

УДК 621.391:621.372.632

Михайло Климаш, Олексій Синюгін
 Національний університет “Львівська політехніка”
 кафедра телекомунікацій

МОДЕЛЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІОТРАФІКА В СИСТЕМАХ З КОДОВИМ РОЗДІЛЕННЯМ КАНАЛІВ

© Климаш Михайло, Синюгін Олексій, 2003

Запропоновано метод моделювання радіоканалу CDMA – систем. Досліджено залежність вихідного відношення сигнал/шум від вхідного в кореляційному приймачі.

Is offered method of modelling radiochannel in CDMA – systems. Investigated output signal/noise relation from input signal/noise relation in correlative receiver.

1. Постановка задачі

При проектуванні систем мобільного зв'язку найменш завадостійкою складовою системи є радіоканал. Основними задачами, які ставляться перед розробниками при виборі методу передачі і модуляції несучої (розділення каналів на одній несучій), є отримання максимальної сумарної пропускної здатності в заданій смузі частот при максимальній завадозахищеності і мінімальній потужності для зменшення шкідливого впливу на людину і для зменшення завад іншим мобільним і базовим станціям. При передачі дискретних сигналів проблема вибору виду модуляції для отримання мінімальної ширини смуги при заданому потоці вже неактуальна, оскільки вже для систем з TDMA (наприклад, GSM) розроблено і випробувано достатньо багато видів модуляції, і тому основна задача проектування полягає у виборі носія інформації каналу у груповому сигналі саме до модулятора у передавачі і після демодулятора у приймачі.

На даний час розроблена теорія передачі сигналів з кодовим розділенням каналів (CDMA), яка раніше не мала широкого вжитку в побутовій техніці і використовувалась переважно у військовій апаратурі. Із збільшенням рівня завад в радіоканалі і з зростанням вимог щодо зменшення потужності мобільних станцій почались активні розробки CDMA – систем, які при тій же ширині смуги дозволяють легко організувати таку ж кількість каналів, як і TDMA – системи, але при тому ж радіусі дії, тому ж діапазоні і рівні завад дозволяють працювати зі значно нижчими рівнями потужності, тобто на вході приймача системи CDMA значно меншого співвідношення сигнал/шум для нормальної роботи.

При розробці виникає потреба у експериментальному дослідженні взірців для оптимізації вузлів як мобільної, так і базової станції при вибраних сигналах для розділення каналів і одночасно оцінити оптимальність вибору ансамблю кодових послідовностей відносно наявності взаємних завад від сусідніх станцій.

Але, як відомо, експериментальні дослідження достатньо дорогі і в випадку невдалого експерименту не виправдані. При сучасному розвитку обчислювальної техніки можна значно зменшити витрати на випробування принципово нових систем шляхом моделювання роботи системи. Оскільки розробити адекватну модель для роботи системи загалом достатньо складно, це потребує великої кількості ресурсів і в результаті непотрібно, тому що окремі елементи системи розробляються різними групами, тоді як доцільно і

дешево розробляти моделі окремо для малодосліджених частин системи, що і пропонується в даній роботі.

У даній роботі як предмет дослідження розглядався метод моделювання сигналу на виході оптимального (кореляційного) приймача для отримання рекомендацій щодо вибору вирішуючого пристрою, корелятора, ансамблю ортогональних сигналів.

2. Характеристика об'єкта моделювання

При моделюванні було взято за основу принцип передачі по каналу “вниз” в стандарті IS-95. При цьому в смузі 1.25 МГц організуються 64 канали за принципом кодового розділення, причому за систему ортогональних функцій взято систему функцій Адамара-Уолша, модульованих за модулем 2 псевдовипадковою послідовністю з періодом 2^{15} . Така модуляція не порушує ортогональності базових функцій, а перетворює спектр кожної з функцій Уолша на більш рівномірний в заданій смузі. Одночасно та ж послідовність з іншим зсувом використовується іншою BTS, але через наявність зсуву MS сприймає сигнали інших BTS як некорельований шум, а оскільки CDMA – система стійка до впливу некорельованого шуму, то сусідні BTS можуть працювати в тих же частотних діапазонах.

