ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.396.2

Г.О. Гринкевич

Державний університет телекомунікацій, Київ

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ БЕЗПРОВОДОВИХ ТКС

У статті розроблено метод визначення характеристик сучасних безпроводових ТКС із використанням інтегрального критерію інформаційно-енергетичної ефективності S (ІКІЕЕ S). Запропоновано використання створеної просторової матриці для алгоритму визначення характеристик ТКС

Ключові слова: *критерій ІКІЕЕ S, алгоритм, просторова матриця, телекомунікаційна система.*

Вступ

Постановка проблеми. Враховуючи поширеність систем безпроводового зв'язку сьогодні актуальними є питання підвищення ефективності безпроводових систем на різних етапах їх розвитку – від проектування до експлуатації з врахуванням можливостей модернізації, поєднання та інтеграції з іншими системами зв'язку.

З ряду прикладів попередньої успішної практики використання удосконалених критеріїв підвищення ефективності функціонування безпроводових систем навіть на декілька відсотків може принести значні вигоди, враховуючи загальнодержавні масштаби застосування нововведень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Провівши аналіз багатьох сучасних джерел, присвячених питанням визначення ефективності телекомунікаційних систем [1, 2, 3, 4], можна стверджувати, що існуючі критерії формулювалися значною мірою на основі евристичних міркувань і не мають єдиної цілісної методологічної основи. Поява усе нових і нових критеріїв відбувається, як правило, без зіставлення їх із вже існуючими.

Вказаний підхід сприяв виробленню полегшених уявлень про важливість пошуку можливостей знаходження єдиного критерію взагалі, чи навпаки знаходження доказів щодо неможливості вирішення цього завдання. І досі, навіть теоретично не доведена можливість його побудови взагалі. У деяких роботах критерій приймається без яких би то не було обґрунтувань [5] (чи ці обґрунтування робляться дуже поверхневі). Визначення критеріїв формулюється нечітко (іноді важко зрозуміти, які параметри в порівнюваних системах вважаються рівними) і т.п. Форми подання критеріїв окремих функціональних вузлів та системи в цілому являються різнотиповими та явно вимагають певного узгодження. Отже, на наш погляд, необхідні інші, видозмінені критерії щодо окремих функціональних вузлів та ТКС в цілому.

Мета статті полягає в розробці методу визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових телекомунікаційних систем (ТКС).

Основний матеріал

Опис інтегрального критерію інформаційно-енергетичної ефективності (ІКІЕЕ). Проведений науковий пошук у даній сфері дозволяє запропонувати прийняти за базові такі форми критеріїв, що являються зручними для дослідження систем, саме цим вимогам відповідає критерій S – інформаційно-енергетичної ефективності ТКС [6]:

$$S = \frac{\lambda^2 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot \rho \cdot \log M}{16 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot k \cdot T \cdot \gamma \cdot L}, \qquad (1)$$

де G1, G2 – коефіцієнти підсилення антени передавача і приймача; R2 - дальність зв'язку; k - стала Больцмана, k=1,38x 10^{-23} Вт/ Гц Град; λ - довжина хвилі; T – приведена до опромінювача антени шумова температура приймальної системи; L – загасання сигналу в лінії зв'язку; γ – відношення сигнал/шум на вході приймача; ρ – виграш відношення сигнал/шум при декодуванні сигналу (з врахуванням розширення спектру сигналу при його кодуванні); M – кратність мультиплексування сигналу.

Інтегральний критерій інформаційно-енергетичної ефективності ТКС являється інтегральним тому, що він використовується (в різних модифікаціях) при описі кожного з функціональних вузлів системи, характеризується залежністю від параметрів кожного функціонального вузла. В межах методики розрахунку значень критерію інформаційно-енергетичної ефективності S визначено і основні вимоги до формування та застосування критеріїв інформаційно-енергетичної ефективності S для ТКС, які відображено на рис. 1.

Розробка алгоритму визначення характеристик ТКС. У процесі розробки алгоритму

визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС використовувався ряд програмних засобів таких як VisSim - програмний продукт, що реалізує можливості візуальної мови програмування в процесах моделювання динамічних систем, а також проектування, що базується на моделях, для цифрових сигнальних процесорів [7].

