электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

 # 05, май 2016

УДК 621.382

Влияние вида модуляции поднесущих на параметры OFDM-манипулированного сигнала

Шевченко А. О., *студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»

Идрисов Р. А., *студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Плазменные энергетические установки»

Научный руководитель: Асмарян А. Э, ассистент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»
iu3@bmstu.ru

Модуляция - это процесс, при котором параметры высокочастотного несущего колебания меняются по закону низкочастотного информационного сигнала.

Модуляция сигнала применяется для передачи низкочастотных колебаний посредством высокочастотных, а также для минимизации искажений сигнала под влиянием помех. Если модуляция применяется к дискретному сигналу, то такой процесс называется манипуляцией.

Амплитудная манипуляция - разновидность манипуляции сигнала, при которой амплитуда несущей волны меняется по закону изменения сигнала. Самая уязвимая к помехам из существующих манипуляций. Пример результата амплитудной манипуляции показан на рис. 1.

Рис. 1. Амплитудная манипуляция

При частотной модуляции меняется частота волны по закону информационного сигнала, а амплитуда остается постоянной. Является более устойчивой к искажениям. Пример результата амплитудной манипуляции показан на рис. 2.

Рис. 2. Частотная манипуляция

Суть фазовой манипуляции заключается в том, что при переходе от логической единицы в ноль (или наоборот) – меняется фаза несущей волны на противоположную. Пример результата амплитудной манипуляции показан на рис. 3.

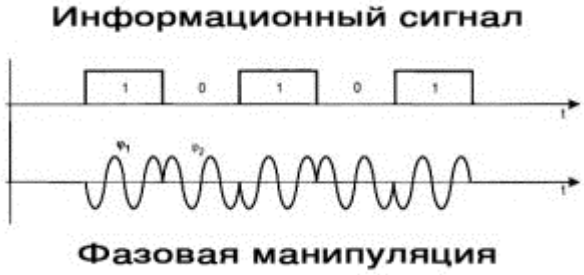

Рис. 3. Фазовая манипуляция

Существует множество манипуляций, но они являются комбинацией вышеописанных, так что детально рассматриваться в этой статье не будут. В OFDM фактически может использоваться любая из них, причем для каждой поднесущей своя.

В телекоммуникациях существует проблема ограниченного ресурса среды передачи: часто возникает необходимость передачи нескольких параллельных потоков данных для пользователей, поэтому приходится обеспечивать множественный доступ к среде. Для решения этой проблемы были разработаны технологии мультиплексирования.

Мультиплексирование — это технология разделения физического канала связи на несколько подканалов, в результате чего становится возможной передача нескольких параллельных потоков данных по одному физическому каналу. Выделяют несколько видов мультиплексирования:

– Мультиплексирование с разделением по частоте (FDM — Frequency Division Multiplexing) предполагает разделение полосы пропускания канала между несколькими подканалами. Этот вид мультиплексирования используется в радио, где в пределах одного общего канала размещено множество подканалов различных по частоте. Рассматриваемая в данной статье технология OFDM является частным случаем FDM.

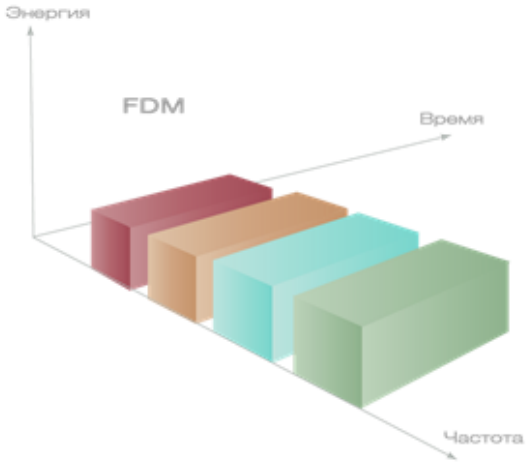

Рис. 4. Мультиплексирование с частотным разделением

– Мультиплексирование с разделением по времени (TDM — Time Division Multiplexing) предполагает разделение канала по времени между несколькими подканалами, а также пакетную передачу данных. При этом каждый подканал использует всю полосу пропускания канала, но имеет ограниченный интервал времени доступа к среде.