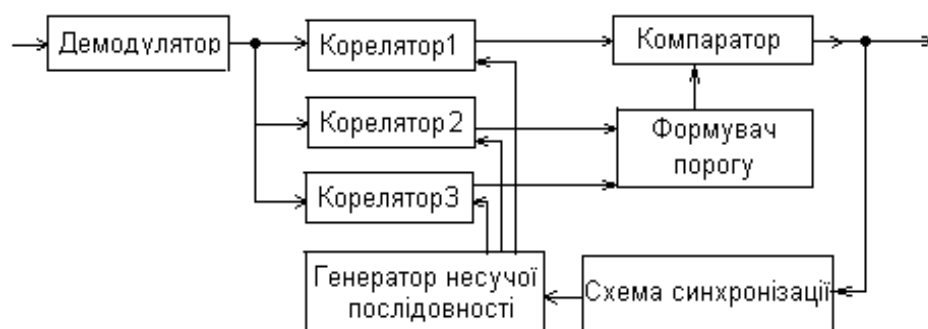


Рис. 1. Структурна схема виділення каналного сигналу в приймачі CDMA – системи

На демодулятор подається сигнал проміжної частоти, демодулюється і подається на корелятори; на корелятор1 подається несуча послідовність заданого каналу, і він виділяє корисний сигнал; на корелятори 2 і 3 подаються послідовності будь-якого випадкового каналу, і вони служать для формування порогу спрацювання компаратора залежно від рівня завад і сигналу. Схема синхронізації служить для синхронізації генератора несучої послідовності, оскільки система синхронна. На виході компаратора одержують цифрову послідовність заданого каналу.

3. Результати моделювання

З описаних міркувань немає необхідності моделювати роботу модулятора/демодулятора псевдовипадковою послідовністю, а доцільно провести моделювання передачі заданої функції Уолша по широкосмуговому каналу з нормальним шумом. У моделі використано модель шуму як суму певної кількості дискретних випадкових сигналів :

$$\left(\sum_{k=0}^{63} \text{floor}(\text{rnd}(2) - 0.5) \right) \quad (1)$$

Моделювання здійснювалось з допомогою прикладної програми “Mathcad”.

Для генерації функцій Уолша використана рекурентна формула:

$$\mathbb{W}_2^i := \begin{bmatrix} \mathbb{W}_2^{i-1} & \mathbb{W}_2^{i-1} \\ \mathbb{W}_2^{i-1} & (-\mathbb{W}_2^{i-1}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

а при $i = 1$: $\mathbb{W}_2 := |1|$

Для оцінки придатності як піднесучу будь-якого псевдошумового сигналу слід розглянути АКФ псевдовипадкової послідовності. В ідеалі АКФ такої послідовності мала б мати один гострий максимум і поза максимумом мала б прямувати до нуля. Ця умова наближено реалізується, коли довжина послідовності прямує до нескінченності. Реально ж в системі CDMA для передачі 1-го знаку (біта) використовується скінченна послідовність (в IS-95 послідовність 64 біта на один інформаційний біт), тому слід розглядати послідовність з 64 бітів.

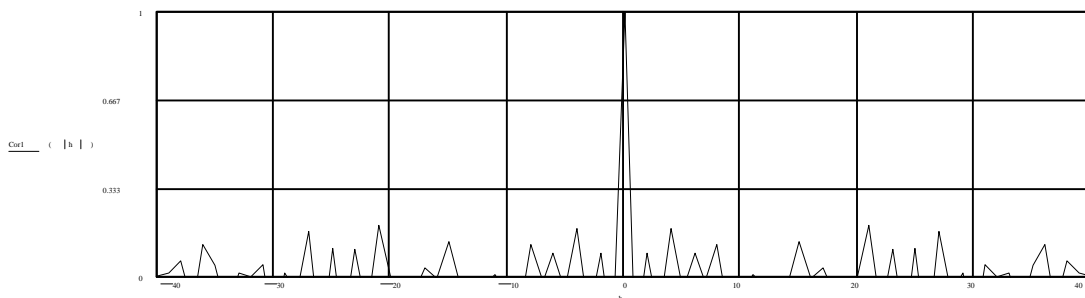
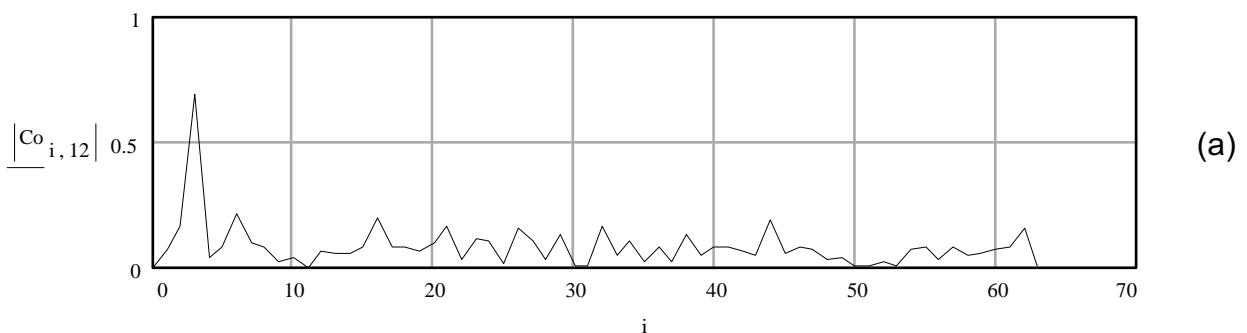