Рис. 1. Вимоги до критерію інформаційно-енергетичної ефективності ТКС

Сучасні версії засобу VisSim поєднують в собі інтуїтивний інтерфейс для створення блокових діаграм і потужне моделююче ядро. Мова і програмне середовище VisSim широко використовується в розробці складних автоматизованих систем управління і цифрової обробки сигналів.

Для подальшого втілення отриманих результатів створення алгоритму визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС додатково використовувалося розширення для генерації коду на мові С, що автоматично дозволяло отримувати моделі VisSim в зрозумілому і ефективному коді на ANSI C. Для подібної форми отриманого коду є можливість компіляції і запуску на будь-якій платформі, що має компілятор для мови С.

Таким чином після отримання результатів роботи алгоритму визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС код, що згенерований, направлявся для подальших імітаційних досліджень з використанням цифрових сигнальних процесорів серії ADSP-21160 [8].

Для отримання параметрів умов, в яких планується використовувати розроблені високоефективні засоби передачі даних, застосовувалося програмне середовище планування безпроводових мереж зв'язку RPS2 [9].

Програмний пакет RPS2 призначений для автоматизованого проектування безпроводових мереж різної архітектури, що застосовують різні стандарти передачі даних, дозволяє:

1. Проводити аналіз фіксованих і мобільних мереж;

2. Визначати і відображати на екрані:

- зону найкращого обслуговування станціями і їх секторами;
- зону, що обслуговується усіма базовими станціями планованої мережі;
- області, в яких відбувається перемикання абонента на обслуговування іншою базовою станцією або іншим її сектором;
- потужність інформаційного або пілот-сигналу на вході приймача абонента;
- потужність, яку має випромінювати передавач абонента;
- реальну чутливість базових станцій з урахуванням перешкод, що створюються абонентами чужих базових станцій;
- ділянки місцевості, в яких відсутній зв'язок в напрямі від абонента до базової станції або навпаки;
- відношення сигнал/завада для інформаційного і пілот-сигналу;
- кількість абонентів, що доводиться на кожного з секторів базових станцій;
- профілі заданих радіотрас;

3. Відображати на екрані результати вимірів рівня сигналу, що приймається, в різних точках місцевості і порівнювати їх з розрахунковими значеннями.

Цей алгоритм визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС презентовано на рис. 2.

Слід наголосити, що даний алгоритм не призначений для визначення переваг певних видів модуляції над іншими, а забезпечує перебір всіх можливих значень параметрів, що задані, та виявлення найбільш серед них.

Принцип роботи алгоритму. Перший блок виконує функції вибору стандарту модуляції та безпосередньо обирається серед існуючих модулів програмного середовища VisSim. Серед модулів модуляції можливо обрати такі M-PSK, M-FSK, GMSK, GFSK, QAM та ін.

Другий блок призначений для створення на робочому тлі програмного середовища VisSim імітаційної моделі безпроводової ТКС. Дана операція також передбачає можливість використання попередньо підготовленої блок схеми. Для більш наглядного моніторингу та формування блоків 13 та 14 в алгоритмі крім інтеграції з програмним середовищем RPS2 додатково використана інтеграція з програмою Mathcad [10].

Mathcad має великі і наочні можливості в завданні всіляких функцій і реалізації різних методів рішення рівнянь, у тому числі алгебраїчних і диференціальних. Багато завдань математичного моделювання можна вирішувати в середовищі Mathcad, що неможливо зробити в VisSim. Однак, Mathcad не дозволяє будувати моделі набором їх блоків. Усе це потрібно робити користувачеві самостійно у ході дослідження. Крім того, Mathcad не дозволяє простежити безпосередньо (у вигляді видимих з'єднань) функціональні зв'язки між

блоками. Зате це легко забезпечує VisSim. Таким чином комбінація цих двох систем при участі людини-проектувальника надає нові можливості в імітаційному моделюванні.