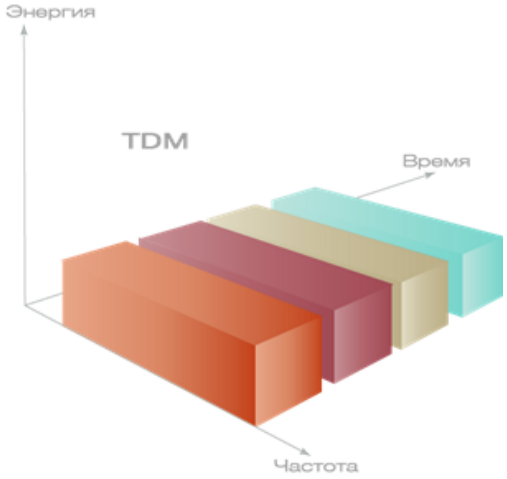

Рис. 5. Мультиплексирование с разделением по времени

– Мультиплексирование с кодовым разделением (CDM – Code Division Multiplexing). Главной идеей CDM является выделение полезного сигнала из потока путем применения

теории кодирования, что позволяет каждой станции непрерывно пользоваться полным спектром частот при передаче.

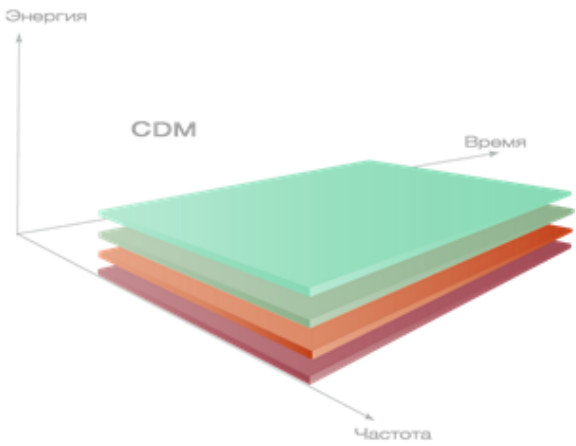

Рис. 6. Мультиплексирование с кодовым разделением

Главной особенностью технологии OFDM является ортогональность поднесущих. Таким образом исключается «паразитное» взаимное влияние поднесущих после мультиплексирования. Под ортогональностью поднесущих понимается взаимная независимость их функций изменения.

Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) — это технология мультиплексирования, разделяющая полосу пропускания канала на множество поднесущих, ортогональных между собой. Преимущество этой технологии заключается в том, что влияние межсимвольной интерференции на полезный сигнал вследствие многолучевого распространения минимально. Также стоит отметить высокую гибкость её использования, достигаемую за счет вариативности параметров передачи сигнала.

В технологии OFDM частотный диапазон разбивается равномерно между поднесущими. Каждому передаваемому потоку назначается несколько поднесущих, то есть каждый поток разбивается на N поднесущих. Поднесущие между собой ортогональны. Спектр таких поднесущих показаны на рис. 7.

