

УДК 621.395.44 ; 621.391:006

Колченко В. О.

СПОСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ OFDM ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В НОВІТНІХ СТАНДАРТАХ

Колченко В. О. Способи моделювання технології OFDM для використання в новітніх стандартах. В статті розглянуті питання використання сигналів з багатьма несучими, можливість обробки таких сигналів у реальному часі, їх використання в сучасних системах передачі інформації, показана необхідність дослідження властивостей сигналів OFDM.

Ключові слова: СИГНАЛИ OFDM, НЕСУЧА, РЕАЛЬНИЙ ЧАС, СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ, ІНФОРМАЦІЯ, ВЛАСТИВОСТІ

Колченко В. А. Способы моделирования технологии OFDM для использования в новейших стандартах. В статье рассмотрены вопросы использования сигналов со многими несущими, возможность обработки таких сигналов в реальном времени, их использование в современных системах передачи информации, показана необходимость исследования свойств сигналов OFDM.

Ключевые слова: СИГНАЛЫ OFDM, НЕСУЩАЯ, РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ, СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ, ИНФОРМАЦИЯ, СВОЙСТВА

Kolchenko V. O. Methods for modelling of OFDM technology to be used in up-to-date standards. The paper considers an application of multi-carrier signal, the possibility of this signals real time processing, the use of these signals in advanced data transfer systems, necessity to study properties of OFDM signals is shown.

Key words: OFDM SIGNALS, CARRIER, REAL TIME, TRANSMISSION SYSTEM, INFORMATION, PROPERTIES

Застосування технології ортогонального частотного мультиплексування OFDM є досить поширеним. В новітніх телекомунікаційних провідних і беспроводних стандартах WiMax і LTE використовують OFDM-технологію. Саме тому, автори часто розглядають питання вибору багаточастотного сигналу з амплітудно-фазовою модуляцією його складових (такий сигнал називають сигналом з багатьма несучими (СБН), або сигналом OFDM) і рішення проблем, що виникають під час передачі інформації по каналах зв'язку. До таких проблем можна віднести міжсимвольні і міжканальні спотворення. Необхідно провести дослідження і з'ясувати залежність імовірності помилки від відношення сигнал/шум і провести порівняння з відомими залежностями для сигналів, які широко застосовуються в сучасних телекомунікаційних системах. Методами дослідження можуть бути як теоретичний аналіз, так і математичне моделювання. Для синтезу оптимальних методів прийому сигналів OFDM можна побудувати математичну модель багатоканального джерела повідомлень.

Для побудови математичної моделі багатоканального джерела повідомлень скористаємося методом простору станів, відповідно до якого динамічні властивості лінійної системи із зосередженими параметрами можна представити у формі векторного різницевого рівняння або у формі векторного диференціального рівняння [3].

Відповідно до методу простору станів, лінійна дискретна система описується двома способами:

- 1) векторно-матричним рівнянням стану

$$C(i+1) = AC(i) + \Psi g(i), \quad (1)$$

де $C^T(i) = [c_1(i), \dots, c_k(i)]$ – вектор стану системи в i -ий момент часу розміру $k \times I$;

A – дискретна перехідна матриця стану розміру $k \times k$;

Ψ – вектор збурення розміру $k \times I$;

$g(i)$ – вхідний скалярний сигнал системи.

- 2) моделлю спостереження

$$y(i) = F^T C(i) + N(i),$$

де F – вектор параметрів каналу зв'язку;

$N(i)$ – шум вимірювання;

T – знак транспонування.

У разі опису динаміки джерела повідомлень виразом (1) розмірність матриці A визначається каналом зв'язку, вектор збурення враховує послідовне введення інформаційних символів, а модель спостереження – параметри каналу зв'язку [4].

У багатоканальному пристрої передачі повідомлень передача інформації здійснюється одночасно по всіх каналах, тому при опису L -канального джерела повідомлень рівняння $\mathcal{G}(i)$ в ньому замінюється на вектор $V(i)$ розміру $L \times I$, а вектор стану – на матрицю стану розмірності $k \times L$.