Рис. 2. Графік автокореляційної функції псевдовипадкового сигналу

Для моделювання роботи системи береться довільна функція з ансамблю ортогональних функцій, нехай це буде 3-я з 64-х функцій Уолша. Як шум використано суму 64-х випадкових послідовностей, що за теорією імовірності відповідає випадковому сигналу з нормальним розподілом і потужністю, що дорівнює сумі потужностей випадкових послідовностей. Радіоканал моделюється на вході приймача як сума 3-ї функції Уолша (корисний сигнал) і випадкового сигналу (нормального шуму). Приймач вважається оптимальним, тобто який має 64 корелятори, синхронізований генератор 64-ох функцій Уолша і вирішуючий пристрій. Відношення сигнал/шум на виході приймача – це відношення сигналу на виході 3-го корелятора (бо передається 3-я функція Уолша) до середнього значення сигналів на виході всіх інших кореляторів. Але в даній моделі береться максимальне значення з сигналів кореляторів, оскільки саме воно визначає помилково прийняті символи (згідно з теорією імовірності пікове значення нормального шуму в 3 рази більше за середньоквадратичне значення шуму).

При моделюванні як додатковий результат отримано розподіли сигналів на виходах кореляторів при різних значеннях (сигнал)/(шум) на вході:



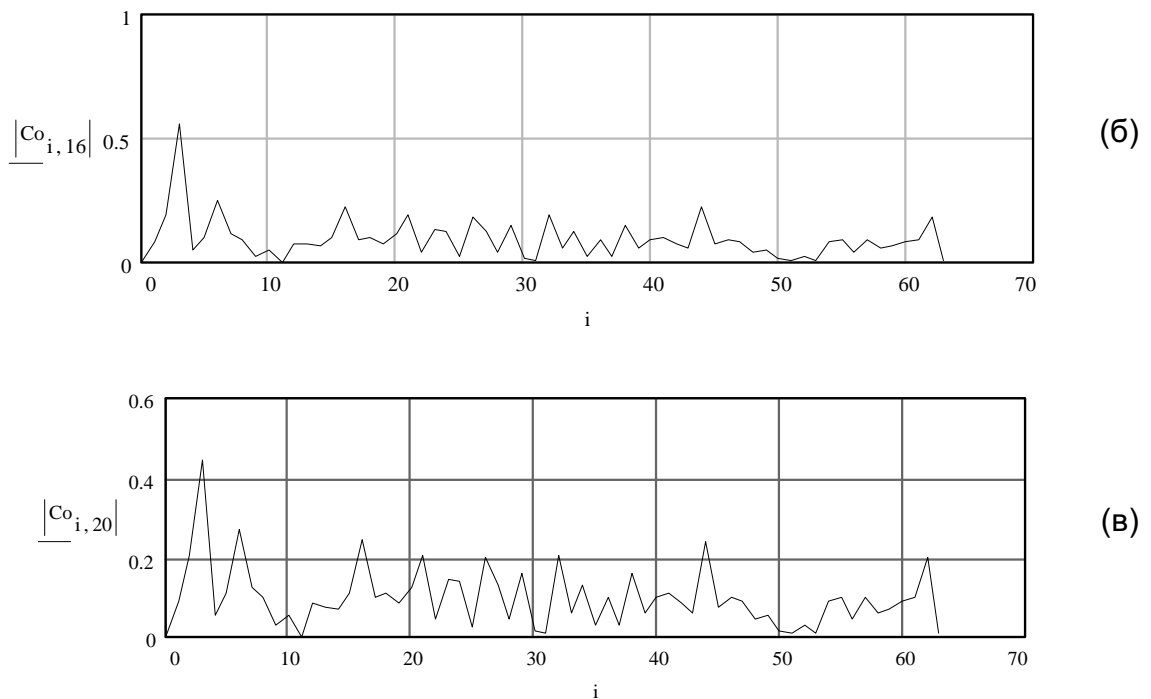


Рис. 3. Розподіл напруг сигналу на виходах кореляторів при співвідношенні:
а) $c/w = 0,078$; б) $c/w = 0,0976$; в) $c/w = 0,13$

Кінцевим результатом даного моделювання є графік залежності співвідношення (сигнал)/(піковий шум) на виході приймача від співвідношення (сигнал)/(шум) на його вході:

