, можливість всебічного контролю процесу тренування, широкі варіації умов і ситуацій при тренуваннях, можливість «заморожування» умов, повторення та зміна часового масштабу (прискорення чи уповільнення) тренувальної вправи, можливість виконання «польоту» на літаку з гіпотетичними параметрами, незалежність від метеорологічних умов та насиченості по-

вітряним транспортом зони аеропорту, безпека.

Однак, тренажери з рухомою кабіною літака і реальним бортовим обладнанням дуже дорогі у виготовленні та при експлуатації. Це робить їх важкодоступними особливо для середніх, дрібних авіакомпаній та закладів освіти, що здійснюють підготовку авіаційного персоналу. Як наслідок, за показами української та світової статистики, за останнє десятиріччя збільшилась кількість авіаційних пригод та катастроф [2].

При підготовці авіаційних фахівців, на даний час, застосовуються, як сучасні тренажери так і тренажери 70-90-х років. Під час експлуатації тренажерів, що розроблені в 70-90-х роках, інформація, яка виводиться на індикатори і види керуючих впливів, що здійснюються з пульта інструктора жорстко (апаратно) фіксуються при розробці тренажеру [3-4]. Крім того, такі пульти незручні у роботі через те, що введення відмов та початкових умов польоту здійснюється вручну за допомогою кнопок, ручок та тумблерів на пульті, а вся інформація надається інструктору одночасно, без врахування доцільності її перегляду, при відпрацюванні конкретної вправи. Як наслідок, інструктор змушений досить багато часу витрачати на багатокрокові процедури введення відповідних умов польоту та на відбір інформації, яка йому необхідна на той чи

інший момент часу. Отже, внаслідок обмежених технічних можливостей в ергономічному сенсі діяльність інструктора організована не оптимально. Засоби відображення інформації належним чином не пристосовані до його функцій, а будь-які пристрої для обробки цієї інформації відсутні.

Постановка задачі

В Україні значна частина використовуваних АТ – успадковані. Пульти інструкторів більшості успадкованих АТ реалізовані апаратно, на даний час морально застарілі та фізично зношені і не підлягають ремонту із-за відсутності виробництва їх компонентів та запасних частин. Тому постає завдання заміни апаратних частин пульта інструктора на нові, на основі сучасних комп'ютерних інформаційних технологій [3-4]. При цьому, в якості апаратного забезпечення пропонуються персональні або промислові комп'ютери загального призначення, а в якості програмного забезпечення – системне програмне забезпечення (операційні системи, протоколи обміну) і прикладне програмне забезпечення (реалізація функціональності пульта інструктора) [5].

Створення програмного забезпечення (ПЗ) пульта інструктора АТ потребує значних фінансових та часових витрат. А скорочення витрат на розробку такого типу ПЗ, на сьогодні, є актуальною задачею.

Для вирішення цієї задачі в роботі пропонується застосування доменної інженерії при створенні ПЗ з метою визначення (встановлення) багаторазово використовуваних рішень: знань, вимог, результатів аналізу, проектування, тестування, документування та коду, що можуть бути застосовані під час розробки нового ПЗ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для вирішення проблем, пов'язаних із застосуванням створених багаторазово використовуваних рішень (адаптування та розуміння) у 80-х роках було введено по-

няття доменного аналізу як фундаментального кроку при створенні реально повторно використовуваних рішень.

Вперше термін «доменний аналіз» (ДА) введено в 1980 році [6]. Він розглядався «як діяльність (процес) по визначенню об'єктів і операцій класу подібних систем в домені». Базуючись на проведених дослідженнях [6, 7], було визначено, що ключ до створення ПЗ багаторазового використання, знаходиться в доменному аналізі, який допускає повторне використання аналізу і проекту – не коду. Ці ідеї були втілені в життя в проекті *SAMP*.

В роботах [8, 9] ДА розглядався як частина процесу розробки ПЗ. Було запропоновано ряд рекомендацій для здійснення ДА – розбиття процесу на три основні етапи, які багаторазово повторюються для різних компонент:

- 1) ідентифікація об'єктів багаторазового використання;
- 2) абстрагування і узагальнення;
- 3) класифікація і каталогізація для багаторазового використання.

Частково на основі вище описаних досліджень в роботах [10, 11] було запропоновано більш узагальнюючу модель для ДА. Ця модель заснована на методології для отримання спеціалізованих класифікаційних фасетних схем в бібліотекознавстві.

В роботах [11, 12] запропонований інший підхід до ДА. Вихідне положення цього підходу полягає в тому, щоб розглядати повторне використання як систему набуття знань. Процес розробки ПЗ розглядається як само вдосконалена система, яка використовує «інфраструктуру багаторазового використання» як джерело набуття знань. Тоді ДА є безперервним процесом створення і збереження інфраструктури багаторазового використання.

Продовжуючи дослідження в даному напрямку в роботі [8, 13] було запропоновано впровадити ДА в процес розробки ПЗ, в якому продукти ДА безперервно переглядаються і уточнюються при створенні нових систем; визначено конкретні процеси і проміжкові продукти, які

передають розуміння процесу ДА; визначено входи і виходи процесу; описано процес ДА колекцією діаграм потоків даних, що відображають послідовність виконання ДА визначеної предметної області, та проміжкові результати процесів.

З 90-х років свою дослідницьку діяльність пов'язують з ДА та доменною інженерією відомі вчені [8, 12]. В своїх роботах вони розглядають ДА як частину процесу розробки ПЗ. Крім того, ними запропоновано ряд рекомендацій для здійснення ДА – розбиття процесу на три основні етапи, які багаторазово використовуються для різних компонентів: ідентифікація об'єктів багаторазового використання, абстрагування та узагальнення, класифікація та каталогізація для багаторазового використання.

З 2000-х років термін «доменний аналіз» зустрічається в літературних джерелах в якості першого процесу доменної інженерії.

Виклад основного матеріалу дослідження

Доменна інженерія – діяльність, що направлена на збір, систематизацію і збереження минулого досвіду побудови систем або частин систем в конкретному домені в формі повторно використовуваних ресурсів (активів, засобів), та забезпечення належних засобів для повторного ви-

користання цих ресурсів (тобто, пошук, розповсюдження, адаптація, збірка) при створенні нових систем [14, 15].

Шляхом застосування доменної інженерії здійснюється створення сімейства систем на основі опису специфіки домену (предметної області) за допомогою доменно-орієнтованої мови, моделі характеристик членів сімейства і накопичення їх в репозитарії [15].

Доменна інженерія призначається для покращення якості розроблюваних програмних продуктів через повторне використання програмних артефактів. Вона показує, що більшість розроблюваних програмних систем являються не новими системами, а варіантами інших систем в цьому ж домені (області). Як результат, через використання доменної інженерії, підприємство може максимізувати прибуток; скоротити час виведення нового продукту на ринок, використовуючи концепти (поняття) і реалізацію попередніх систем, застосовуючи їх в цільовій системі.

Доменна інженерія, подібно до прикладної інженерії, складається із трьох основних процесів: аналізу, проектування і реалізації (рис. 1) [15, 16].

Проте, прикладна інженерія фокусується на єдиній системі, а доменна інженерія на сімействі систем.

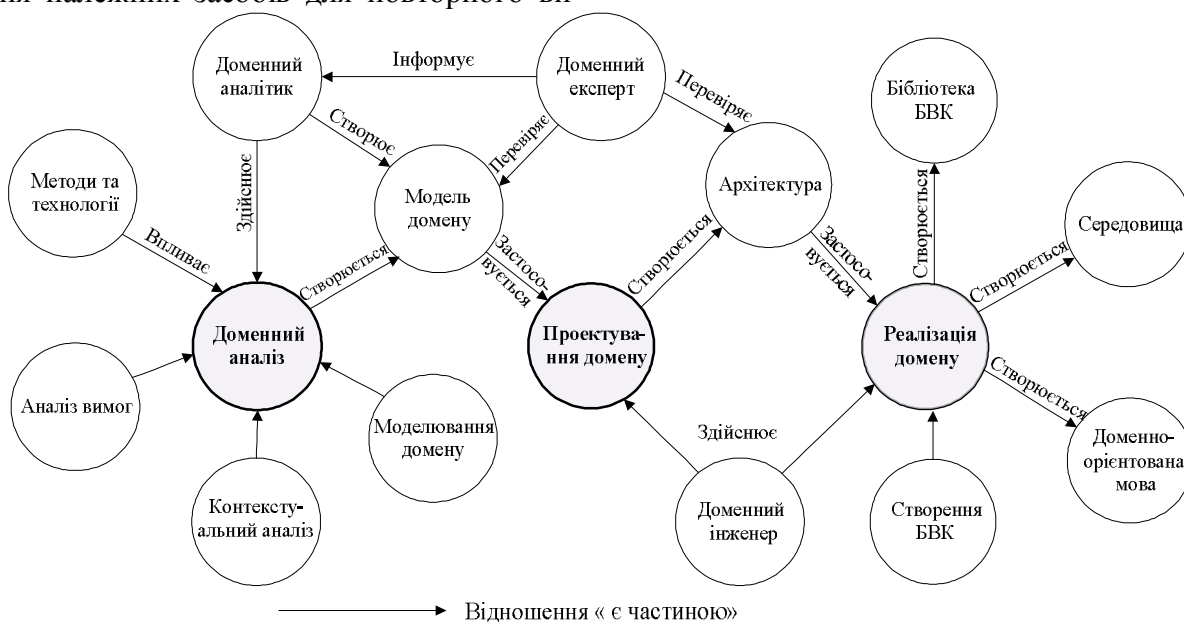


Рис.1. Схема онтології доменної інженерії (IDEF5)

Доменний аналіз – перший та основний процес доменної інженерії, що використовується для визначення доменів та їх границь, збору інформації про домен, виявлення подібностей і відмінностей систем в домені, формування моделі домену [15].

ДА здійснюється під керівництвом доменного аналітика. Найважливішими джерелами інформації, що використовуються під час проведення ДА є існуючі застосування та доменні експерти. Доменним експертам часто властиві знання, які відсутні деінде. Крім того, вони слугують в якості консультантів під час здійснення ДА, визначаючи майбутній напрямок і допомагаючи в перевірці продуктів ДА.

Отже, доменний аналітик здійснює ДА, визначає, збирає, організовує і представляє всю важливу інформацію в домені. Ця інформація базується на існуючих системах в домені; знаннях, отриманих від доменних експертів; політики, процедур і стандартів, що лежать в основі роботи організації; і впроваджених технологій, що розвиваються [11, 15].

Доменний експерт є одним із основних джерел знань відносно домену; передає вимоги і очікування замовника; допомагає доменному аналітику в зборі та аналізі інформації відносно домену [15].

Процес ДА здійснюється за допомогою методів та технологій.

Проектування домену – це визначення архітектури домену за допомогою програмних компонентів [15]. Управління процесом здійснює доменний аналітик, а сам процес проектування – доменний інженер. Доменний експерт здійснює перевірку отриманої архітектури домену.

Архітектура домену – каркас із багаторазово використовуваних компонентів (БВК), активів і формально визначених інтерфейсів, що погоджується із моделлю домену, стандартами організації і оцінюється на відповідність вибраної методології проектування. Архітектура може бути описана на різних рівнях абстракції, відображаючи компоненти, що використову-

ються при побудові систем, їх відношення, інтерфейси [15].

Вихідними даними даного процесу виступають: різноманітні архітектури в різних ракурсах та рівнях абстракції (діаграма класів, яка відображає ієрархію класів в статичному вигляді з інтерфейсами і взаємозв'язками; діаграми станів, що відображають внутрішню поведінку кожного окремого компонента, діаграми діяльності).

Реалізація домену – процес, що здійснюється доменним інженером та починається з визначення та створення повторно використовуваних активів [15].

