

УДК 681.3.06:378.147

Бурбурский Б.А., Карпенюк Д.А., Мушта Б.О., Яскевич Ю.В.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ**Burbursky B.A., Karpenyuk D.A., Mushta B.O., Yaskevych Yu.V. Use of mathematical modeling programs for the efficiency of telecommunication system work.**

The analysis of process of mathematical design of the telecommunication systems is conducted in the article. In recent years sharply increased interest in small volume (but quite powerful if possible) universal system block of visual simulation VisSim mathematical modeling. However, the system itself VisSim packages released a number of extensions that significantly increase the already great features of the system. These include VisSimCom package for modeling processes taking place in telecommunication systems and networks. Methods and approaches to mathematical modeling of telecommunication systems highlights such as. The purpose of this article is clearly displayed relevance tasks create visual models of telecommunication systems in the learning process. Shown necessity of the use of the programs of mathematical design during an educational process. A simulation model is presented VisSim built in a software environment.

Keywords: educational process, programs of computer mathematics, optimization, telecommunication systems.

Бурбурский Б.А., Карпенюк Д.А., Мушта Б.О., Кацалап В.О., Яскевич Ю.В. Використання програм математичного моделювання для ефективності роботи телекомунікаційних систем.

В статті проведено аналіз процесу математичного моделювання телекомунікаційних систем. Показана необхідність використання програм математичного моделювання в ході навчального процесу. Представлено імітаційна модель побудована в програмному середовищі VisSim.

Ключові слова: навчальний процес, програми комп'ютерної математики, оптимізація, телекомунікаційні системи.

Бурбурский Б.А., Карпенюк Д.А., Мушта Б.О., Яскевич Ю.В. Использование программ математического моделирования для эффективности работы телекоммуникационных систем.

В статье проведен анализ процесса математического моделирования телекоммуникационных систем. Показанная необходимость использования программ математического моделирования в ходе учебного процесса. Представлена имитационная модель построенные в программной среде VisSim.

Ключевые слова: учебный процесс, программы компьютерной математики, оптимизация, телекоммуникационные системы.

Вступ

Постановка проблеми. При розробці та вивченні в ході навчального процесу безпроводових систем зв'язку актуальну задачу складає створення візуальних моделей даних систем. Що в першу чергу дозволяє, на першому етапі конструювання пристрою, розробнику зробити попередню оцінку функціонування та внести корективи в алгоритм роботи системи без тривалого по часу безпосереднього фізичного виготовлення. Для студента створення візуального (програмного) аналога дозволяє продемонструвати роботу телекомунікаційної систем в загалом та якісно запам'ятати функціонування та характеристики окремих блоків.

Доросла людина засвоює лише 10 відсотків прочитаної інформації, 20 - на слух, 30 - візуально, 40 - на слух з візуальним підкріпленням, 60 - при усному обговоренні, 80 - при самостійному пошуку і формулюванні проблеми і 90 відсотків - при самостійному формулюванні і вирішенні проблеми [1]. Тому, використання програм комп'ютерної математики при дослідженні та вивченні телекомунікаційних систем дозволяє значно підвищити рівень знань та володіння сучасними засобами телекомунікацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Математичне моделювання знаходить найширше застосування в науці, техніці, економіці і освіті [2]. Поява на початку 80-х рр. ПК створила реальні умови для реалізації на них вже досить серйозних спеціалізованих систем математичного моделювання, в яких була повністю автоматизована підготовка моделей.

Паралельно з розробкою таких програм великі темпи розвитку набрав новий перспективний науковий напрям - комп'ютерна математика [3]. На ринок були випущені цілий ряд програм комп'ютерної математики - Mathcad, Maple, Mathematica, Matlab та ін.

Серед таких програм моделювання видне місце зайняла система блокового імітаційного моделювання Simulink, яка інтегрована з потужною матричною системою комп'ютерної математики Matlab. Розширення Simulink дозволяє на основі візуально-орієнтованого програмування створювати великі моделі різних систем з окремих блоків, автоматично складати рівняння стану моделей, вирішувати їх і наочно представляти результати моделювання.

Останнім часом різко зріс інтерес до невеликої за об'ємом (але досить потужною по можливостях) універсальної системи блокового імітаційного візуального математичного моделювання VisSim [4]. Разом з самою системою VisSim випущений ряд пакетів її розширення, що істотно підвищують і без того великі можливості системи. До них відноситься пакет VisSimCom для моделювання процесів, що проходять у телекомунікаційних системах та мережах.