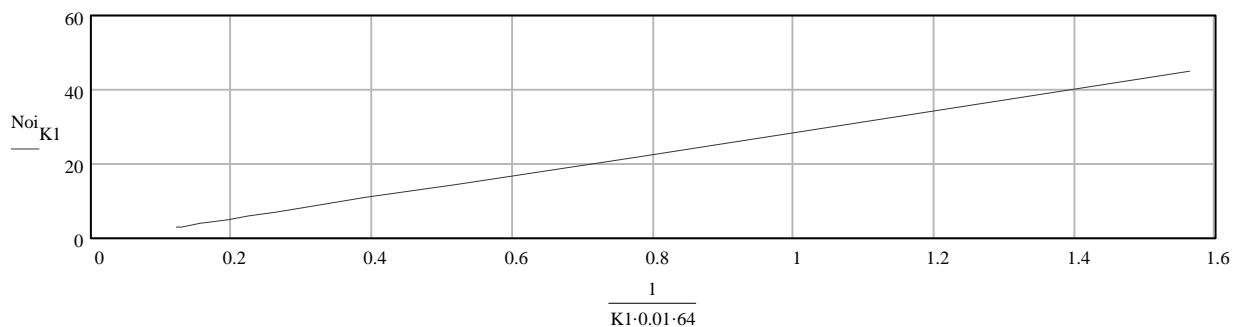


Рис. 4. Графік залежності співвідношення (сигнал)/(піковий шум) на виході приймача від співвідношення (сигнал)/(шум) на його вході

Даний графік підтверджує теоретичні розрахунки $\rho_{\text{вих}} = B^* \rho_{\text{вх}}$, де $\rho_{\text{вих}}$ – (сигнал)/(шум) на виході приймача; $\rho_{\text{вх}}$ – (сигнал)/(шум) на вході приймача; B – коефіцієнт розширення спектра.

Висновки

У результаті моделювання отримано початкові дані для проектування радіоканалу CDMA – систем. Даний метод моделювання можна застосовувати і для інших CDMA – систем.

Отже, при однаковій пропускній здатності (чи кількості каналів) на задану смугу частот радіоканалу, системи з кодовим розділенням каналів(CDMA) мають в кілька разів

вищу завадозахищеність порівняно з TDMA, що дозволяє в стільки ж разів зменшити потужність передавача, що позитивно відображається на здоров'ї користувача мобільної станції.

1. Варакин Л.Е., Анфилофьев С.А. *Технология CDMA в современных системах радиосвязи // Труды конференции "CDMA-800 в России"*. – Кипр, ноябрь 1998. 2. Громаков Ю.А. *Стандарты и системы подвижной радиосвязи. Мобильные телесистемы* – М.: Экотрендз, 1997. 3. Горностаев Ю.М., Невдяев Л. М. *Новые стандарты широкополосной радиосвязи на базе технологий WCDMA*. – М.: МЦНТИ, 1999. 4. *Материалы ITU* – <http://www.itu.ch>. 5. *Материалы Комитета по разработке стандартов T1P1 (США)* – <http://www.t1.org/t1p1>.

УДК 621.382.33:681

Орест Костів, Маркіян Павликевич, Ольга Шаталова
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра телекомунікації

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАФІКА ІНТЕРНЕТ-ВУЗЛІВ

© Костів Орест, Павликевич Маркіян, Шаталова Ольга, 2003

Проведено огляд популярних методів прогнозування трафіка телекомунікаційних мереж, показано їх позитивні якості та недоліки. Запропоновано методику прогнозування трафіка Web-вузлів за допомогою нейромережевих технологій.

Popular approaches of telecommunications nets traffic prediction had been described in this work with discussing their advantages and disadvantages. New approaches for WEB-sites traffic prediction based on using neural networks had been proposed.

В умовах стрімкого росту інтенсивності інформаційного обміну у сучасних мережах часто виникає потреба у застосуванні науково обґрунтованих методів передбачення наслідків змін у мережі в результаті змін топології мережі, інтенсивності трафіка, додавання нових користувачів тощо. Наслідки можуть оцінюватись з точки зору впливу на продуктивність, час відповіді мережі, доступність тих чи інших сервісів та інше.

Існують й інші випадки, в яких достатньо складно швидко отримати відповідь на питання про те, наскільки зросте навантаження на мережу при тих чи інших змінах та чи витримає це мережа. З точки зору проектування мережі це означає, що не існує чіткого однозначного методу, який дозволяє на основі існуючих вимог до мережі визначити параметри та конфігурацію майбутньої системи. Отже, питання дослідження трафіка мереж та його залежності від кількості звернень, об'ємів файлів, що передаються, та протоколів, за якими здійснюється обмін інформацією в мережах, є *об'єктом наукових досліджень* на сучасному етапі.

Доволі часто виникає необхідність у проведенні оцінки продуктивності на основі наявних даних про завантаження діючої мережі або прогнозування навантаження мережі, що проектується. Для проведення таких оцінок існують різні підходи:

1. Проведення аналізу продуктивності мережі після її впровадження, базуючись на значеннях показників, які актуальні у даному конкретному випадку;