Крім того, беремо до уваги, що двовимірні сигнали на основі методу комплексної огинаючої можна представити у вигляді комплексних сигналів. Тоді динаміка L -канального джерела повідомлень описуватиметься таким комплексним векторно-матричним рівнянням стану:

$$\dot{C}(i+1) = A\dot{C}(i) + \Psi V^T(i),$$

де $\dot{C}(i) = \begin{bmatrix} \dot{C}_{11}(i) & \dots & \dot{C}_{1L}(i) \\ \vdots & & \vdots \\ \dot{C}_{k1}(i) & \dots & \dot{C}_{kL}(i) \end{bmatrix}$ – комплексна матриця системи в i -ий момент часу;

$$A = \begin{bmatrix} 00 & \dots & 00 \\ 10 & \dots & 00 \\ 01 & \dots & 00 \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ 00 & \dots & 10 \end{bmatrix}; \quad \Psi^T = [1 \ 0 \ \dots \ 0].$$

На завадостійкість прийому дискретних сигналів істотно впливає тільки попередній імпульс, тому розмірність матриць A , \dot{C} і вектора Ψ можна значно скоротити, записавши:

$$\dot{C}(i) = \begin{bmatrix} \dot{c}_{11}(i) \dot{c}_{12}(i) \dots \dot{c}_{1L}(i) \\ \dot{c}_{21}(i) \dot{c}_{22}(i) \dots \dot{c}_{2L}(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{C}_1^T(i) \\ \dot{C}_2^T(i) \end{bmatrix},$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$\Psi = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Таким чином, на основі методу простору станів можна побудувати модель багатоканального джерела повідомлень, на основі якої показати, що саме впливає на завадостійкість прийому сигналів OFDM.

Відомо, що паралельна передача ортогональними сигналами, що реалізується в OFDM-системах зв'язку, на відміну від послідовної передачі з однією несучою дозволяє боротися з міжсимвольною інтерференцією простими в обчислювальному відношенні методами [1]. Проте OFDM-системи мають підвищену чутливість до частотного і фазового зсуву сигналу [2, 3]. Існують два підходи до усунення спотворень, що виникають під час розповсюдження сигналу. Перший полягає в оцінюванні випадкових параметрів сигналу, що приймається на фоні шуму (квазікогерентний прийом) [4]. Другий припускає використання відносних методів передачі повідомлень та їх некогерентної обробки [3].

Як відомо, потенційну завадостійкість забезпечують когерентні методи прийому сигналу [5], будучи, за суттю, абстракцією, оскільки сигнал на приймальній стороні повинен бути апріорі відомий з точністю до інформаційного параметра. Завадостійкість квазікогерентних методів прийому сигналів з фазовою (ФМ) і фазорізницевою (ФРМ) модуляцією в каналі з параметрами, що повільно змінюються, наближається до потенційної. Разом з тим, оптимальний некогерентний прийом програє когерентному по завадостійкості, причому програш зростає із збільшенням кратності модуляції [5].

Висновки. Останніми роками фахівці в сфері телекомунікацій знов звернули увагу на сигнали з багатьма несучими. Із зменшенням вартості і збільшенням продуктивності сигнальних пристроїв стало можливим вести обробку такого сигналу у реальному часі. СБН використовують в системах передачі інформації по електромережах, радіоканалах і проводових лініях зв'язку [5].

Трохи історії. У 1996 році з'явився стандарт, в якому визначалися правила використання OFDM. У 1999 році інститут IEEE розробив стандарт 802.11a, який передбачає використання OFDM для передачі інформації по радіоканалах в рамках бездротових мереж доступу. Застосовуються такі сигнали в сучасних протоколах модемного зв'язку.

Хоча пристрої, що використовують СБН, з'явилися давно, теоретичних досліджень властивостей цих сигналів до недавнього часу було не багато, потенціал СБН достатньо високий. Отже, дослідження властивостей даного сигналу представляється своєчасним та актуальним.

Література

1. Теория передачи сигналов / Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
2. Окунев Ю. Б. Цифровая передача информации фазомодулированными сигналами / Ю. Б. Окунев. – М.: Радио и связь, 1991. – 295 с.
3. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Рабинер Л., Гоулд Б. – М.: Мир, 1978. – 848с.
4. Финк Л. М. Теория передачи дискретных сообщений / Л. М. Финк. – М: Советское радио, 1970. –728 с.
5. Бочков Г. Н. Способ относительной фазовой модуляции OFDM-сигналов / Г. Н. Бочков, К. В. Горохов, А. В. Колобков // Радиофизика (РФ). – 2009. – №2. – С.62-70.
6. Lawrey E. Peak to average power ratio reduction of OFDM signals using Peak Reduction Carriers [Електронний ресурс] / E. Lawrey, J. Kikkert ; [материали сайта OFDM Wireless Technology] // Режим доступу : <http://eng.icu.edu/au/eric/thesis/Tliesis.litm>