Визначення відбувається на основі моделі домену і загальної архітектури, що були отримані на попередніх фазах. Інженер здійснює створення активів шляхом використання коду та компіляторів. Результати представляються у вигляді доменно-орієнтованої мови, бібліотек БВК та середовищ.

Реалізація процесів доменної інженерії здійснюється шляхом використання відповідних методів. Врахувавши те, що переважна більшість досліджень направлена на повторне використання програмних продуктів, методи цієї категорії було розділено на чотири підкласи [15, 17, 18]:

- методи для повторного використання компонентів (*Draco, McCain, Prieto-Diaz*);

- методи для повторного використання ресурсів/активів (*HP, ODM*);

- методи для повторного використання архітектури/проекту (*FODA, IDEa, STARS*);

- методи для повторного використання вимог до ПЗ (*Synthesis, JODA*).

Порівняльний аналіз основних представників зазначених підкласів приведено в таблиці 1.

Крім того, методи різняться тим, яким чином вони визначають домен, як використовують доступний домен, архітектуру і експертизу систем. В роботі [15] авторами була запропонована наступна класифікація методів доменної інженерії:

– методи, що базуються на аналізі домену – даний вид методів ґрунтується на ДА і проектуванні; вони відображають набір систем або функціональних областей, які показують подібну функціональність. Представниками даної групи методів є: ОДМ, *FODA*, *FORM*, *RSEB* і *DSSA*.

– методи, що базуються на лінійці програмних продуктів – зосереджені на сумісному використанні властивостей. Тобто, група продуктів, які сумісно використовують спільні властивості і задовольняють потреби тієї чи іншої області ринку. Представниками даних методів є *FAST* і *PuLSE*.

– об'єднання методів доменної інженерії і методів об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування. Хоча методи об'єктно-орієнтованого аналізу і проектування не підтримують повторне використання, в них існує декілька застосувань, які намагаються вирішити дану проблему. Представниками цих методів є: *OOram*, *JODA*, *SHERLOCK*;

– методи *SODA* (оцінки і проектування стратегічних варіантів) – забезпечують підхід до проектування довговічних архітектур системи. Ця мета досягається аналізом різних стратегічних сценаріїв до фінальних архітектур. Таким чи-

ном *SODA* намагається передбачити майбутні вимоги або технологічні зміни;

– методи архітектурного аналізу: перехід від моделювання домену до визначення архітектури домену – під час архітектурного аналізу доменний інженер вибирає відповідний підхід для побудови загального проекту. Цей підхід має відповідати вимогам і бути достатньо гнучким в забезпеченні відмінностей між окремими застосуваннями, що побудовані із загального проекту. Представниками даної групи методів є: *OCA*.

Враховуючи результати порівняння методів ДА та доменної інженерії за визначеними критеріями, що представлені в таблиці 1, набуття популярності методів ОДМ та *FODA* в роботі пропонується скористатися методом ОДМ, оскільки він є більш зрілим та задокументованим, та акцентує свою увагу на доменній інженерії наслідуваних систем військової авіації.

Метод організаційного доменного моделювання (ОДМ) [19] розроблено *Mark'ом Simos*, для систематизування ключових аспектів процесу доменного моделювання і забезпечення повного каркасу життєвого циклу доменної інженерії.

Таблиця 1. Порівняння методів доменної інженерії

№ п/п	Методи доменної інженерії	Мета методу	Задокументованість	Орієнтованість на	Технологія аналізу
1.	<i>Neighbors</i>	Удосконалення БВК	Низька	Військові системи	–
2.	<i>Prieto-Diaz</i>	Удосконалення БВК	Середня	Військові та урядові системи	Функціональна декомпозиція
3.	<i>HP</i>	Конструювання БВК	Низька	Системи управління периферійними пристроями	Функціональна декомпозиція
4.	<i>JODA</i>	Конструювання БВК	Низька	Військові системи, авіоніка	Об'єктно-орієнтований
5.	<i>DADO</i>	Наповнення бібліотеки БВК	Низька	Системи управління телекомунікаціями	Об'єктно-орієнтований
6.	<i>Synthesis</i>	Зменшення вартості адаптації	Низька	Системи управління супутниками	Об'єктно-орієнтований
7.	ОДМ	Конструювання БВК	Висока	Системи військової авіаційної галузі	Концептуальний аналіз
8.	<i>FODA</i>	Конструювання БВК	Висока	Військові системи та системи управління телекомунікаціями	Функціональна декомпозиція

Метод ОДМ використовується різними організаціями і піддається інтеграції з різноманітними процесами програмної інженерії, методами і технологіями реалізації. ОДМ зосереджується на концепціях, які виникли на основі робіт багатьох дослідників і практиків в області «систематичного повторного використання ПЗ».

Основні процеси, які реалізуються згідно методу ОДМ є наступними [19]:

- визначення домену;
- збір та накопичення інформації щодо домену;
- доменний аналіз;
- формалізоване зображення компонент;
- розробка середовища БВК.

Перший процес – визначення домену, визначає загальні риси та межі домену, зв'язок з іншими доменами.

Під час виконання процесів збору та накопичення даних здійснюється визначення методів збору та джерел інформації щодо домену.

ДА представляє собою один із найважливіших процесів доменної інженерії за будь-яким її методом, оскільки відображає властивості, ролі та зв'язок основних сутностей домену, які поєднуються в моделі домену. На основі моделі здійснюється визначення та формування БВК.

Процес ідентифікації та формалізованого зображення компонент полягає в створенні та формалізованому представленні компонент, збереженні їх у середовищі БВК.

В роботі, область дослідження виступають АТ, що представляють собою наземне обладнання, на яких здійснюються тренування, перенавчання льотчиків і екіпажів літаків для польотів на літаках Л-410 та Ту-154 [20, 21].

Вхідними даними процесу є організаційна інформація, зокрема: технічні описи літальних апаратів та АТ, архітектури пультів інструктора АТ, управляючі та регулюючі документи, які властиві авіаційній галузі, знання відносно пультів інструктора, притаманні авіаційному пер-

соналу. На етапі виконання даної фази виділяються кандидати зацікавлених сторін; формується досье зацікавлених сторін, визначаються проектні цілі та межі домену.

В роботі доменом виступають пульти інструктора АТ. Обраний домен включає необхідні та загально прийняті елементи, що складають пульти інструктора АТ. Домен представляється набором систем (панеллю пульта інструктора, управління та контролю польоту, інформаційного обміну), що взаємодіють між собою.

Панель пульта інструктора представлена екземплярами систем, в контексті даного домену, двома групами: індикаторами та елементами (органами) керування.

Система управління та контролю польотів представляє собою сукупність компонент, що забезпечують здійснення управління тренувальним польотом та контролю якості пілотування.

Система інформаційного обміну – система обміну параметрами з різними компонентами тренажеру.

Для збору та накопичення інформації, в роботі, були використані наступні методики збору даних: прямі, непрямі та незалежні.

Серед прямих методик збору даних використано інтерв'ю, загальне та активне спостереження; непрямих – віддалене спостереження; незалежних – аналіз документації.

Збір даних за прямими методиками здійснено за допомоги співробітників тренажерного центру, колишніх пілотів та інженерів-конструкторів авіаційних приладів.

За роботою інструктора та використанням пультів під час проведення тренувальних польотів на АТ було використано віддалене та активне спостереження.

Незалежна методика збору даних полягає в аналізі документації, і була використана при ознайомленні з технічними описами літальних апаратів, АТ.

Після визначення домену та збору інформації щодо домену, ґрунтуючись на аналізі зацікавлених сторін і їх інтересів, здійснюється перехід до наступного процесу методу – ДА. Основна мета процесу ДА – створення моделі пульта інструктора АТ.

Модель пульта інструктора АТ представляється у вигляді системи понять, що визначаються термінологією, якою користуються авіаційні експерти; відносин між поняттями та їх інтерпретацію. В роботі модель пульта інструктора АТ зображується у вигляді онтології.

Для зображення знань, отриманих на етапі застосування методу доменної інженерії, у вигляді БВК, в роботі пропонується формалізоване подання цих компонент у вигляді онтологій: графічні та аналітичні нотації, математичні моделі доменних сутностей, шаблони програмного коду.

Формалізоване зображення БВК у роботі задається декларативними моделями виду:

$$C_i = (g, a, m, t),$$

де C_i – позначення моделі i -го компоненту;

g – графічний опис онтології (стандарт *IDEF5*), a – аналітичний опис онтології у вигляді формул логіки предикатів першого порядку;

m – математичне зображення функціональності i -го компонента;

t – шаблон програмного коду i -го компоненту.

При створенні середовища БВК в роботі застосовується адаптивний підхід, сутність якого полягає у використанні наперед визначеної багаторазово викорис-

товуваної архітектури застосування і множини БВК для заповнення вільних місць в архітектурі ними.

Відповідно, середовище представляється як:

$$S = (R, A),$$

де S – середовище; R – репозитарій БВК; A – багаторазово використувана архітектура доменно-орієнтованого застосування.

Компонентами репозитарію БВК є інтерфейсні елементи, параметри, журнал та програми польоту, архітектура доменно-орієнтованого застосування. Їх пошук проводиться на основі запиту відповідно до вимог розробки.

Виконуюча частина кожного БВК, залежно від його типу, в середовищі зображується двійкою виду:

$$БВК_i = (t_i, e_i),$$

де t_i – шаблон програми, який забезпечує візуальне представлення об'єкту (V_i); e_i – редактор $БВК_i$.

В роботі, створено середовище (програмний засіб), що забезпечує можливість створення ПЗ пультів інструктора АТ, та можливість імітації їх роботи. Основні функціональні можливості програмного середовища зображено на рис. 2.

Основними акторами наведеної діаграми виступають: інструктор та уповноважений спеціаліст. Інструктор здійснює керівництво ходом тренування, а уповноважений спеціаліст (розробник) – створення ПЗ та налаштування відповідної панелі пульта інструктора, журналу, параметрів та програм польоту.

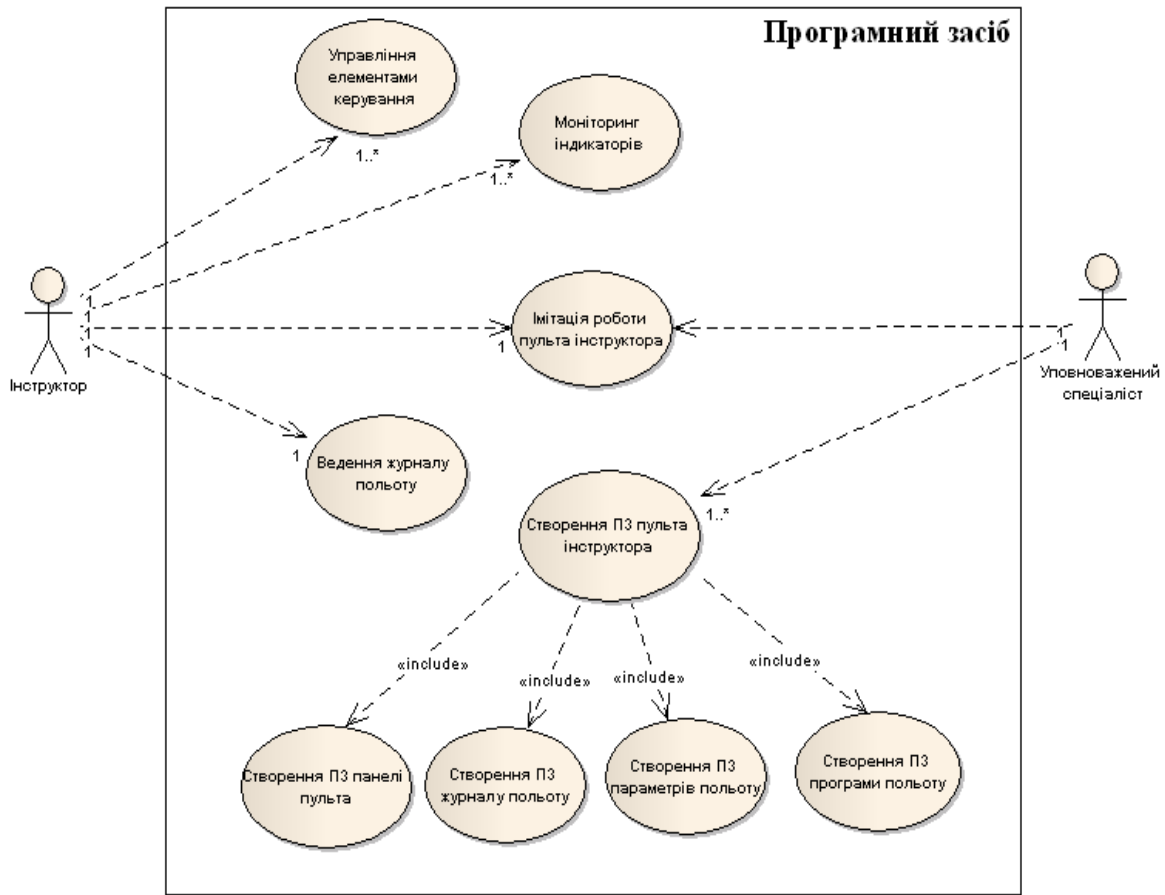


Рис. 2. Варіанти використання програмного середовища

Висновки

В роботі здійснено аналіз методів доменної інженерії, для застосування одного з них, як методологічної основи створення середовища БВК. Встановлено, що метод доменної інженерії, організаційне доменне моделювання найбільш відповідає основним вимогам для покладення його в основу розробки програмного середовища для створення ПЗ пультів інструктора, у зв'язку з його орієнтованістю на застосування в успадкованих системах авіаційної галузі.