Методи та підходи до математичного моделювання телекомунікаційних систем висвітлено наприклад в [2, 5, 6].

Мета даної статті полягає в наглядному відображенні актуальності задач створення візуальних моделей телекомунікаційних систем в ході навчального процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження

На даний момент системний підхід (рис. 1) набув найбільшого розповсюдження при проектуванні телекомунікаційного обладнання у зв'язку з необхідністю дослідження великих реальних систем, коли позначилася недостатність, а іноді помилковість прийняття будь-яких часткових рішень. Системний підхід дає змогу вирішити проблему побудови складної системи з урахуванням всіх факторів і можливостей, пропорційних їх значимості, на всіх етапах дослідження системи і побудови моделі [2, 5, 6]. Моделювання систем зв'язку за допомогою системного підходу полягає в виборі складових системи, для чого використовують спеціальні критерії (рис. 1) [6].

Узагальнений алгоритм імітаційних досліджень представлено на рис. 2 [6, 7].

Блоки 1, 2, 3 зображають операції з дослідження одного варіанта моделі. Ці операції

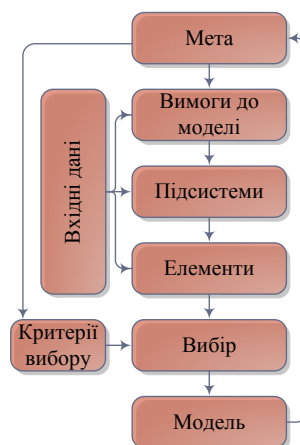


Рис. 1. Створення моделі на основі системного підходу

повторюються за різних реалізацій випадкових процесів, утворюючи внутрішній цикл моделювання I. Процедура вибору оптимального варіанта модельованої системи (блок 4) управляє експериментом відповідною зміною варіантів моделі. Блоки 1, 2, 3 (внутрішній цикл) охоплюються колами зворотного зв'язку II. Зв'язок 3-4-2 відображає адаптацію модельованої системи. Зв'язок 3-4-1 може виникнути, якщо під час оптимізації змінюється не тільки модель системи, але і модель випадкових подій, що розглядаються.

Оцінювання результатів дослідження варіантів моделі виявляється типовою операцією I, що багато разів виконується як у динамічному циклі коригування моделі III, так і в циклі оптимізації II: будь-який метод пошуку екстремуму заснований на порівнянні значень оптимізувального показника.

Отже, домінуючим у схемі рис. 2 є статистичний експеримент 1 [7].

Статистичне моделювання базується на методі статистичних випробувань (методі Монте-Карло), що широко застосовується для моделювання випадкових величин з метою обчислення їхніх характеристик і розподілів, а також для чисельного розв'язування детермінованих математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин і відшукування статистичної оцінки їхніх характеристик [2, 5].

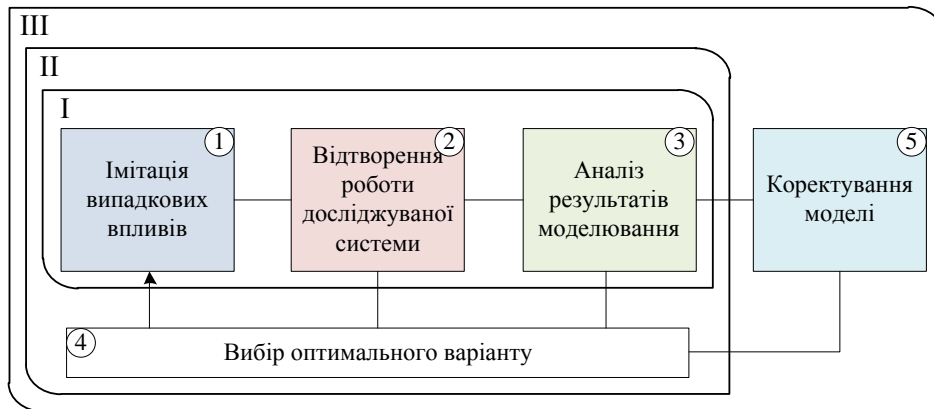


Рис. 2. Внесення змін в систему на основі отриманих досліджень

На сьогодні бурхливо розвиваються широкосмугові безпроводові системи зв'язку побудовані за технологіями LTE, WiMax та система цифрового мовлення DVB. Ці технології об'єднує метод ортогонального частотного мультиплексування (OFDM).

