DOI: 10.17117/na.2016.10.03.409

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.03.409.pdf>

Поступила (Received): 24.10.2016

Пукса А.О., Васильева А.В., Шевченко А.А. OFDM модуляция

Puksa A.O., Vasileva A.V., Shevchenko A.A.
OFDM modulation

В данной статье рассмотрены преимущества и недостатки OFDM модуляции, рассмотрены схемы для создания OFDM сигнала, а также области применения данного типа модуляции в современных стандартах связи

Ключевые слова: OFDM модуляция, схема OFDM, история OFDM

This article discusses the advantages and disadvantages of OFDM modulation, scheme considered OFDM signal to generate, as well as the scope of this type of modulation in modern communication standards

Key words: OFDM modulation, OFDM scheme, OFDM history

Пукса Артём Олегович

Аспирант, инженер-программист 2 категории
Омский научно исследовательский институт приборостроения;
Омский государственный технический университет
г. Омск, ул. Масленникова, 231;
г. Омск, пр. Мира, 11

Puksa Artem Olegovich

Graduate, Software Engineer 2 categories
Omsk communications research institute;
Omsk state technical university
Omsk, Maslenikova st., 231;
Omsk, Mira ave., 11

Васильева Александра Васильевна

Аспирант, инженер-программист 2 категории
Омский научно исследовательский институт приборостроения;
Омский государственный технический университет
г. Омск, ул. Масленникова, 231;
г. Омск, пр. Мира, 11

Vasileva Aleksandra Vasilevna

Graduate, Software Engineer 2 categories
Omsk communications research institute;
Omsk state technical university
Omsk, Maslenikova st., 231;
Omsk, Mira ave., 11

Шевченко Александр Александрович

Аспирант, инженер-программист 3 категории
Омский научно исследовательский институт приборостроения;
Омский государственный технический университет
г. Омск, ул. Масленникова, 231;
г. Омск, пр. Мира, 11

Shevchenko Aleksandr Aleksandrovich

Graduate, Software Engineer 3 categories
Omsk communications research institute;
Omsk state technical university
Omsk, Maslenikova st., 231;
Omsk, Mira ave., 11

OFDM модуляция является одним из популярных способов формирования сигнала, который используется для проектирования систем высокоскоростной передачи данных. Технология была предложена компанией Intersil. Патент был получен Робертом Ченгом в 1970 году. На рис. 1 изображена первая схема OFDM. На рисунках 2а и 2б показаны частотные спектры сигналов с ФМ и OFDM [1].

Рис. 1. Первая схема OFDM

Рис. 2а. Частотный спектр с частотным разделением каналов

Рис. 2б. Частотный спектр с OFDM

Современная версия передатчика и приёмника OFDM представлены на рисунках 3а и 3б

Рис. 3а. Передатчик OFDM

Рис. 3б. Приёмник OFDM

В настоящее время данная технология используется в следующих стандартах связи [2]:

- ADSL;
- DVB-C2, DVB-C;
- IEEE 802.11 и HIPERLAN/2;
- DVB-T, DVB-T2 и ISDB-T;
- DVB-H, DVB-T2, T-DMB, ISDB-T и MediaFLO;
- DRM;
- Flash-OFDM;
- LTE;
- IEEE 802.16 (WiMAX);
- IEEE 802.20, IEEE 802.16e (Mobile WiMAX) and WiBro;
- IEEE 802.15.3a.

Популярность данной технологии связана с её особенностями. Кратко можно выделить следующие основные достоинства и недостатки. Достоинства OFDM [3]:

- Высокая эффективность использования радиочастотного спектра;
- Простая аппаратная реализация;
- Высокое противостояние межсимвольным помехам;
- Высокое противостояние интерференции между поднесущими;
- Возможность применения различных схем модуляции для каждой поднесущей;

- Недостатки:

- Высокая синхронизация времени и частоты;
- Чувствительность к эф. Доплера;
- Высокое значение пик-фактора сигнала;
- Снижение эффективности, из-за использования защитного интервала.

Сигнал каждого подканала модулирован по фазе и амплитуде. Соответственно суммарный сигнал OFDM должен усиливаться высоко линейным усилителем и без искажений (клипирования) передавать максимальные, пиковые значения суммарного сигнала. Пиковые значения сигнала OFDM в несколько десятков раз выше уровня среднего значения сигнала [3].

Одним из главных недостатков OFDM систем является высокий пик-фактор передаваемых сигналов. Он возникает из-за того, что OFDM сигнал состоит из большого числа независимо модулированных по амплитуде и фазе гармоник. При их когерентном (или квазикогерентном) сложении возникают "пики" огибающей, которые характеризуются величиной PAPR (Peak-to-Average Power

Ratio), т.е. отношения пиковой мощности сигнала к его средней мощности. Данный эффект, если с ним не бороться, требует увеличения динамического диапазона устройств АЦП, ЦАП и выходного усилителя мощности. Это приводит к их неоправданному усложнению, а значит, увеличению стоимости аппаратуры в целом. PAPR является основным параметром, определяющим уровень межканальных помех. Для систем OFDM это самый уязвимый показатель. Поэтому эффективное решение проблемы уменьшения PAPR позволит значительно расширить область практического применения OFDM технологии в сотовых системах связи и облегчить их сосуществование с другими технологиями.

Список используемых источников:

1. Nick LaSorte, W. Justin Barnes, Hazem H. Refai. *The History of Orthogonal Frequency Division Multiplexing*.
2. Шахнович И.В. *Современные технологии беспроводной связи* – «Техносфера», 2006. 284 с.
3. Ian Poole, *OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing Tutorial*, 2009. 230 с.

© 2016, Пукса А.О., Васильева А.В., Шевченко А.А.
OFDM модуляция

© 2016, Puksa A.O., Vasileva A.V., Shevchenko A.A.
OFDM modulation