Компоненти середовища створюються виходячи з досвіду, який накопичено в домені та мають задане формалізоване представлення у вигляді декларативних моделей.

Програмне середовище надає можливість створювати ПЗ пультів інструктора різних типів АТ із готових компонен-

тів, які зберігаються в репозитарії та налаштовувати їх відповідно до вимог замовника

Список літератури

1. Серегин Г.Н. Авиационные тренажеры – реальный путь к повышению безопасности полетов / Г.Н. Серегин // «Право и безопасность». – 2006. – №3-4. С. 20-21.
2. Кулик Н.С. Энциклопедия безопасности авиации / Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М.Г. Луцкий, А.Г. Кучер, Ф.Н. Яновский и др. – К.: Техніка. – 2008. – 1000с.
3. Рябокінь Ю.М. Формування повторно використовуємих рішень при створенні програмного забезпечення пульта інструктора авіаційного тренажеру методом доменного аналізу / Ю. М. Рябокінь // Інженерія програмного забезпечення, 2010. – №2. – С.44-53.

4. Луцький М.Г. Підтримка придатності та продовження експлуатації програмного забезпечення авіаційної техніки / М. Г. Луцький, М.О. Сидоров, Ю.М. Рябокiнь // Проблеми програмування. – К., – 2010. – №2-3. Спеціальний випуск. – С. 229-236.
5. Сидоров М.О. Методологічні принципи реінженерії програмного забезпечення успадкованих авіаційних тренажерів / М.О. Сидоров, Л.М. Іванова, В.А. Хоменко // Матеріали VIII Міжн.наук-техн. конф. АВІА-2007.– 2007. – Т.1. – С.13.119-13.122.
6. Neighbors J.M. The Draco Approach to Constructing Software from Reusable Components / J.M. Neighbors // IEEE Trans. on Softw. Eng. – 1984. – №3. – P. 564–576.
7. Common Ada Missile Packages (CAMP): Technical Proposal Prepared by Raytheon Company, Missile Systems Division, Bedford / Airforce Armament Laboratory. – 1984. – Vol.1. – P.589–594.
8. Сидоров Н.А. Восстановление, повторное использование и переработка программного обеспечения. I / Н.А. Сидоров // УСим. – К. – 1998. – № 3. – С.74-83.
9. McCain R. Reusable Software Component Construction: A Product-Oriented Paradigm / R. McCain // IBM Federal Systems Division, Houston TX. – 1986. – P.136.
10. Prieto-Diaz R. Classifying Software for Reusability / R. Prieto-Diaz, P. Freeman // IEEE Software. – Vol. 4 (1). – 1987. – P.–6-16.
11. Prieto-Diaz R. Domain Analysis: An Introduction / R. Prieto-Diaz // Software engineering Notes. – 1990. – Vol. 15(2). – P.47–54.
12. Arrango G. Domain Analysis Methods. In Software Reusability / G. Arrango, R. Prieto-Díaz //Ellis Horwood. – 1994. – P.17-49.
13. Prieto-Diaz R. Domain Analysis for Reusability / R. Prieto-Diaz // Computer Software and Applications Conference Compass' 87. – 1987. – P. 112-119.
14. Wartik S. Criteria for comparing reuse-oriented domain analysis approaches / S. Wartik, R. Prieto-Diaz // Software productivity consortium. – 1991. – P.31-67.
15. Alana E. Domain engineering methodologies survey / E. Alana, A. Rodriguez // GMV AEROSPACE AND DEFENCE S.A. – 2007. – 38p.
16. Лаврищева Е.М. Методы и средства инженерии программного обеспечения. Учебник / Е.М. Лаврищева, В.А. Петрухин // Московский физико-технический институт. – 2006. – 304с.
17. Ferrés X. An Evaluation of Domain Analysis Methods / X. Ferrés, A. Vegas // In 4th CAiSE/IFIP8.1 International Workshop in Evaluation of Modeling Methods in Systems Analysis and Design. – 1999. – P.1-13.
18. Kang Kyo C. Future-Oriented Domain Analysis / C. Kang Kyo, G. Sholom, J. Hess // Feasibility Study: Software Engineering Institute. – 1990. – P.1.161.
19. Simos M., Creps D., Klinger C., Levine L Lockheed Martin Tactical Defense Systems. Organization Domain Modeling (ODM) Guidebook: Version 2.0 Manassas: STARS-VC-A025/001/00. – 1996. – 509p.
20. Техническое описание. Книга 1. Основные характеристики тренажера ТЛ-410. – 1978. – 102с.
21. Göran A. Design of a flight simulator software architecture / A. Göran, J. Wallenberg // School of Mathematics and System Engineering: Växjö University. – 2002. – P.91.

Статтю подано до редакції 24.12.2014

УДК 004:378(045)

Сінько Ю. І., к.п.н.

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ТА ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НАВЧАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Національний авіаційний університет

yusin@ukr.net

Запропоновано предметно-орієнтований підхід до побудови комп'ютерних систем навчального призначення, що підтримують практичну роботу користувачів. Загальні концепції та принципи цього підходу можуть бути використані при проектуванні широкого класу комп'ютерних систем навчального призначення для середньої і вищої школи

Ключові слова: комп'ютерні системи, предметно-орієнтований підхід, інтегроване програмне середовище, засоби навчання

Актуальність

В останні роки всі ми стали свідками появи багатьох курсів дистанційної освіти, комп'ютерних систем навчального призначення (КСНП) для вищої та середньої школи. КСНП, які вже впроваджені в навчальний процес, створені різними колективами розробників і тому відрізняються як концепціями, архітектурними підходами, технологіями розробки, якістю. Галузеві стандарти на КСНП відсутні, а існуючі тимчасові рекомендації за призначенням, функціональністю, архітектурі, показникам якості, процесам створення та підтримки КСНП носять первинний характер. Команди розробників КСНП мають потребу в підвищенні кваліфікації та обміну досвідом, поширенні власних технологічних розробок і програмних компонентів та повторного використання "чужих" технологій на легітимній основі. Колективи розробників потребують ефективного моніторингу засобів КСНП з боку користувачів.

Сьогодні існують дві основні моделі організації навчального процесу, це середня школа, яка має класно-урочну систему навчання та вища школа з лекційно-аудиторною системою навчання. Використання КСНП у вищій і середній школах дозволить підтримувати процес набуття практичних умінь і навичок (компетенцій), одержуваних у результаті застосування теоретичного матеріалу до

розв'язання навчальних завдань. Широке застосування КСНП дозволить забезпечити підвищення якості знань студентів, урахувати їх індивідуальні особливості та сприяти інтенсифікації навчання.

Постановка проблеми

Комп'ютерна підтримка предметно-орієнтованої практичної діяльності полягає у наданні користувачу (студенту або викладачу) набору засобів і інструментів, що автоматизують і перевіряють процес розв'язання практичної задачі. Така система повинна бути забезпеченою повним комплектом методичної підтримки. Для математики це – підручник, задачник, довідник формул, робочий зошит студента, збірник контрольних робіт та тестів, методичні рекомендації викладачу тощо.

Навчальна практична діяльність має певну специфіку. Насамперед це стосується тих навчальних дисциплін, у вивченні яких велику роль відіграють практичні аспекти – цикли практичних занять і лабораторних робіт, самостійна практична робота. Формування практичних умінь та навичок досягається саме тут, і ця частина навчального плану в багатьох дисциплінах (математика, фізика, програмування, інші природничі й технічні дисципліни) є центральною. Проблема адекватної комп'ютерної підтримки практичних занять менше розроблена і уявляється нам актуальною.

Основна частина

Програмні середовища підтримки навчального процесу в лекційно-аудиторній системі навчання.

Основними учасниками навчального процесу в лекційно-аудиторній системі навчання являються:

- автор дидактичних матеріалів і методик;
- викладач-предметник;
- студент.

Використання КСНП в зазначеній моделі навчального процесу повинно забезпечувати:

- методичну підтримку вивчення дисципліни;
- управління навчальним процесом у рамках моделі навчального процесу;
- підтримку різних етапів навчання і форм роботи викладача та студента;
- підтримку математичних моделей досліджуваної предметної області;
- процеси самовдосконалення (життєвий цикл комп'ютерної системи).

Архітектурно КСНП є програмно-методичним комплексом (ПМК) або інтегрованим програмним середовищем (ПС) навчального призначення, що складається з декількох незалежних, але взаємодіючих програмних модулів (компонент). Такий програмно-методичний комплекс забезпечує ефективне ведення навчального процесу в цілому, підтримуючи взаємодію викладача і студента.

Компонентний підхід до реалізації КСНП спирається на представленні тих об'єктів, що використовуються у традиційному (немашинному) варіанті організації навчального процесу. Необхідно специфікували вимоги до цих об'єктів і спроектували їх у вигляді програмних модулів (компонентів), взаємодіючих у процесі функціонування системи. Предметна орієнтація буде реалізована в спеціальних модулях підтримки розв'язування навчальних задач. Отже, така система є спеціалізованим середовищем підтримки навчального процесу.

Основна архітектурна та технологічна задача полягає у розробці універсаль-

ної системи управління навчальним процесом, яка [2]:

- реалізує всі загальні функції управління, які не залежать від предметної області;

- налаштовується на конкретну навчальну дисципліну “зануренням” ПМК навчальної дисципліни.

Програмні середовища підтримки дистанційного навчання.

Сучасна дистанційної освіта, на жаль, загалом розрахована на репродуктивне засвоєння матеріалу, і не має достатньої методичної підтримки. Системи ж з інтерактивною роботою в Інтернеті, коли студент може вільно розв'язувати задачі, практично не зустрічаються. А такі системи мають особливе значення при вивченні таких предметів, як математика, фізика, хімія тощо. Тому, *актуальною* є проблема створення технологій, їх розробки для дистанційного навчання.

Середовище дистанційного навчання повинно підтримувати:

- навчальний процес у класичній лекційно-аудиторній системі навчання, надаючи лекторові й студентам відповідні сервіси;

- процес самостійного вивчення дисципліни, надаючи студентам всі нормативні й дидактичні матеріали, консультації викладача й можливість спілкування з іншими студентами;

- процес дистанційного вивчення дисципліни під керівництвом викладача (т'ютора), надаючи викладачам і студентам стандартні сервіси систем дистанційного навчання;

- процес розв'язання навчальних задач у спеціальному середовищі розв'язання задач зі збереженням ходу розв'язання й перевіркою ходу розв'язання викладачем.