Логіка роботи третього блоку обирається користувачем перед запуском алгоритму. Як видно з рис. 3 тут є дві можливості вибору – спрощену та удосконалену. Спрощений варіант складається з блоку п'ять та передбачає можливість вибору імітаційних моделей каналу зв'язку з 11 наявних в програмному середовищі VisSim.

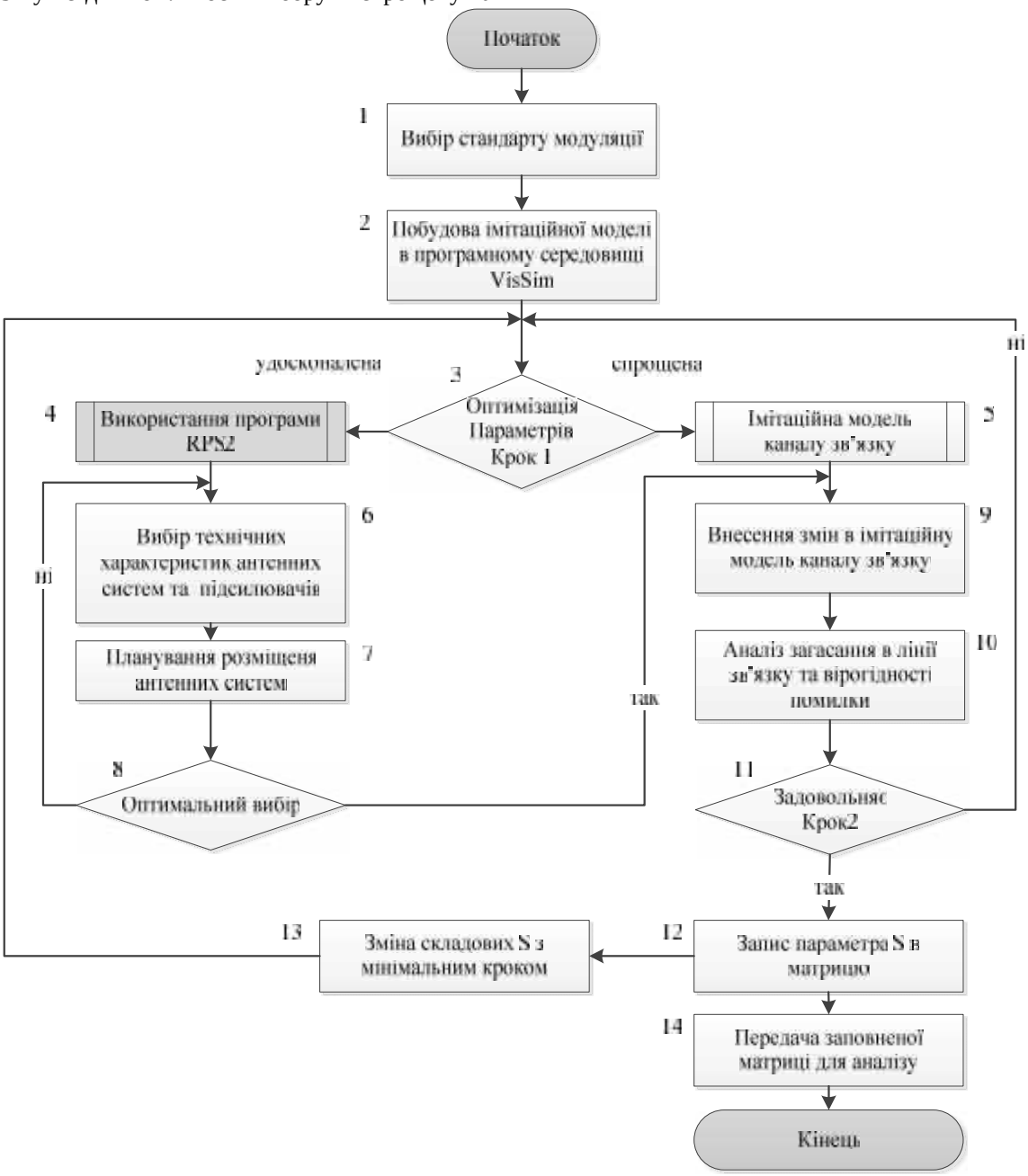

Рис. 2. Алгоритм визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС

Однак вище зазначений метод являється узагальненим і не враховує всіх наявних варіантів розповсюдження інформаційного сигналу в середовищі. Серед останніх варто зазначити рельєф місцевості, необхідну потужність випромінювання в конкретних умовах, відношення сигнал/завада та ін.