Тому, в якості варіанту нижче представлена імітаційна модель безпроводової системи передачі з використанням OFDM-модуляції (рис. 3) побудована з використанням VisSim.

Зробимо деякі пояснення необхідні для розуміння роботи імітаційної моделі. На вхід кодера 1 надходить інформаційний сигнал зі швидкістю 12 Мбіт/с. В кодері виконуються наступна послідовність операцій: шифрування; згорткове кодування; проріджуюче (пунктирне) кодування; перемежування та перетворення коду з послідовного в паралельний.

Підготовлений таким чином інформаційний сигнал надходить на вхід OFDM-модулятора 2. В модуляторі виконуються наступна послідовність операцій: QPSK-модуляція; накопичення в буфері 48 QPSK-складових для їх одночасної передачі на OFDM-модулятор. На даному етапі також додається контрольний сигнал (пілот-сигнал) з 6 складових. Місця розміщення пілот-сигналу заздалегідь розподілені в карті OFDM-сигналу. Така карта визначає місце кожного як інформаційного так і службового сигналу та призначена, як для зменшення обчислювальних операцій так і для визначення місця кожного вхідного сигналу для подальшої обробки за допомогою ЗШПФ. На виході ЗШПФ присутній OFDM-кадр з смугою частот рівною 20 МГц. За допомогою фільтра припіднятий косинус спектр вихідного сигналу обмежується частотою 20 МГц. Застосування фільтра даного типу дозволяє мінімізувати міжсимвольні спотворення, що особливо актуально при використанні OFDM-модуляції.

Сформований OFDM-кадр надходить в канал зв'язку 3.

У системах безпроводового зв'язку можуть проявлятися особливі (додаткові) умови поширення сигналу в каналі зв'язку, які обумовлені рухливістю мобільних станцій, радіопокриттям усередині приміщень і поза ними, а також ієрархічною структурою стільникової мережі, що в цілому ускладнює електромагнітну обстановку. Для розрахунку втрат при поширенні сигналу в цих умовах використовується, як правило, статистичний підхід, в основі якого лежить статистика, отримана в ході експериментальних досліджень. На

основі цієї статистики будуються моделі поширення радіохвиль для різних типів середовищ. Такі моделі апробовані, загально визнані і можуть бути використані для оцінки електромагнітної сумісності мереж сухопутного рухливого радіозв'язку, про що свідчать звіти і рекомендації ITU - R і CEPT, специфікації 3GPP [12].

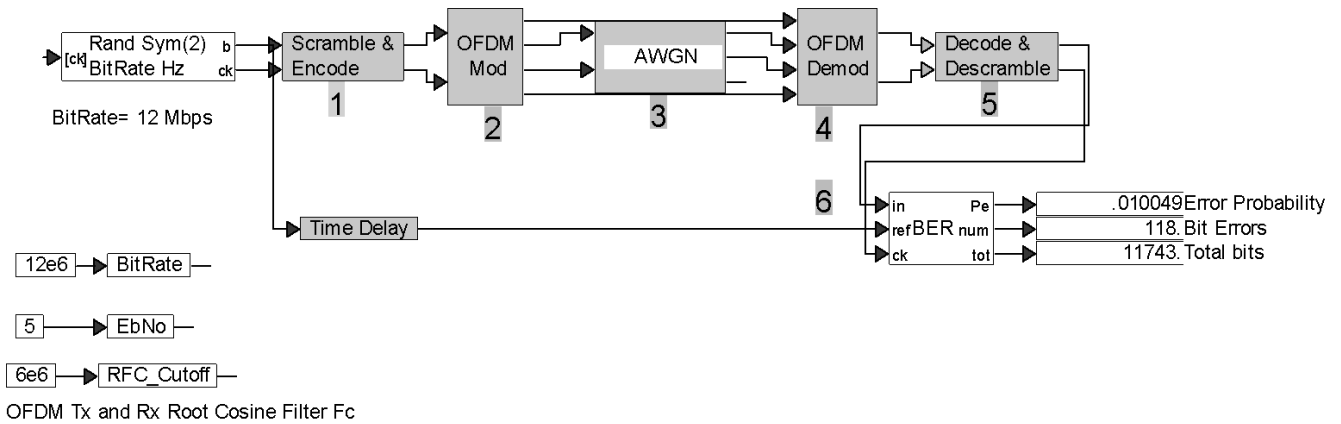


Рис. 3. Імітаційна модель безпроводової системи передачі

В блоці демодулятора 4 та декодера 5 виконуються зворотні операції вищеописаним. Отриманий таким чином інформаційний сигнал надходить блок визначення коефіцієнта помилок 6. За допомогою цього блоку є можливість визначити кількість прийнятих символів, кількість втрачених символів та вірогідність появи помилок при зміні відношення сигнал/завада.