Побудова такого програмного середовища повинна здійснюватися на платформі деякої системи дистанційного навчання. Типовий приклад – система «Web-Altir», призначена для дистанційного вивчення курсу лінійної алгебри у ВНЗ. Концепція та технології проекту-

вання і реалізація детально розглянуті в роботі [1]. В її основі створено програмну оболонку, яка має наступні особливості:

- легка інтеграція існуючих модулів;
- легка модернізація існуючих модулів;
- можливість розширення системи за рахунок нових модулів;
- легкість адміністрування.

Гнучкість системи дозволяє вбудувати інші курси. Використання компонентного підходу та принципу відкритої архітектури при побудові системи дозволило абстрагуватися від конкретної дисципліни, зробивши систему універсальною, що дозволяє легко впроваджувати нові курси.

Реалізація систем дистанційного навчання з підтримкою практичних занять потребує розв'язання таких завдань[2]:

§ зробити аналіз структури та розробити методи проектування та технології реалізації педагогічних програмних середовищ (ППС), які розподілені на 3-х рівнях:

- 1) інтернет-сервері розробника ППС;
- 2) робочому місці викладача;
- 3) робочому місці студента;

§ визначити загальні системні вимоги до ППС в цілому та компонентів ППС, які потрібно реалізувати на кожному з трьох рівнів системи, що визначаються як:

- 1) робоче місце адміністратора;
- 2) робоче місце викладача;

- 3) робоче місце студента.

Робоче місце адміністратора є комплексом програмних засобів, що забезпечують загальне управління порталом, управління навчальними курсами, управління повноваженнями користувачів, призначення викладачів (т'юторів).

Робоче місце викладача забезпечує такі функції: формування груп навчання, управління навчальним процесом, формування навчальних матеріалів.

Робоче місце студента забезпечує такі функції: вивчення теоретичного матеріалу, розв'язання задач, тестування, робота в групі.

Архітектурно ППС на кожному з трьох рівнів має буди управляючою оболонкою, функціонування якої не залежить від наповнення змістовими навчальними матеріалами з деякої групи навчальних дисциплін [2] (рис. 1).

Загальні функції ППС мають бути реалізованими у вигляді управляючої оболонки, предметно-орієнтовані функції треба класифікувати, визначити їх структури та формати даних. Окремі дослідження стосуються конкретних засобів, призначених для авторів методик. Ці засоби треба класифікувати для найбільш розповсюджених типів вже існуючих програмних засобів та реалізувати у вигляді прототипів, окремих програмних компонентів. Нарешті, для типових програмних засобів (що представляють електронні версії дидактичних матеріалів з певної дисципліни) треба розробити відповідні CASE-технології (спеціалізовані редактори) [2].

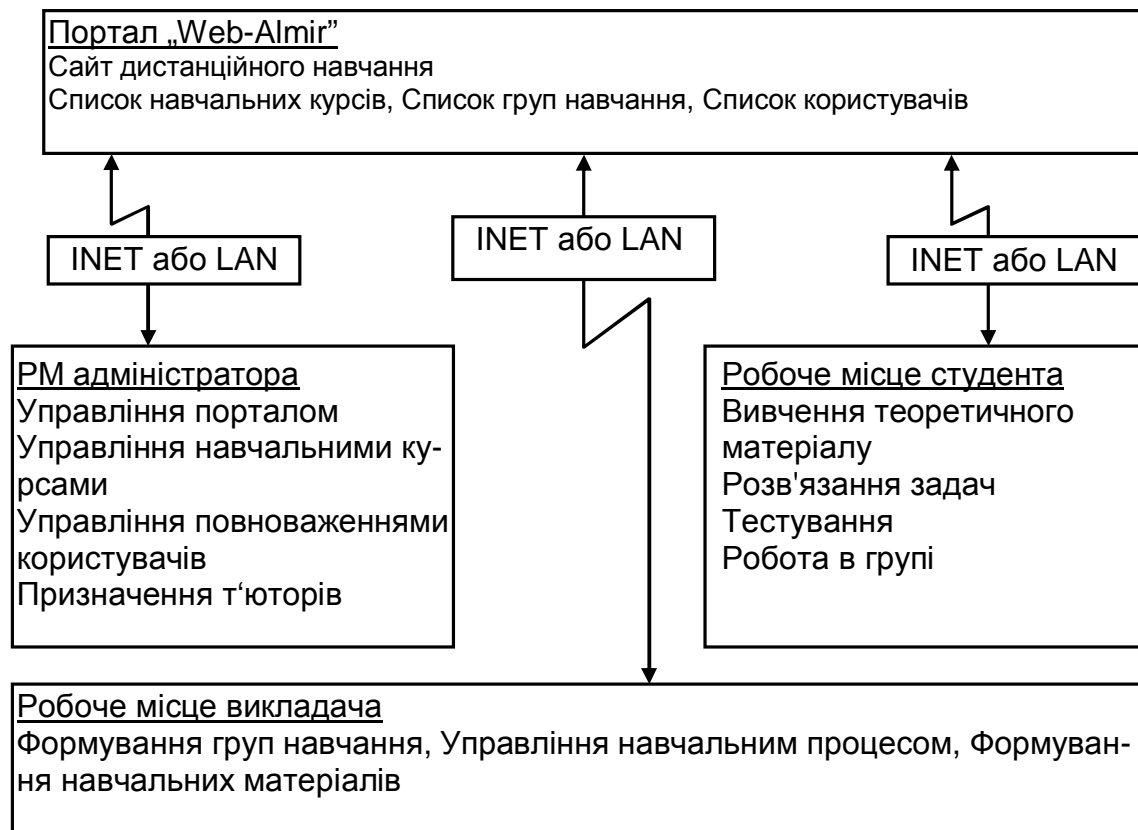


Рис. 1. Задачі управління навчальним процесом

Аналіз конкретної предметної області дозволяє виділити такі компоненти [3]:

- компонент для реалізації входу до системи (для реалізації автентифікації користувачів та розподілу користувачів на групи);

- компонент безпеки (для авторизації користувачів та розподіл прав доступу в залежності від групи, до якої належить користувач);

- компонент адміністрування (для загального керування всім вузлом дистанційної освіти та організації взаємодії окремих компонент).

Ці три модулі утворюють потужний каркас, що забезпечує легке впровадження та зручну взаємодію компонент, призначених для організації процесу навчання. Розглянемо ці компоненти.

Компоненти для підтримки оволодінням теоретичного матеріалу:

- компонент „Підручник” – структурований гіпертекст для роботи з теоретичним матеріалом дисципліни;

- компонент „Практикум” – структурований гіпертекст в якому подані всі методичні матеріали для проведення практичних занять.

Компоненти системи, що безпосередньо підтримують процес розв’язування задач:

- компонент „Середовище для розв’язання” задач. Середовище для розв’язання задач (СРЗ) представляє уніфіковане середовище, розроблене для досліджуваної дисципліни, що містить необхідний інструментарій для розв’язування деякого класу задач;

- компонент “Задачник” є джерелом задач, доступних для розв’язування в СРЗ. В ньому подані всі типи задач, що підтримуються Середовищем для розв’язання задач. Функціональні можливості дозволяють викладачам додавати та редагувати завдання, а студентам копіювати завдання до свого Зошиту;

- компонент “Зошит” служить для зберігання задач та роботи з ними.

Компонент “Тестування” дозволяє автоматизувати весь процес тестування студентів.

Компонент “Дискусії” призначено для спільного обговорення викладачем і студентами питань та проблем, що виникають у процесі вивчення предмету.

Компонент “Генератор завдань” підтримує процес формування навчальних завдань для Задачника.

Загальний вигляд спеціалізованого середовища підтримки дистанційного навчання подано на рис. 2.

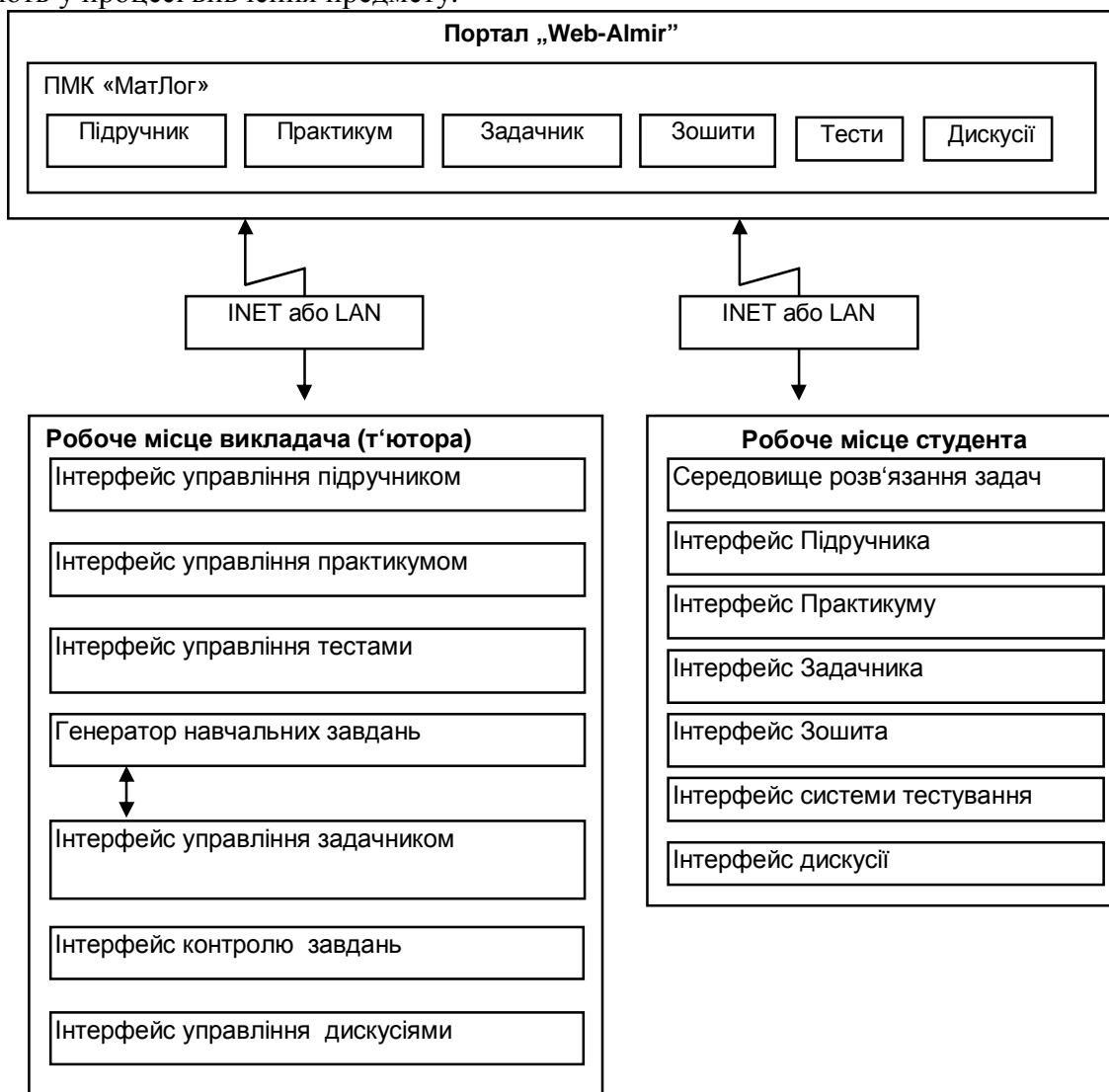


Рис. 2. Предметно-орієнтоване середовище з підтримкою практичних занять

В кінці зазначимо, що предметно-орієнтований підхід до побудови КСНП, що підтримують практичну роботу користувачів, автором статті було апробовано при реалізації програмного середовища «МатЛог» [4; 5], призначеного для підтримки процесу оволодіння навчальним матеріалом з курсу „Математична логіка” у вищих навчальних закладах.