Тому для розрахунку параметрів характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС в алгоритмі (рис. 2) передбачено застосування програмного середовища RPS2. Про його можливості сказано вище. Блоки 4, 6, 7 та 8 якраз і реалізують ці можливості.

За допомогою інтеграції RPS2 та VisSim отримані параметри передаються до імітаційної моделі безпроводової ТКС та враховуються в процесі роботи загального алгоритму.

Наступний дев'ятий блок призначений для автоматичної зміни характеристик імітаційної моделі

безпроводової ТКС на основі попередньо отриманих даних.

У десятому блоці виконується остаточний розрахунок параметрів характеристик інформаційно-енергетичної ефективності ТКС.

Одинадцятий блок призначений для порівняння отриманих даних з мінімально можливими межами інформаційно-енергетичної ефективності ТКС заданими в алгоритмі.

У випадку успішного порівняння у блоці 11 дані надходять до дванадцятого блоку де виконується формування просторової матриці показників інформаційно-енергетичної ефективності ТКС.

Тринадцятий блок призначений для наступної зміни вхідних даних відносно попередніх з мінімальним кроком. Мінімальна зміна (було заплановано не менше 100 вимірів) вхідних даних дає можливість найбільш повно визначити характеристики досліджуваної системи.

Для аналізу можливостей апаратної реалізації отриманих даних використовувалась просторова матриця, за допомогою якої і отримувався кінцевий результат роботи алгоритму. Чотирнадцятий блок служить для виконання цієї операції.

Використання просторової матриці. Для подальшого дослідження проблем інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС запропоновано зведення всіх раніше отриманих розрахункових результатів та параметрів реально існуючих систем у вигляді просторової матриці, кожний з нових вимірів котрої буде віддзеркалювати ту частину параметрів, що попередньо не досліджувалася. Інтуїтивно відчувається, що на певному етапі додавання розрахункових значень складових такої матриці вона сама може стати інструментом для визначення оптимального складу параметрів MIMO-модему безпроводового зв'язку.

Слід наголосити на тому, що реалізація матричної моделі даних в сучасних системах математичного та імітаційного моделювання передбачає ряд складнощів. Вони пов'язані в першу чергу з тим, що просторові матриці є, у більшості випадків, величезним багатовимірним розрідженим масивом структурованої (або слабко структурованої – при відсутності ряду даних) інформації. Працювати з такими багатовимірними масивами не зовсім приємно, отже, потрібне знаходження інших структур, добре реалізованих в сучасних системах математичного та імітаційного моделювання, що дозволяють моделювати як самі багатовимірні матриці, так і операції над ними. Такими структурами є ієрархічні структури.

Формування просторової матриці в блоці 12 нашої імітаційної моделі виконується згідно нижче приведених визначень. Нехай дано деяке числове поле P. Як відомо, всяка система з n2 елементів A_{ij} (i, j = 1, 2,… n) поля P, розташованих в точках площини з декартовими прямокутними координатами i, j, називається ∂ двовимірною (квадратною) матрицею n-го порядку на полі P [11].

Подібно до цього будь-яка система з n^3 елементів A_{ijk} (i, j, k = 1, 2,… n) поля P, розташованих в точках тривимірного простору, що визначаються координатами i, j, k, називається трьохмірною (кубічною) матрицею n-го порядку над P.

Система 23 елементів A_{ijk} (i, j, k = 1, 2), розташованих у вигляді куба представляє кубічну матрицю 2-го порядку. Кубічна матриця n-го порядку із загальним елементом A_{ijk} позначається символом $\left\|\grave{A}_{ijk}\right\| \quad (i, j, k = 1, 2, \ldots, n)$.