Використання QPSK-модуляції (квадратурна фазова модуляція) дозволяє досягнути оптимального співвідношення результату по завадостійкості прийому і апаратним та обчислювальним витратам.

При дослідженні імітаційної моделі рис. 7 в середовищі VisSim є можливість як і в Matlab Simulink представляти графічні результати досліджень.

На рис. 4 представлено вхідний та вихідний спектр OFDM-сигналу для імітаційної моделі рис. 7 при відношенні сигнал/завада 5 дБ.

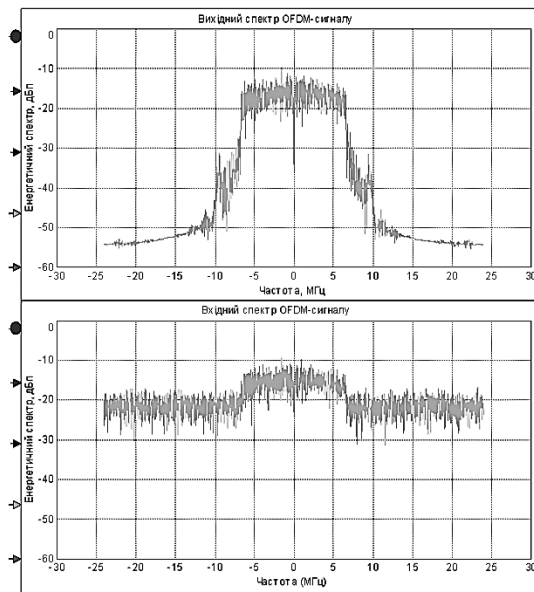


Рис. 4. Спектрограми OFDM-сигналу

Висновки

- Для студента створення візуального (програмного) аналога дозволяє продемонструвати роботу безпроводової систем зв'язку в загалом та якісно запам'ятати функціонування та характеристики окремих блоків;
- Математичне моделювання знаходить найширше застосування в науці, техніці, економіці і освіті;
- Серед програмного забезпечення математичного моделювання найбільш відповідними при загальному дослідженні є Matlab Simulink та VisSim.

Список використаної літератури

1. Моисеева С., Денисенко В.И. Проблемы документального обеспечения проекта. // Экономика и менеджмент инновационных технологий. - 2012. [Электронный ресурс ресурс] // – Режим доступа: <http://ekonomika.snauka.ru/2012/01/347>.
- 2., Барковский В. В., Беркман Л. Н. Математичне моделювання телекомунікаційних систем: Навч. посібник. - К.: Зв'язок, 2007. - 270 с.
3. Дьяконов В. П. Компьютерная математика. Теория и практика. М.: Нолидж, 2001. - 1296 с.
4. В. П. Дьяконов VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. - М.: СОЛОН-Пресс, 2004. - 384 с.
5. Стеклов В. К., Беркман Л. Н., Кільчицький Є. В. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку. - К.: Техніка, 2004. - 576 с.
6. Чернихівський Є.М. Математичне моделювання телекомунікаційних систем та мереж: навчальний посібник / Є.М. Чернихівський. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. - 272 с.
7. О.И. Кутузов, Т.М. Татарникова Моделирование телекоммуникационных сетей [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://dvo.sut.ru/libr/ius/w101kutu/index.htm>.
8. Скрынников В.Г. Радиоподсистемы UMTS/LTE. Теория и практика - М.: Издательство «Спорт и Культура - 2000». 2012. - 864 с.

Автори статті

Бурбурский Богдан Анатолійович - студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.
Карпенюк Дмитрий Андреевич - студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.
Мушта Богдан Олександрович - студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.
Яскевич Юрій Владиславович - студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Authors of the article

Burbursky Bohdan Anatoliyovych - student, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.
Karpenyuk Dmytryu Andreevych - student, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.
Mushta Bohdan Oleksandrovych - student, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.
Yaskevych Yuriy Vladyslavovych - student, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 11.08.2018 р.

Рецензент: д.т.н., проф. О.В. Лемешко