

АДАПТИВНИЙ АЛГОРИТМ ДЕКОДУВАННЯ ФАЗОМАНІПУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ ПРИ ОРТОГОНАЛЬНОМУ ЧАСТОТНОМУ МУЛЬТИПЛЕКСУВАННІ

Белов В. С., аспірант; Белов А. С., здобувач

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

У відкритих каналах широкосмугового цифрового зв'язку компенсування зосереджених по частоті і в часі завад [1] відбувається з використанням методів ортогонального частотного мультиплексування [2] сигналів. Але при проходженні мультиплексованого сигналу з багатьма піднесучими через ефірні канали великої тривалості, зокрема супутникові канали зв'язку [3], ефірні канали декаметрових хвиль, побудовані на основі каналу Райса [4], а також в умовах багатопроменевого розповсюдження в каналі зв'язку виникає фазова нестабільність, що призводить до погіршення якості каналу зв'язку, пов'язану з помилками фазового детектування як окремих піднесучих так груп піднесучих в цілому. Тому, для коректного детектування сигналів на прийомній стороні важливим фактором безпомилкового детектування є відстеження початкової фази під несучих, що входять до комплексного мультиплексованого сигналу.

Виходячи із основних параметрів висунутих для декодера сигналів з ортогональним частотним мультиплексуванням розроблено алгоритм декодування (Рис.1).

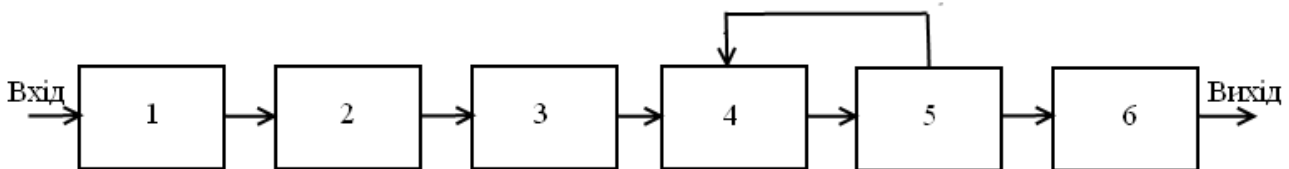


Рисунок 1. Алгоритм декодування OFDM

1 – детектування кадру; 2 – оцінка частотного зсуву; 3 – пряме перетворення Фур'є; 4 – відстеження фази; 5 – оцінка каналу; 6 – декодування

При цьому автокореляційна функція (АКФ) визначається інтегралом:

$$\psi(\tau) = \int f(t)(t - \tau) dt$$

АКФ показує зв'язок функції $f(t)$ з копією самої себе, зміщеної на величину τ . Функція $f(t)$ є сигналом з ортогональним частотним мультиплексуванням.

Виконання дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) для N-точок:

$$X_p(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x_p(n) e^{-j(2\pi/N)kn}$$

Зворотне дискретне перетворення Фур'є в цьому випадку:

$$x_p(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_p(k) e^{-j(2\pi/N)kn}$$

Отже, можна отримати ортогональні несучі з лінійно-незалежними ортогональними складовими.

Для послідовності даних $(d_0, d_1, d_2, \dots, d_{N-1})$, де кожна складова d_n є комплексним числом ($d_n = a_n + jb_n$)

$$D_k = \sum_{n=0}^{N-1} d_n e^{-j(2\pi nk/N)} = \sum_{n=0}^{N-1} d_n e^{-j2f_n t_k}, k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

де $f_n = n/(N\Delta t)$, $t_k = k\Delta t$ і D символ довільної тривалості і послідовності даних d_n . Для QPSK $a_n, b_n = \pm 1$, для QAM $a_n, b_n = \pm 1, \pm 3, \dots$ (16QAM).

Застосувавши дані компоненти для фільтра нижніх частот з часовими інтервалами Δt , отримується сигнал, який точно апроксимує мультиплексований сигнал з частотним розділенням.

$$y(t) = \sum_{n=0}^{N-1} \left[a_n \cos(2\pi f_n t_k) + b_n \sin(2\pi f_n t_k) \right], 0 \leq t \leq N\Delta t$$

Для BPSK в якості сигналу модуляції використовується цифрова послідовність біт $b(t) = S_m(t)$. При цьому якщо одним символом кодується один біт інформації завжди швидкість передачі інформації збігається з символічною швидкістю $B_r = S_r$.