Будь-яка система з np елементів $A_{i_1, i_2, \ldots, i_p} \left(i_1, i_2, \ldots, i_p = 1, 2, \ldots, n\right)$ поля P, розташованих в точках p-мірного простору, що визначаються координатами i_1, i_2, утворює p-мірну матрицю n-го порядку над P

$$\left\|\grave{A}_{1jk}\right\|, \left\|\grave{A}_{2jk}\right\|, \ldots, \left\|\grave{A}_{njk}\right\| \quad (i, j, k = 1, 2, \ldots, n).$$

Така матриця визначається як просторова, якщо число вимірів її p можна припускати яким завгодно цілим, більшим двох.

При обміні даними між програмними середовищами сформовані таким чином просторові матриці ускладнюють процес їх обробки певною програмою та з'являється ефект "розрідженості". Що особливо негативно впливає на обробку таких даних в Mathcad, де власне й реалізований та функціонує алгоритм (див. рис. 2).

Таким чином, створення просторової матриці складових критерію інформаційно-енергетичної ефективності ТКС вимагає її представлення в ієрархічних структурах на основі реляційної моделі представлення даних, але з переходом до більш гнучкої просторової побудови.

Взаємозв'язок між програмними середовищами, що використовуються при роботі нашого алгоритму, вимагає створення програмними засобами підсистеми, що може адаптуватися, зберігання даних і інтелектуальної підсистеми [11].

Функціонування таких підсистем залежить від даних, що зберігаються, тобто підсистему можна змінювати (модифікувати) через зміну даних, що зберігаються. Оскільки, інтелектуальна підсистема має взаємодіяти з підсистемою зберігання даних, то важливою задачею, що визначає здатність системи до розвитку, являється розробка моделі представлення даних, що адаптується. Ця властивість є актуальною тому, що розроблений алгоритм визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС також успішно може використовуватись і для визначення інших характеристик сучасних ТКС (мати можливості адаптуватись для цього).

Здатність до адаптації системи в першу чергу визначається властивостями моделі представлення даних. Нині одним з основних засобів опису, обробки і зберігання даних є реляційні просторові матриці [12]. Це пов'язано з тим, що реляційна модель украй проста в проектуванні і реалізації в порівнянні з іншими моделями даних (ієрархічними, мережевими, об'єктними) і має добре розроблений потужний математичний апарат, заснований на теорії великих кількостей і реляційній алгебрі.

Головною відмінністю просторового представлення даних від двовимірного представлення, використовуваного в реляційних просторових матрицях, являється те, що можна у будь-який момент часу додавати нові елементи в множини, що визначають осі простору. Тим самим відіб'ється зміна моделі даних.

Просторове представлення даних можна розділити на три рівні: осі багатовимірного простору, декартовий добуток безлічі значень осей і значення точок простору. Така структура дозволяє вводити як додаткові осі і розмірність, так і доповнювати безліч елементів існуючих осей у будь-який момент часу.

Для реалізації моделі даних, що адаптується, на основі просторової реалізації необхідно визначити узагальнену структуру такого простору і ввести ряд операцій по обробці даних.

Тому, при створенні матриці кожного об'єкту S додамо три додаткові атрибути [12]:

1. Id(S) – функція задає для кожного об'єкта додатковий атрибут – його індивідуальний ідентифікатор.

2. Num(S) – функція задає для кожного об'єкту додатковий атрибут – його порядковий номер в класі еквівалентності Xn, де n = 1, 2,…, p. Областю значення функції Num є безліч натуральних чисел.

3. Variable(S) – функція містить для кожного об'єкту атрибут – його показник.

Розглянута просторова матриця, реалізована в нашому алгоритмі, $S = \left\| s_{ijk} \right\|$, де $i = 1, ..., n_1$, $j = 1, ..., n_2$, $k = 1, ..., n_3$ (рис. 3).