Висновки

1. Навчальна діяльність, як специфічний вид професійної діяльності, повинна підтримуватися спеціалізованим середовищем підтримки навчального процесу.

2. Це середовище має бути:

а) погоджена з моделлю навчального процесу;

б) предметно-орієнтованою, тобто використовувати математичні моделі, які описують властивості досліджуваної предметної області.

3. Проблеми визначення моделі комп'ютерного середовища з підтримкою дистанційного навчання мають комплексний характер. Їх розв'язання зводиться до вибору відповідей на такі конкретні питання:

а) на яку платформу орієнтуватися під час розробки інформаційної технології;

б) яку архітектуру побудови програмного середовища обрати;

с) які технології розробки застосувати.

4. Основними засобами розробки системи в цілому мають бути сучасні Internet-технології.

Список літератури

1. *Круглик В.С.* Система дистанційного навчання "Web-Almir": Концепція та реалізація / В.С. Круглик // Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб.наук.праць / Редкол. – К.:НПУ ім. М.П. Драгоманова. – №3(10) – 2005. – С.119–127.

2. *Львов М.С.* Методы проектирования систем компьютерной поддержки математического образования. / М.С. Львов, А.В. Спиваковский // Материалы международной конференции по математическому моделированию ["Математические модели и современные информационные технологии"], Херсон 3-6 сент. 1998. – С. 101–110.

3. Спиваковский О.В. Технологии разработки программных средств, які підтримують компонентно-орієнтований підхід / О.В. Спиваковский, В.С. Круглик // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць / Редкол. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова. – №2(9). – 2005. – 316 с. (С. 31–42).

4. *Сінько Ю.І.* Інтегроване програмне середовище системи навчання математичної логіки «МатЛог» [Електронний ресурс] / Ю.І. Сінько // Інформаційні технології і засоби навчання. – Жовтень 2007. – №3. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/ITZN/em3/emg.html>.

5. *Сінько Ю.І.* Інтегроване програмне середовище підтримки дистанційного навчання «МатЛог»: концепція, архітектура та реалізація [Електронний ресурс] / Ю.І. Сінько // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2009. – №1(9). – Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/ITZN/em9/emg.html>.

Статтю подано до редакції 30.12.2014

УДК 004.021:334.722.1(045)

Ткалич О.П., к.т.н., доц.,
Одарченко Р.С., к.т.н.,
Витковский Я.И.

ИНТЕГРАЦИЯ СЕРВИСОВ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ АБОНЕНТОВ С СИСТЕМАМИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Национальный авиационный университет

tkalich@nau.edu.ua

Рассмотрены некоторые вопросы концепции сервис-ориентированных архитектур, а именно интеграция сервисов определения местоположения мобильных абонентов на основе беспроводных сетей связи с системами видеонаблюдения для повышения качества обслуживания клиентов и оптимизации трудозатрат обслуживающего персонала. Также рассматривается возможность использования информации с камер видеонаблюдения для предоставления дополнительных услуг пользователям

Ключевые слова: мобильное устройство, сервер, местоположение, видеонаблюдение, беспроводная сеть, сервис, услуга, сервис-ориентированные архитектуры, доступ

Введение

С каждым днем, месяцем, кварталом, годом количество «умных» мобильных (носимых) устройств возрастает в десятки раз, что неоднократно представляют и заявляют крупнейшие вендоры устройств данного класса, а именно смартфонов, планшетов, ноутбуков и т.д. Это приводит к резкой потребности в изменении концепции информационно-коммуникационной сферы, а именно от перехода системы передачи данных к системе предоставления услуг. Конечною пользователя не интересует, какая операционная система на нашем устройстве, его интересует вопрос, почему я не могу получить что-либо. Данная проблема решается, и работы в данном направлении ведутся. Клиент хочет получить максимально качественную услугу от поставщика, а также использовать минимум устройств для решения собственных задач [1]. Как пример, смартфон, планшет, лэптоп мы хотим и можем применять эти устройства для ведения бизнеса, развлечений, выполнения каких либо бытовых функций и т.д.

Начиная со середины 90-х годов прошлого века, человек получил возможность делать покупки по Интернету, в Украине за последние 10 лет появилось сотни тысяч интернет магазинов, он-лайн

услуг и сервисов, пользователь к этому очень быстро привык, но не все пользователи смогли отказаться от походов в магазины. На следующем этапе, пользователю хочется чего то большего, чем просто видеть картинку в интернет магазине или пройтись по магазину самостоятельно. Ему слишком мало информации, характеристики товара не всегда понятны, запутанны, как правило, среднестатистический покупатель в магазине выбирает знакомый ему товар по ряду признаков: цвет этикетки, размер упаковки, шрифт, используемый на этикетке, т.е. не товар, а его «визуализированный образ» то, что он когда-то видел у друзей, знакомых, на кухне, дома, в рекламе и т.д. К сожалению многие покупатели в супермаркетах могут растеряться, потеряться и заблудиться (в худшем случае), из-за малой информации о планировке магазине, расстановке товара и еще многих факторов покупатель тратит свое время в поисках необходимого ему товара (что обусловлено рядом причин, а именно использование специфики психологии человека и маркетинговых технологий).

Именно информатизации и экономии времени пользователя (покупателя) и посвящен данный труд, с максимальным внедрением маркетинговых, телекомму-

никационных и информационных технологий.

Постановка проблемы

Интеграция разнородных, как по представлению информации, среде передачи данных, типу предоставляемой услуги, так удобству и применению информационно-коммуникационных сетей и систем (как-то не полно, надо добавить для чего и т.д.)

Анализ исследований в данной области

В ходе работы над материалами были проанализированы материалы по следующим направлениям: видеонаблюдение, проводные и беспроводные информационно-коммуникационные сети, концепции Интернет вещей (англ. *Internet of Things, IoT*), сервис-ориентированной архитектуры (англ. *Service-oriented architecture, SOA*), принеси свое собственное устройство (англ. *Bring Your Own Device, BYOD*).

В работах описаны применения каждой концепции, удобства и преимущества для пользователей, администраторов сетей, но не были рассмотрены вопросы объединения концепций, либо их применение для выполнения не только прямых, но и косвенных функций.

Также необходимо подчеркнуть, что аналитические материалы, построения архитектур, услуги и характеристики аппаратных средств были представлены на форумах, в которых принимала участие компания CISCO MUK2013, форум Cisco 2013, Cisco Connect 2014 и находятся в разделе «Общедоступная информация Cisco».

Таким образом, вопрос использования вышеуказанных концепций в комплексе является актуальной задачей, а интеграция разнородных систем перспективной областью исследований.

Цель исследования

Возможность интеграции сервисов местоположения мобильных абонентов с системами видеонаблюдения для супермаркетов и торговых комплексов для пре-

доставления пользователям (покупателям) информационных услуг как внутри торговых комплексов, так и удаленно.

Результат исследования

Современные технологии по доставлению информационно-коммуникационных услуг можно классифицировать по нескольким категориям: проводные, беспроводные, с выходом во внешний мир (подключение к сети Интернет), без выхода (локальные и корпоративные сети). Из данных технологий доступа к информации нас будет интересовать как проводной сегмент сети, так и беспроводной, вариации с локальным или глобальным пользователем оставим на выбор, это не суть важно.

На сегодняшний день в мире используется более 5 млрд. умных устройств, примерно 2 носимых (умных) устройства приходится на 1 человека [2], что дает необходимый толчок к развитию концепций SOA, BYOD и IoT. Исходя из развития указанных концепций и скачкообразного интереса к ним, за последние несколько лет, а также на основании опыта полученного в ходе их реализации, с учетом развития технологий и применения одного устройства для реализации большего количества услуг, без изменения его функционала был написан данный труд.

В качестве примера нам необходимо рассмотреть любой (абстрактный) торговый комплекс или супермаркет. В исследовании в основном использовалось оборудование компании CISCO, за счет, по нашему скромному мнению, прозрачности архитектуры сети, гибкости, управляемости, производительности, надежности и безопасности.

Проводной сегмент в супермаркете или торговом комплексе нам интересен поскольку, наиболее эффективно строить системы видеонаблюдения именно по проводным сетям, современные камеры видеонаблюдения нуждаются в больших скоростях передачи данных. Рассмотрим несколько типов подключения видеокамер в крупных торговых сетях рис. 1. [3].

Большая часть сетевых видеокамер обладают функцией «веб-сервер», который позволяет настройки конкретной видеокамеры, просматривать видео в режиме реального времени, устанавливать настройки безопасности, осуществлять простым движением мышки поворот видеокамеры и т.д.

Практически все сетевые видеокамеры обладают очень полезной встроенной функцией «веб-сервер». Фактически, это набор аппаратного и программного обеспечения, который позволяет пользователю изменять все, что надо, для того чтобы обратиться к веб-серверу, это знать IP-адрес видеокамеры, который вводится в адресную строку интернет браузера (*Internet Explorer, Opera, FireFox* и т.д.) и пройти стандартную аутентификацию пользователя, введя логин и пароль. Меню веб-сервера практически ничем не отличается от обычного сайта, поэтому даже начинающие пользователи едва знакомые с просторами интернета смогут без труда сориентироваться, на что нужно нажимать.

Вторым способом, как просмотра, так и сохранения информации является установка на компьютер специализированного программного обеспечения, которое может поставляться в комплекте с видеокамерой.

Недостатком вышерассмотренного подключения будет являться, конечно же, то, что вся сеть будет состоять только из одной камеры и компьютера. Для того чтобы иметь возможность подключить большее количество устройств необходимо приобрести сетевой коммутатор. К примеру, 8-портового варианта хватит для подключения нескольких видеокамер, NVR-регистратора и нескольких компьютеров. Коммутация всех устройств осуществляется при помощи «прямого» патч-корда, а настройка в соответствии руководством конкретного производителя.

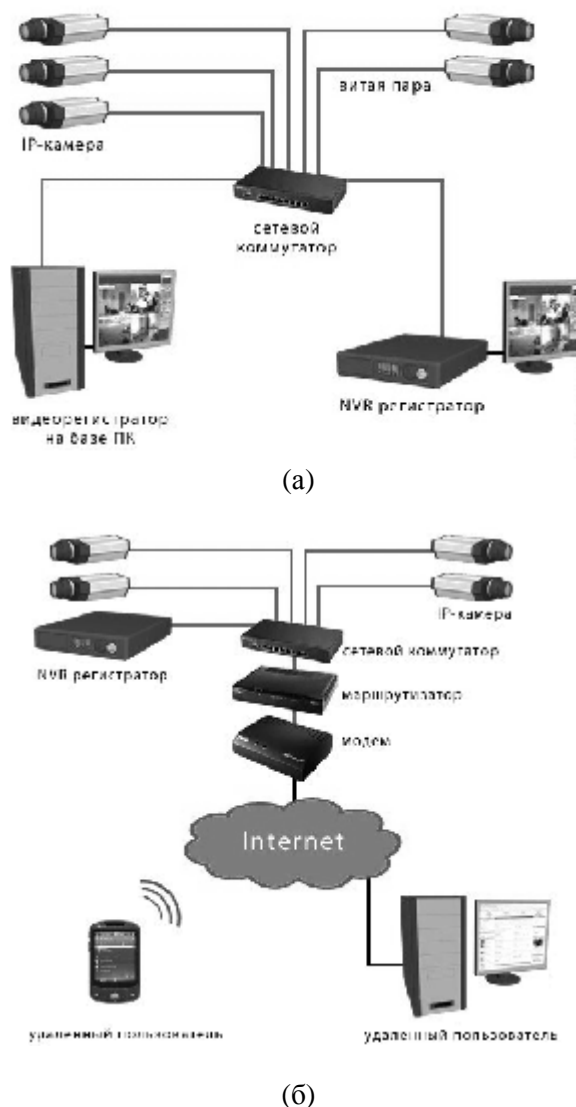


Рис. 1. Локальная (а) и «глобальная» (б) сеть видеонаблюдения

Огромным плюсом IP-видеонаблюдения является то, что к локальной сети и, соответственно, к видеокамерам можно получить доступ из *Internet*.