Оскільки $b_0(t)$ приймає тільки значення рівні 0 і 1, то синфазна $I(t)$ і квадратурна $Q(t)$ компоненти комплексної обвідної $z(t) = I(t) + jQ(t)$ BPSK сигналу дорівнюють:

$$I(t) = \cos(\pi b(t)) = \pm 1 = b_0(t); \quad Q(t) = \sin(\pi b(t)) = 0$$

Тоді BPSK сигнал можна записати наступним виразом:

$$S_{bpsk}(t) = I(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) - Q(t) \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = b_0(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Використовуючи в якості несучого коливання сигнал з PSK для виділення послідовності інформаційних символів необхідно привести вхідний сигнал до квадратурного виду. Нехай ω_0 несуча частота фазоманіпульованого сигналу, частота гетеродину приймача дорівнює $\omega_g = \omega_0 + \Delta\omega$, початкова фаза — φ_g . Тоді, на виході демодулятора для двійкового PSK компонента $Q(t)$ відсутня, тоді на виході квадратурного демодулятора буде:

$$I_{bpsk}(t) = \frac{1}{2} I(t) \cos(\Delta\omega t + \varphi_g); \quad Q_{bpsk}(t) = -\frac{1}{2} I(t) \sin(\Delta\omega t + \varphi_g)$$

де, $\Delta\omega$ — частота биття, φ_g — різниця початкових фаз несучої частоти сигналу і частоти гетеродина приймача.

Для випадку когерентного прийому несуча частота сигналу, і частота гетеродина приймача когерентні, тобто $\Delta\omega=0$, $\varphi_g = 0$, тоді:

$$I_{bpsk}(t) = \frac{1}{2} I(t); \quad Q_{bpsk}(t) = 0$$

Щоб отримати з такого сигналу послідовність імпульсів, відповідних двійковим кодами, достатньо провести множення сигналу і його затриманої копії на час, відповідне тривалості символу:

$$D(t) = I_{bpsk}(t)I_{bpsk}(t - \tau_0)$$

Знак множення за формулою несе один біт інформації. Для виділення бітової інформації використовується процедура усереднення в межах одного символу.

Таким чином виключається помилкова можливість виділення фазоманіпульованого сигналу в складі групи підносійних внаслідок фазової нестабільності при проходженні через ефірні канали зв'язку.

Перелік посилань

1. Васильев К.К. Теория электрической связи: учебное пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко. – Ульяновск: УЛГТУ, 2008. – 452 с.
2. Kevin Jones & Christos Aslanidis. DCSK Technology vs. OFDM Concepts for PLC Smart Metering. — Renesas, March 2009.
3. Сомов А. М. Спутниковые системы связи : учебное пособие для вузов / А. М. Сомов, С. Ф. Корнев. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2012. — 244 с.: ил
4. Белов В.С. Захисні алгоритми в каналах з різними типами завмирань. ХІІ регіональна науково-технічна конференція проф.сько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ: електронне наукове видання // В.С. Белов / ВНТУ. — 2012. — Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2012/inrtzp/otk.php>

Анотація

Представлено алгоритм адаптивного декодування сигналів з фазовою маніпуляцією та математичну модель виділення елементарних складових мультиплексованих сигналів з ортогональним частотним розділенням несучих.

Ключові слова: фазова маніпуляція, алгоритм декодування, мультиплексування.

Аннотация

Представлен алгоритм адаптивного декодирования сигналов с фазовой манипуляцией и математическая модель выделения элементарных составляющих мультиплексированных сигналов с ортогональным частотным разделением несущих.

Ключевые слова: фазовая манипуляция, алгоритм декодирования, мультиплексирование.

Abstract

Algorithm of the adaptive decoding signals with phase shift keying modulation and the mathematical model of the extraction of elementary components of signals multiplexed with orthogonal frequency division carriers are shown in this thesis.

Keywords: phase shift keying, decoding algorithm, multiplexing.