$$\begin{pmatrix} s_{111} & s_{211} & \cdots & s_{n_1 11} \\ s_{121} & s_{221} & \cdots & s_{n_1 21} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ s_{1n_2 1} & s_{2n_2 1} & \cdots & s_{n_1 n_2 1} \end{pmatrix} \left| \begin{pmatrix} s_{112} & s_{212} & \cdots & s_{n_1 12} \\ s_{122} & s_{222} & \cdots & s_{n_1 22} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ s_{1n_2 2} & s_{2n_2 2} & \cdots & s_{n_1 n_2 2} \end{pmatrix} \right| \cdots \left| \begin{pmatrix} s_{11n_3} & s_{21n_3} & \cdots & s_{n_1 1n_3} \\ s_{12n_3} & s_{22n_3} & \cdots & s_{n_1 2n_3} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ s_{1n_2 n_3} & s_{2n_2 n_3} & \cdots & s_{n_1 n_2 n_3} \end{pmatrix} \right.$$

Рис. 3. Матриця $S = \left\| s_{ijk} \right\|$

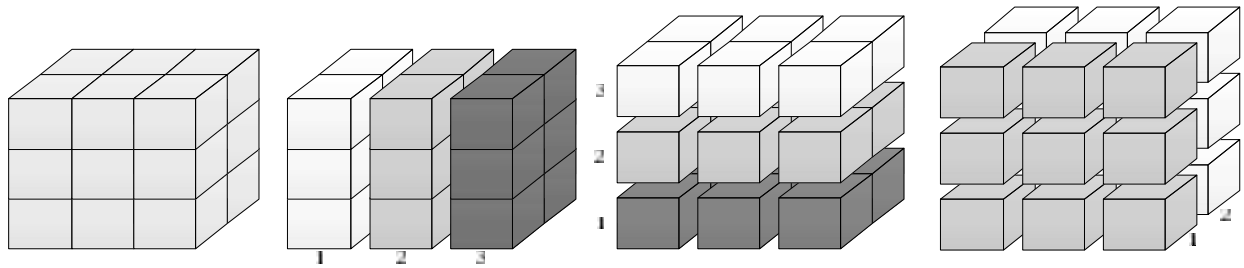

Рис. 4 Розбиття просторової моделі $S = \left\| s_{332} \right\|$

Розглянувши матрицю, реалізовану в алгоритмі, $S = \left\| s_{332} \right\|$ і розбивши цю матрицю на перерізи поетапно по кількості елементів в кожному її індексі, отримано вигляд розбиття просторової моделі цієї матриці представлений на рис. 4. Це перший крок отримання двовимірної матриці з просторової.

На основі вищевикладеного, отримання з сформованої просторової матриці в алгоритмі, переставленому на рис. 2, кінцевої двовимірної матриці параметра S відбувається відповідно до можливостей програмного середовища Mathcad та необхідністю представлення числового вигляду показника характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС та його складових.

Просторова матриця для моделі даних, що адаптується, зберігає зв'язки реляційної моделі предметної області. Тому для отримання результату запиту доцільно розділити операції на два типи:

1. Операції над елементами осей просторової матриці (операції з координатами точок). Ці операції виконуються над координатами точок просторової матриці, не аналізуючи значення цих точок. Це операції по виділенню різних підпросторів, що відповідають певним умовам по осях (операції по отриманню зрізів);

2. Операції реляційної алгебри. Етап отримання двовимірної матриці з просторової призначений для отримання з набору атрибутів Id(S), Num(S) та Variable(S) елементів критерію інформаційно-енергетичної ефективності (1).

Отримані дані аналізуються оператором на можливість реалізації в ТКС з конкретною апаратною реалізацією на цифрових сигнальних процесорах. Як можна бачити, ми отримуємо не найбільший за значенням показник інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС, а його оптимальне значення для прийнятих умов дослідження та можливостей реалізації.

Висновки

У статті розроблено метод визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових телекомунікаційних систем. Для оцінки ефективності ТКС, характеристики якої знаходяться

у взаємній залежності ряду параметрів, доцільно використовувати ІКІЕЕ. При цьому під ефективністю телекомунікаційної системи слід розуміти сукупні властивості системи, які забезпечують її найкращі характеристики при компромісних значеннях основних параметрів, що впливають на характеристики системи [6, 13].

Таким чином, кращою із сукупності систем, що розглядаються, є така система, яка буде мати максимальне значення коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності.