Для дальнейшего исследования необходимо провести выбор видеокамер по соответствующим уровням и характеристикам (табл. 1) и рассчитать пропускную способность сети для их использования.

Из табл. 1 выбираем камеру класса 3.1., которая имеет достаточные характеристики для видеонаблюдения, даже цифрового вещания и рассчитаем суммарную скорость информационных потоков от некоторого количества камер по формуле 1.

$$B = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k V(i, j), \quad (1)$$

где B – общая скорость потоков от всех камер;

$V(i, j)$ – скорость j -го потока от i -ой видеокамеры;

k – общее количество потоков, переданных камерой;

n – количество IP-видеокамер.

По умолчанию принимаем что сеть видеонаблюдения построена на витой паре *UTP* категории 5e (скорость до 1 Гбит/с).

Проведем расчет необходимого количества подсетей (2) для передачи дан-

ных от камер к серверу для уменьшения задержек (учитываем чувствительность видеотрафика к задержкам), для большей надежности сети введем параметр B_{max} , который определяет общую скорость потоков от всех камер с надбавкой 25-30%.

$$M = B_{max} / 0,8 * W, \quad (2)$$

где M – количество подсетей;

B_{max} – суммарная скорость потоков от всех камер;

W – пропускная способность сети;

0,8 – коэффициент, характеризующий максимальную загрузку сети (80 %).

Таблица 1. Уровни формата H.264 с максимальными параметрами

Уровень	Максимальное количество макроблоков		Максимальная скорость видеопотока (VLC) кбит/с				Примеры максимальной разрешающей способности/ частоты кадров
	в секунду	в кадре	BP, XP, MP	HiP	Hi10P	Hi422P, Hi444P	
1	1485	99	64	80	192	256	128×96@30,9 176×144@15,0
2	11880	396	2000	2500	6000	8000	320×240@36,0 352×288@30,0
3	40500	1620	10000	12500	30000	40000	352×480@61,4 352×576@51,1 720×480@30,0 720×576@25,0
3.1	108000	3600	14000	17500	42000	56000	720×480@80,0 720×576@66,7 1280×720@30,0

Системы видеонаблюдения мы можем интегрировать с определенным ПО, которое позволит делать скриншоты прилавков и товаров на них и автоматическую проверку на конечном сервере с бухгалтерским сервером *1С*, либо другими программными продуктами. Что позволит проверять актуальность цен товаров, заполненность товарами, кассовых аппаратов и складов, что оптимизирует работу и сократит трудозатраты персонала, контролировать работу сотрудников и покупателей. Также систему видеонаблюдения можно использовать для удаленных покупателей, что будет отражать актуальную на данный момент цену товара.

Развернув беспроводную сеть с определенными техническими характеристиками (функционалом) точек доступа и контроллеров, использование этих сервисов позволит упростить эксплуатацию ИТ-инфраструктуры организации, повысить продуктивность работы сотрудников [5], а также появляется ряд дополнительных возможностей, как для клиентов, так и для менеджеров.

На сегодняшний день количество покупателей в Украине использующих электронные «списки покупок» (приложений огромное количество) постоянно увеличивается, удобством таких электронных списков является их синхронизация с облачными системами, со списка-

ми других абонентов, через социальные сети и порталы. Можем сделать вывод о возможности синхронизации таких списков по беспроводным каналам связи с сервером магазина для уточнения цен, нахождения необходимых товаров, сведений о производителе (либо по *RFID* меткам, штрих кодам, *QR*-кодам). Если беспроводная сеть будет поддерживать режим «Локация», то это даст возможность привязки точек доступа к плану магазина

[6]. Также используя современные двухдиапазонные точки доступа, возможно, организовать несколько изолированных (логически и физически) друг от друга сетей, например, клиентской сети и корпоративной, создав тем самым дополнительный уровень защиты данных.

Схема интеграции системы видеонаблюдения с беспроводными сетями приведена на рис. 2.

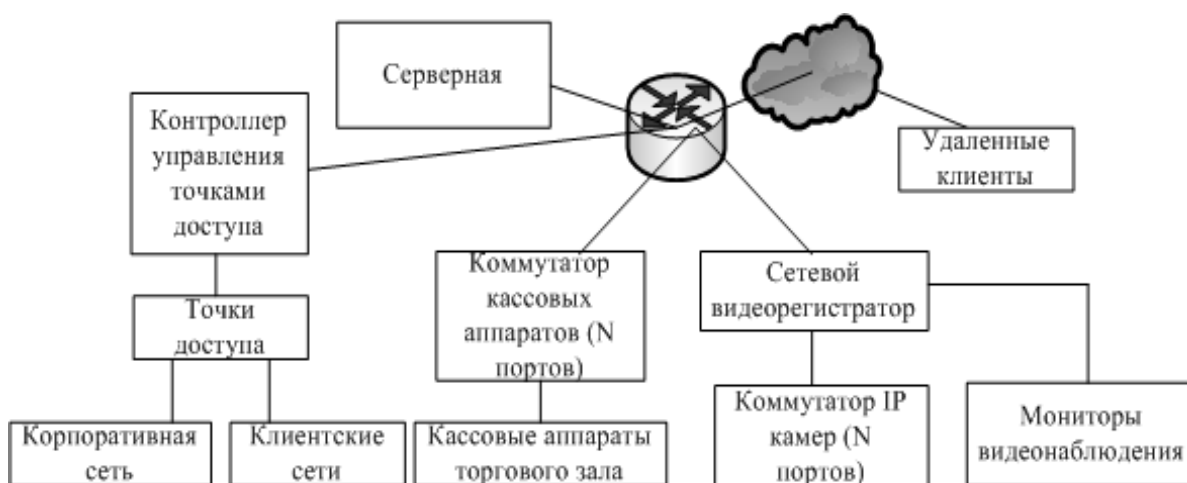


Рис.2. Схема интеграции системы видеонаблюдения с беспроводными сетями

Отдельные приложения, которые несут информацию о дисконтных карточках клиента тоже можно задействовать в таких системах.

Преимущества для клиента

В данной системе определив *MAC*-адрес клиента и предоставив ему доступ к клиентской сети открывается огромный спектр по его использованию: система скидок, определение местоположения в пределах торгового центра, точное представление о товарах и отделах, реклама, синхронизация со списком покупок, больше информации о производителях товаров, возможность проведения досуга в «зоне отдыха», получение данных о актуальных ценах.

Преимущества для торгового центра

Привлечение большего числа клиентов, открытость и доступность к своим товарам, мониторинг работы и передвижения сотрудников, дополнительные воз-

можности кассиров (замена кассового аппарата на планшет, передвижные и экстренные кассы), использование носимых устройств в качестве считывателей штрих кодов, возможность расширения торгового пространства (интернет магазин), анализировать (отслеживать) места наиболее интересные покупателям, проводить акции, использовать устройства пользователя в качестве дисконтной карты, предлагать услуги (для торговых комплексов) бронирования мест в кафе, ресторане комплекса, также возможность клиенту проверить актуальность цены на соответствующий товар.

Для этого пользователю достаточно получить гостевой доступ к сети торгового комплекса установить единожды специальное приложение, и наслаждаться следующими возможностями: синхронизация списка покупок с сервером магазина, актуальная цена на товары из списка, карта прохода по магазину за выбранным товаром, информирование о акциях, ин-

формирование о товаре (цена, производитель), использование носимого устройства в качестве дисконтной карты.

Выводы

В работе приведен пример использования систем видеонаблюдения и сетей *WI-FI* интегрированных на одной серверной платформе для увеличения количества услуг предоставляемых локальным и удаленным пользователям в торговых комплексах и маркетах с использованием специального программного обеспечения под носимое устройство.

В дальнейшем будут рассмотрены и исследованы следующие вопросы: скорости передачи данных, синхронизация устройств, алгоритмы подключения новых абонентов, возможность частотного планирования, используя заданные каналы и частотные диапазоны, аутентификация в сети, мониторинг системы.

Список литературы

1. Карпенко С.В. Сервис-ориентированная архитектура и архитектура, управляемая моделями / С.В.Карпенко, О.П.Ткалич, П.А.Андрухович // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2010. – Вип. 54. – С. 39-45.
2. Ткалич О.П. Підвищення ефективності використання корпоративної мережі за концепцією *BYOD* / О.П.Ткалич, Р.С.Одарченко, С.В.Рибальченко, О.В.Марченко, Є.Ю.Шеремет, О.В.Лагодний // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем: Збір. наук. праць – ЖВІ: – НАУ, 2013. – Вип. 7, С. 77-87.
3. <http://mirsovetov.ru/a/miscellaneous/useful-know/video-surveillance.html>.
4. Тимошенко О.С. Інтеграція мереж передачі IP-трафіку з системами відеоспостереження об'єктів / О.С. Тимошенко, О.П. Ткалич // Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем» 2-5 червня 2014., м. К.: НАУ, С. 34
5. Шрамко М.О. Безпроводова мережа для доступу до баз даних / М.О. Шрамко, О.П. Ткалич // Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», 2-5 червня 2014, м. К.: НАУ, С. 31.
6. Беспроводные сети для сервисов местоположения. Материалы *Cisco Connect* 2014.

Стаття представлено в редакцію 4.12.2014

УДК 681.3:621.375

Двотактні підсилювачі струму для цифрового аналізатора параметрів звукових трактів Азаров О. Д., Крупельницький Л. В., Теплицький М. Ю.

Розглядаються можливості покращення характеристик аналізатора параметрів звукових трактів за рахунок використання двотактних підсилювачів постійного струму із вибіркоким зворотним зв'язком. Запропоновано структурно-функціональні схеми швидкодіючих підсилювачів з низькими нелінійними спотвореннями і високим співвідношенням сигнал/шум, що дозволяє розширити діапазони власних і вимірюваних параметрів АПЗТ

УДК 681.3:621.375

Двухтактные усилители тока для цифрового анализатора параметров звуковых трактов / Азаров А. Д., Крупельницкий Л. В., Теплицкий М. Е.

Рассматриваются возможности улучшения характеристик анализатора параметров звуковых трактов за счет использования двухтактных усилителей постоянного тока с выборочной обратной связью. Предложены структурно-функциональные схемы быстродействующих усилителей с низкими нелинейными искажениями и высоким соотношением сигнал / шум, что позволяет расширить диапазоны собственных и измеряемых параметров АПЗТ

UDC 681.3:621.375

Push-pull current amplifiers for digital audio paths settings analyzer / Azarov O., Krupelnytskyi L., Teplytskyi M.

The article discusses the possibility of improving the performance of the audio paths settings analyzer through the use of push-pull direct-current amplifiers with selective feedback. The structural and functional schemes of high-speed amplifiers with low harmonic distortion and high signal / noise ratio, which allows to extend the range of its own and the measured parameters of the analyzer, were proposed

УДК 536.587

Моделювання функціонування систем мобільного радіозв'язку спеціального призначення в міських умовах / Башкиров О.М., Кадет Н.П., Шишацький А.В.

Розглядаються особливості поширення сигналів систем мобільного зв'язку в умовах висотних будівель щільних міських забудов з метою синтезу універсальної моделі та дослідження ефективності мобільного радіозв'язку різних стандартів

УДК 536.587

Моделирование функционирования систем мобильной радиосвязи специального назначения в городских условиях/ Башкиров А.Н., Кадет Н.П., Шишацкий А.В.