Даний алгоритм призначений для автоматизації визначення максимального значення коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності. Саме використання та інтеграція ряду систем комп'ютерної математики дозволяє ефективно визначати необхідні параметри системи та передавати їх для подальших імітаційних досліджень з використанням цифрових сигнальних процесорів.

Список літератури

1. *Столлинг, Вильмс. Беспроводные линии связи и сети / Вильямс Столлингс. – М. – СПб – К. : Вильямс, 2003. – 639 с.*
2. *Витерби, А.Д. Принципы цифровой связи и кодирования / А. Д. Витерби, Д. К. Омура. – М. : Радио и связь, 1982. – 536 с.*
3. *Волков, Л. Н. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики : учеб. пособие . / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. – М. : Эко-Трендз, 2005. – 392 с.*
4. *Зюко, А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А. Г. Зюко, А. И. Фалько., И. П. Панфилов. ; под ред. А. Г. Зюко. – М. : Радио и связь, 1985. – 272 с. : ил.*
5. *Пелішок, В.О. Методи та засоби підвищення ефективності безпровідних систем та мереж з нестаціонарним каналом зв'язку : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : спец. 05.12.02 / Пелішок Володимир Олексійович ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л., 2010. - 40 с. : рис.*
6. *Гринкевич, Г.О. Оцінка інформаційно-енергетичної ефективності телекомунікаційних радіосистем / Г. О. Гринкевич // Наукові записки УНДІЗ. – 2011. – №4(20). – С. 98-102.*
7. *Розробник програмного забезпечення VisSim [Електронний ресурс] // - Режим доступу: http://www.vissim.com/ (05.03.13).*
8. *Вальпа О. Д. Разработка устройств на основе цифровых сигнальных процессоров фирмы Analog Devices с использованием Visual DSP++ / О. Д. Вальпа. - М.: Горячая линия-Телеком, 2007. - 270 с.*
9. *Розробник програмного забезпечення Связь Телеком Софт [Електронний ресурс] // - Режим доступу: http://www.rps2.ru/ (05.03.13).*
10. *Дьяконов, В. П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.*
11. *Балдин А. В. Адаптируемая модель данных на основе многомерного пространства [Электронный ресурс] / Балдин А. В., Елисеев Д. В. – Электрон. журн. – М. : Наука и образование : электронное научно-техническое издание». – 2010. – Режим доступу : http://technomag.edu.ru/doc/161410.html. – (05.05.2013).*
12. *Елисеев, Д.В. Алгебра многомерных матриц для обработки адаптируемой модели данных [Електронний ресурс] / Д. В. Елисеев, А. В. Балдин // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». - 2011 - № 7. – Режим доступу : http://technomag.edu.ru/doc/199561.html. – На (05.05.2013).*
13. *Гринкевич, Г. О. Алгоритм визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових ТКС / Г. О. Гринкевич // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції студентства і молоді "Світ інформації та телекомунікацій – 2012". – Київ. – 17 – 18 травня. – 2012. – С. 47 - 48.*

Надійшла до редколегії 07.10.2013

Рецензент: д.т.н., проф. Толюпа С.В., Державний Університет Телекомунікацій, Київ.

УДК 621.396.2

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ БЕСПРОВОДНЫХ ТКС

Гринкевич А.А.

В статье разработан метод определения характеристик современных беспроводных ТКС с использованием интегрального критерия информационно-энергетической эффективности S (ИКИЭЭ S). Предложено использование созданной пространственной матрицы для алгоритма определения характеристик ТКС

Ключевые слова: *критерий ИКИЭЭ S, алгоритм, пространственная матрица, телекомуникационная система.*

THE METHOD OF DETERMINING THE CHARACTERISTICS OF INFORMATION AND ENERGY EFFICIENCY OF TODAY'S WIRELESS COMMUNICATIONS SYSTEMS

G.A. Grynkevych

In this article a method for determining the characteristics of modern wireless telecommunication systems with integral test information and energy efficiency S. The use of the created spatial matrix algorithm for the characterization of telecommunication systems

Keywords: *test information and energy efficiency, the algorithm, the spatial matrix telecommunication system.*