Рассматриваются особенности распространения сигналов систем мобильной связи в условиях высотных сооружений плотных городских застроек с целью синтеза универсальной модели и исследований эффективности мобильной радиосвязи разных стандартов

UDC 536.587

Modeling of operation systems mobile radio communication of special purpose in urban areas / Bashkirov A., Kadet N., Shyshatskiy A.

Signal propagation features of mobile communication are considered in the conditions high-rise buildings of dense city construction to the synthesis of a universal model and research of efficiency of different mobile radio standards

УДК 681.514:62 – 503.56(045)

Синтез оптимальної структури спостерігача вихідного стану багатовимірною об'єкта з довільною динамікою при випадкових впливах / Білак Н.В., Польова А.М., Юзич Н.А.

Запропоновано процедуру синтезу оптимальної структури спостерігача вихідного стану багатовимірною об'єкта з довільною динамікою при випадкових впливах. Надано варіант розв'язку задачі шляхом розділення об'єкта на 2 частини (стійкий та нестійкий канали), для кожного з яких будуть окремо два спостерігачі вихідного стану багатовимірною об'єкта

УДК 681.514:62 – 503.56(045)

Синтез оптимальной структуры наблюдателя исходного состояния многомерного объекта с произвольной динамикой при случайных воздействиях / Билак Н.В., Полевая А.Н., Юзич Н.А.

Предложена процедура синтеза оптимальной структуры наблюдателя исходного состояния многомерного объекта с произвольной динамикой при случайных воздействиях. Предоставлено вариант решения задачи путем разделения объекта на 2 части (устойчивый и неустойчивый каналы), для каждого из которых строятся отдельно два наблюдателя исходного состояния многомерного объекта

UDC 681.514:62 – 503.56(045)

Synthesis of optimal structure of the observer of the initial condition of multidimensional object with any dynamics at random influences / Bilak N., Polova A., Yuzych N.

Procedure of synthesis of optimal structure of the observer of the initial condition of multidimensional object with any dynamics at random influences is offered. It is provided the solution version of the task by division of object into 2 parts (stable and unstable channels), for each of them two observers of the initial condition of multidimensional object are under construction separately

УДК 004.822:514

Онтологічне подання інформаційних об'єктів, моделей і сервісів в Web of Things/ Гладун А.Я., Андрюшевіч О. А., Курбацький О.М.

Створення й розвиток інноваційних інформаційних технологій Інтернету речей (Internet of Things, IoT) спричинило розвиток і ряду нових напрямків у формуванні інформаційного простору, зокрема - Web of Things (WoT). У зв'язку із цим виникла необхідність у розробці нових семантичних, орієнтованих на використання знань, підходів для ідентифікації, пошуку й дослідження, специфічних для цього простору інформаційних об'єктів. У цій роботі ми представляємо набір онтологічних моделей - об'єктів, ресурсів і сервісів, а також використання елементів онтологічного аналізу при створенні моделей і сервісів пошуку на основі онтологій в інформаційному просторі Web of Things, що базується відповідно на платформі Internet of Things. Пропонується також підхід до анування описів WoT-об'єктів за допомогою онтологічних моделей і семантичних Web-сервісів

УДК 004.822:514

Онтологическое представление информационных объектов, моделей и сервисов в Web of Things/ Гладун А.Я., Андрюшевич А. А., Курбацкий А.Н.

Создание и развитие инновационных информационных технологий Интернета вещей (Internet of Things, IoT) повлекло за собой развитие и ряда новых направлений в формировании информационного пространства, в частности – Web of Things (WoT). В связи с этим возникла необходимость в разработке новых семантических, ориентированных на использование знаний, подходов для идентификации, поиска и исследования, специфических для этого пространства информационных объектов. В данной работе мы представляем набор онтологических моделей - объектов, ресурсов и сервисов, а также использование элементов онтологического анализа при создании моделей и сервисов поиска на основе онтологий в информационном про-

странстве Web of Things, базирующемся соответственно на платформе Internet of Things. Предлагается также подход к аннотированию описаний WoT-объектов при помощи онтологических моделей и семантических Web-сервисов

УДК 004.822:514

Ontologic Representation of Information Objects, Models and Services in Web of Things / Gladun A.J., Andrushevich A.A., Kurbatski A.N.

Creation and development of innovative information technology Internet of Things (IoT) resulted in development of new directions in the formation of information space, particularly Web of Things (WoT). In this regard, there was a need to develop a new semantic knowledge oriented approaches for the identification, search and research the specific information object in this space. In this paper, we present a set of ontological models - objects, resources and services, as well as the use of elements of ontological analysis to create models and search services based on ontologies in information space Web of Things, which is based on the Internet of Things platform. It is also proposed annotation approach for WoT-objects descriptions by using ontological models and semantic Web-services

УДК 532.7:004.75(045)

Математична модель розв'язання гідродинамічної задачі у розподіленому обчислювальному середовищі / Глазок О.М.

Розглядаються складові елементи математичної моделі задачі призначення обчислювальних робіт при математичному моделюванні течії рідини на вузли розподіленої обчислювальної системи. Використання цієї моделі дозволяє оптимізувати використання обчислювальних ресурсів

УДК 532.7:004.75(045)

Математическая модель решения гидродинамической задачи в распределенной вычислительной среде / Глазок А.М.

Рассматриваются составные элементы математической модели задачи назначения вычислительных работ при математическом моделировании течения жидкости на узлы распределенной вычислительной системы. Использование этой модели позволяет оптимизировать использование вычислительных ресурсов

UDC 532.7:004.75(045)

Mathematical model of solving of a hydrodynamic problem in distributed computing environment / Glazok O.

The component elements of a mathematical model of the problem of assignment of calculation jobs to the nodes of a distributed computing system at mathematical modeling of liquid flow are considered. The use of this model allows to optimize the use of computing resources

УДК 004.055 + 004.5

Управління зручністю використання в контексті архітектури програмного забезпечення. / Гученко І.В.

Стаття присвячена питанню зв'язку зручності використання програмного забезпечення та його архітектури. Архітектурні рішення, що мають вплив на загальну зручність використання програмного забезпечення через конкретні характеристики та властивості, проаналізовані на основі концепції шаблонів зручності використання. Концепція застосована до раніше розробленого автором методу управління зручністю використання програмного забезпечення, враховуючи модель, засновану на останніх стандартах в даній області. Зроблено висновок, що по-

ліпшення зручності використання в контексті згаданого методу слід починати з етапу проектування програмного забезпечення. Визначено архітектурні рішення, які позитивно впливають на конкретні властивості зручності використання програмного забезпечення

УДК 004.055 + 004.5

Управление удобством использования в контексте архитектуры программного обеспечения / Гученко И.В.

Статья посвящена вопросу связи удобства использования программного обеспечения и его архитектуры. Архитектурные решения, имеющие влияние на общее удобство использования программного обеспечения через конкретные характеристики и свойства, проанализированы на основе концепции шаблонов удобства использования. Концепция применена к ранее разработанному автором методу управления удобством использования программного обеспечения, учитывая модель, основанную на последних стандартах в данной области. Сделан вывод, что улучшение удобства использования в контексте упомянутого метода следует начинать с этапа проектирования программного обеспечения. Определены архитектурные решения, позитивно влияющие на конкретные свойства удобства использования программного обеспечения

UDC 004.055 + 004.5

Usability management at the context of software architecture / Guchenko I.

The article is devoted to the issue of relationship between usability and software architecture. Architectural solutions that have influence on overall software usability through concrete properties and attributes are analyzed using the concept of usability patterns. The last one is applied to the earlier developed author's usability management method considering the usability model based on the latest standards. Conclusion is made that usability improvement in the context of the method of software usability management should be started from the design stage of the software lifecycle. Design solutions which have positive effect on particular usability property are defined

УДК 004.728.4(045)

Проблеми корекції і реконфігурації трактів передачі мультимедійного трафіку в бездротових мережах / Іскренко Ю. Ю.

Для вирішення даного завдання найбільш раціональним є використання широкосмугових WIMAX мереж. Для досягнення максимальної ефективності розглядаються способи налаштування і компоновки багатопроменевих WIMAX антен

УДК 004.728.4(045)

Проблемы коррекции и реконфигурации трактов передачи мультимедийного трафика в беспроводных сетях / Искренко Ю.Ю.

Для решения данной задачи наиболее рациональным является использование широкополосных WIMAX сетей. Для достижения максимальной эффективности, рассматриваются способы перенастройки и компоновки, многолучевых WIMAX антенн

UDC 004.728.4(045)

Problems of correction and reconfiguration of multimedia traffic transmission tracts in wireless networks / Iskrenko Yu.

The most rational way in performing a decision of given problem is the use of broadband WIMAX networks. To achieve a maximal efficiency we will consider several methods of WIMAX multiband antennas reconfiguration and arrangement

УДК 658.5+005.6+006

Показники якості діяльності підприємств / Ковальов О.І., Зенкін А.С.

У статті розглядається оцінювання якості діяльності підприємств як виконання роботи, а також у контексті вимог та рекомендацій процесних стандартів управління, тобто на основі результативності, ефективності та досягнення сталого успіху. Наводиться обґрунтування ієрархічної схеми оцінювання, ідентифікації трьох груп показників, емпіричного правила вибору показників «10/80/10» – через його уявлення гіперболічним розподілом. Це правило слід брати до уваги як додаткову умову балансу збалансованих наборів показників, поряд з виділенням аспектів діяльності

УДК 658.5+005.6+006

Показатели качества деятельности предприятий / Ковалев А.И., Зенкин А.С.

В статье рассматривается оценивание качества деятельности предприятий как исполнение работы, а также в контексте требований и рекомендаций процессных стандартов управления, то есть на основе результативности, эффективности и достижения устойчивого успеха. Приводится обоснование иерархической схемы оценивания, идентификации трех групп показателей, эмпирического правила выбора показателей «10/80/10» – через его представление гиперболическим распределением. Это правило следует принимать во внимание как дополнительное условие баланса сбалансированных наборов показателей, наряду с выделением аспектов деятельности

UDC 658.5+005.6+006

Indicators of enterprise activity quality / Kovalev A., Zenkin A.

The article considers assessing enterprise activity quality as performing work, as well as in the context of requirements and recommendations of management process standards, that is, basing on productivity, efficiency and achieving lasting success. Justification of hierarchic assessment scheme is provided, as well as that of identification of the three value groups, and the empirical rule of the value choice '10/80/10' – through its presentation by hyperbolic distribution. This rule has to be considered as an additional condition of balance of balanced sets of values, along with isolating activity aspects

УДК 004.724.4 (045)

Формування множини шляхів, що не перетинаються в бездротових комп'ютерних мережах / Коган А.В., Гетьманенко О.В.

На основі алгоритму Дейкстри розроблений алгоритм багатошляхової маршрутизації, що формує множину шляхів, що не перетинаються і характеризується меншою часовою складністю в порівнянні з базовим алгоритмом багатошляхової маршрутизації.

УДК 004.724.4 (045)

Формирование множества непересекающихся путей в беспроводных компьютерных сетях / Коган А.В., Гетьманенко А.В.

На основе алгоритма Дейкстры разработан алгоритм многопутевой маршрутизации, формирующий множество непересекающихся путей и характеризующийся меньшей временной сложностью по сравнению с базовым алгоритмом многопутевой маршрутизации

UDC 004.724.4 (045)

Forming a plurality of disjoint paths in wireless computer networks / Kogan A., Getmanenko A.

Based on Dijkstra's algorithm developed an algorithm for multipath routing, forming a set of disjoint paths and characterized by lower time complexity compared to the baseline algorithm multipath routetion.

УДК 621.382-022.532(045)

Комп'ютерне моделювання послідовних нанопристроїв / Мельник О.С., Козаревич В.О., Ходимчук Д.С.

Виконується моделювання квантових коміркових автоматів з використанням автоматизованої системи проектування QCADesiner

УДК 621.382-022.532(045)

Компьютерное моделирование последовательных наноприборов / Мельник А.С., Козаревич В.А., Ходимчук Д.С.

Выполняется моделирование квантовых ячеечных автоматов с использованием автоматизированной системы проектирования QCADesiner

UDC 621.382-022.532(045)

Computer simulation of nanodevices poslidovnisnyh / Melnyk O., Kozarevych V., Khodymchuk D.

The work performed simulations of quantum cellular automata using automated design systems QCADesiner

УДК 510.645:004.032.26

Моделювання безпечної внутрішньорівневої взаємодії в беспроводній комп'ютерній мережі засобами теорії формальних граматики і мов / Печурін М.К., Кондратова Л.П., Печурін С.М.

Спосіб опису трансляції протокольних модулів даних у процесі переходу між підрівнями PMD і PLCP фізичного рівня еталонної моделі взаємодії відкритих систем, оснований на моделях регулярних граматики і мов, забезпечує адекватне представлення цієї взаємодії. Пропонується, з метою моделювання безпечної взаємодії вказаних підрівнів, розглядаючи їх як взаємодіючі об'єкти у захищеній системі передачі інформації, застосувати вище вказані моделі з послабленими обмеженнями, де на продукційні правила не накладається обмеження регулярності, і вони виступають в якості складових частин прямонаправленої функції асиметричної системи шифрування

УДК 510.645:004.032.26

Моделирование безопасного внутриуровневого взаимодействия в беспроводной компьютерной сети средствами теории формальных грамматик и языков / Печурин Н.К., Кондратова Л.П., Печурин С.Н.

Способ описания трансляции протокольных модулей данных в процессе перехода между подуровнями PMD и PLCP физического уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем, основанный на моделях регулярных грамматик и языков, обеспечивает адекватное представление этого взаимодействия. Предлагается, с целью моделирования безопасного взаимодействия указанных подуровней, рассматривая их как взаимодействующие объекты в защищенной системе передачи информации, применить вышеуказанные модели с ослабленными ограничениями, где на производные правила не накладывается ограничение регулярности, и они выступают в качестве составных частей прямонаправленной функции асимметричной системы шифрования

UDC 510.645:004.032.26

The modeling of the secure intra-layer interaction in wireless computer networks by the facilities of the formal grammars' and languages' theory. Pechurin N., Kondratova L., Pechurin S.

This way to describe the protocol data units translation in the transition between the PMD and PLCP sublevels of the open systems interconnection reference model physical layer, based on the models of regular grammars and languages, provides an adequate representation of this interaction. There is

proposed in order to simulate the safe interaction of these sublevels on considering them as objects interact in a secure information transmission system to apply above model with the easing of restrictions, where production rules are imposed regularity restriction, and they act as components of the asymmetric encryption system feedforward function

УДК 004.4:629.735.072.8:004 (043.5)

Доменна інженерія при створенні програмного забезпечення пультів інструктора авіаційних тренажерів/ Рябокiнь Ю.М.

Розглянуто проблеми підготовки авіаційних спеціалістів та створення пультів інструкторів авіаційних тренажерів. Запропоноване застосування доменної інженерії при створенні програмного забезпечення пультів інструктора авіаційних тренажерів з метою зменшення фінансових та часових витрат

УДК 004.4:629.735.072.8:004 (043.5)

Доменная инженерия при создании программного обеспечения пультов инструктора авиационных тренажеров / Рябокoнь Ю.Н.

Рассмотрены проблемы подготовки авиационных специалистов и создания пультов инструкторов авиационных тренажеров. Предложено применение доменной инженерии при создании программного обеспечения пультов инструктора авиационных тренажеров с целью уменьшения финансовых и временных затрат

UDC 004.4:629.735.072.8:004 (043.5)

The use domain engineering in the time of software development of instructor consoles for flight simulators / Ryabokin Y.

In the article considers problems of aviation training and the creation of instructor consoles of flight simulators. The use of domain engineering is proposed by software development of instructor consoles of flight simulators for reduce the cost and time

УДК 004:378(045)

Концептуальний підхід та принципи проектування комп'ютерних систем навчального призначення / Сiнько Ю.І.

Запропоновано предметно-орієнтований підхід до побудови комп'ютерних систем навчального призначення, що підтримують практичну роботу користувачів. Загальні концепції та принципи цього підходу можуть бути використані при проектуванні широкого класу комп'ютерних систем навчального призначення для середньої і вищої школи

УДК 004:378(045)

Концептуальный подход и принципы проектирования компьютерных систем учебного назначения / Сiнько Ю.И.

Предложено предметно-ориентированный подход к построению компьютерных систем учебного назначения, поддерживающих практическую работу пользователей. Общие концепции и принципы этого подхода могут быть использованы при проектировании широкого класса компьютерных систем учебного назначения для средней и высшей школы.

UDC 004:378(045)

Conceptual approach and principles of computer systems' design for educational purposes / Sinko Yu.

A subject-oriented approach to building of computer systems for educational purposes that support the practical work of the users is proposed. The general concepts and principles of this approach can be used in the design of a large variety of computer systems for educational purposes for secondary and high school

УДК 004.021:334.722.1(045)

Інтеграція сервісів місця розташування мобільних абонентів з системою відеоспостереження / Ткаліч О.П., Одарченко Р.С., Вітковський Я.І.

У статті розглянуті деякі питання концепції сервіс-орієнтованих архітектур, а саме інтеграція сервісів визначення місця розташування мобільних абонентів на основі бездротових мереж зв'язку з системами відеоспостереження для підвищення якості обслуговування клієнтів та оптимізації трудовитрат обслуговуючого персоналу. Також розглядається можливість використання інформації з камер відеоспостереження для надання додаткових послуг користувачам

УДК 004.021:334.722.1(045)

Интеграция сервисов местоположения мобильных абонентов с системами видеонаблюдения / Ткалич О.П., Одарченко Р.С., Витковский Я.И.

В статье рассмотрены некоторые вопросы концепции сервис-ориентированных архитектур, а именно интеграция сервисов определения местоположения мобильных абонентов на основе беспроводных сетей связи с системами видеонаблюдения для повышения качества обслуживания клиентов и оптимизации трудовых затрат обслуживающего персонала. Также рассматривается возможность использования информации с камер видеонаблюдения для предоставления дополнительных услуг пользователям

UDC 004.021:334.722.1(045)

Mobile subscriber location and video surveillance services integrating / Tkalic O., Odarchenko R., Witkowski Y.

The paper discusses some service-oriented architecture concept questions, namely the integration of location services of mobile subscribers based on wireless communication networks with video surveillance systems for improving the quality of customer service and optimization of labor staff. Also considered the possibility of surveillance cameras information using to provide additional services to users

Правила оформлення і представлення публікацій

Зміст статей повинен бути присвяченим актуальним науковим проблемам. Статті при цьому повинні мати такі необхідні елементи:

- постановку проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття;
- формулювання цілей статті та постановка завдань або питань, які вирішуються цією публікацією;
- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямку.

Мінімальний обсяг статті: 4 сторінки. Пропонуємий редакційною колегією обсяг: 6-10 сторінок. Мова публікацій може бути українською, російською, англійською. Остання сторінка тексту завжди повинна бути заповнена не менш як на дві третини.

Статтю, надруковану на білому папері формату А4, подають відповідальному секретарю редакційної колегії з такими документами:

- 1) актом експертизи, завіреним печаткою;
- 2) рецензією з зазначенням наукового ступеня рецензента, вченого звання, посади, місця роботи (без скорочень), завіреною печаткою;
- 3) відомостями про авторів українською, російською, англійською мовами: прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання, посада, місце роботи (без скорочень), службова й електронна адреси, службовий, домашній і мобільний номери телефонів (окремий файл і надрукована сторінка);
- 4) анотаціями з прізвищами авторів і назвою статті українською, російською, англійською мовами;
- 5) ключові слова українською, російською, англійською мовами;

УДК 004.415 (045)

Методика визначення релевантості текстових висловів в інформаційних системах / Бадьоріна Л.М.

Запропонована методика оцінювання відповідності текстових відповідей за допомогою лінгвістичної технології, яка дозволяє визначити співвідношення між термінами.

УДК 004.415 (045)

Методика определения релевантности текстовых выражений в информационных системах / Бадерина Л.Н.

Предложена методика оценки текстовых ответов с помощью лингвистической технологии, которая позволит определить соотношение между терминами.

УДК 004.415 (045)

Definition of relevance of text expressions in information systems / Badyoryna L.

In the article we offer a model of calculation of a ratio parameter (relevance) of meaningful terms of reference definition in answers. Here is given an example of the calculation of a numerical synonymic parameter of meaningful terms.

- 5) индексом УДК з підписом бібліографа-класифікатора і штампом НТБ;
- 6) диском зі статтею, відомостями про авторів, анотаціями.

До статті можуть бути внесені зміни редакційного характеру без узгодження з автором.

Статтю слід набирати через один інтервал в такому порядку:

Формат А4 (210x297 мм) с полями 2,5 см з усіх сторін.

УДК шрифт *Times New Roman* 12.

Прізвища, ініціали, наукові ступені авторів
(*Times New Roman* 12).

НАЗВА(шрифт *Times new roman (Bold)* 14).**Назва організації**(шрифт *Times New Roman (Bold)* 12).

e-mail:

(шрифт *Times New Roman* 12).**Текст анотації:** мовою статті, шрифт *Times New Roman 11 Italic* (з відступами зліва і справа по 0,5 см)**Заголовки: Arial (Bold Italic) 12.**

Текст статті виконується у форматі А4 (210x297 мм) с полями 2,5 см з усіх сторін у дві колонки шириною по 7,7 см. Основний шрифт *Times New Roman* 12 с одинарним інтервалом.

$$\Delta t_r = \frac{r_r^{\frac{1}{2(1-H)}} (1 - r_{or})^{\frac{H}{1-H}} - r_{or}^{\frac{1}{2(1-H)}} (1 - r_r)^{\frac{H}{1-H}}}{I((1 - r_r)(1 - r_{or}))^{\frac{H}{1-H}}}$$



Рис. 1. Назва

Таблиця 1. Назва

Графічний матеріал (малюнки, схеми та ін.) рекомендується виконувати в форматі *gif*, *jpg* або *bmp* тільки як контрастні монокольорові (без напівтонів), розміром не менш 60x60 мм. Використання закладеної графіки *MS Word* не допускається. Під кожним малюнком має бути номер і назва (шрифт *Times New Roman* 11, центрувати). Таблиці повинні також мати номер і назву (над таблицею, по лівому краю, шрифт *Times New Roman* 11).

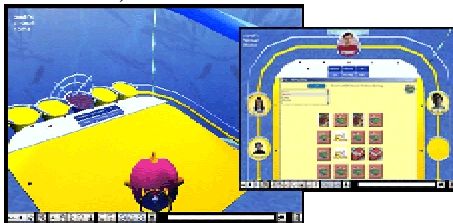


Рис. 2. Назва

Таблиця 2. Назва

Список літератури

1. Має відповідати вимогам ГОСТ 7.1-84. Шрифт *Times New Roman* 12. Прізвища та ініціали авторів літературних джерел набирають курсивом. Бібліографічні записи мають бути пронумеровані й мати посилання на джерела в тексті статті в квадратних дужках.

Формули повинні виконуватись редакторі *Microsoft Equation*, математичні символи не повинні значно відрізнятися по розміру від основного тексту.

$$w = a_0 [y_0(t) - y_0(t-t)] + a_1 t y_0(t) - a_1 [(t-t) y_0(t-t) + t y_0(t-t)]. \quad (1)$$

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ

Збірник наукових праць

Випуск 4 (48)

Підписано до друку 17.12.2014 р. Формат 60X84/16. Папір офсетний.

Офсетний друк. Ум. друк. арк. 11.

Наклад 100 прим.