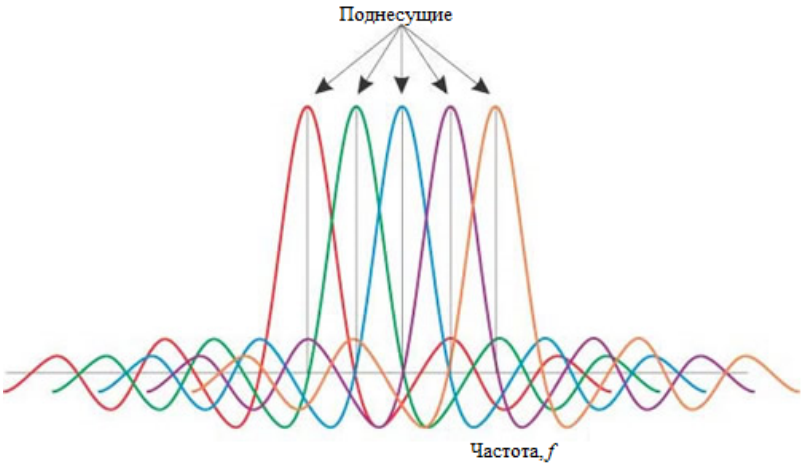

Рис. 7. Спектр ортогональных поднесущих

В основе формирования OFDM-манипулированного сигнала лежит алгоритм быстрого преобразования Фурье. За счет этого приема и достигается ортогональность распространения поднесущих: применяя к дискретному сигналу обратное преобразование Фурье получается аналоговый сигнал, спектр которого уже состоит из ортогональных поднесущих. Этот факт получается по определению преобразования Фурье.

Одним из ключевых преимуществ метода OFDM является сочетание высокой скорости передачи с эффективным противостоянием многолучевому распространению. Для этого используется охранный интервал — циклическое повторение окончания символа, присоединяемое в начале символа. Длительность этого защитного интервала может составлять 1/4, 1/8, 1/16 или 1/32 от длительности OFDM символа. Принцип использования временного защитного интервала поясняется на рис. 8.

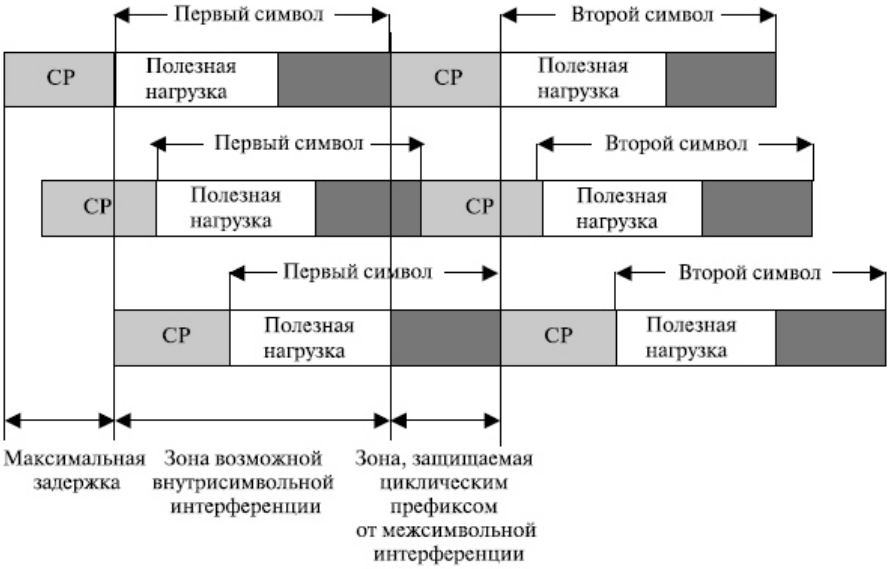

Рис. 7. Защитный интервал OFDM-символа

Этот интервал является избыточной информацией и в этом смысле снижает полезную (информационную) скорость передачи, но он служит защитой от возникновения межсимвольной интерференции. Эта избыточная информация добавляется к передаваемому символу в передатчике и отбрасывается при приеме символа в приемнике.

Наличие защитного интервала создает временные паузы между отдельными символами, и если длительность интервала превышает максимальное время задержки сигнала в результате многолучевого распространения, то межсимвольной интерференции не возникает.

Ортогональность поднесущих позволяет справляться с узкополосными помехами, которые могут подавить часть поднесущих. Благодаря корректирующим кодам информацию можно извлечь из неповреждённых поднесущих. Также, в OFDM каждая поднесущая может модулироваться различной схемой модуляции. Как отмечалось выше, в таком подходе можно регулировать помехоустойчивость и скорость потока данных для каждого канала (пользователя) в отдельности.

В среде Matlab было произведен расчет зависимости уровня сигнал/шум (SNR) от количества ошибок (BER) для нескольких видов модуляции поднесущих. Результат расчета показан на рис. 9.

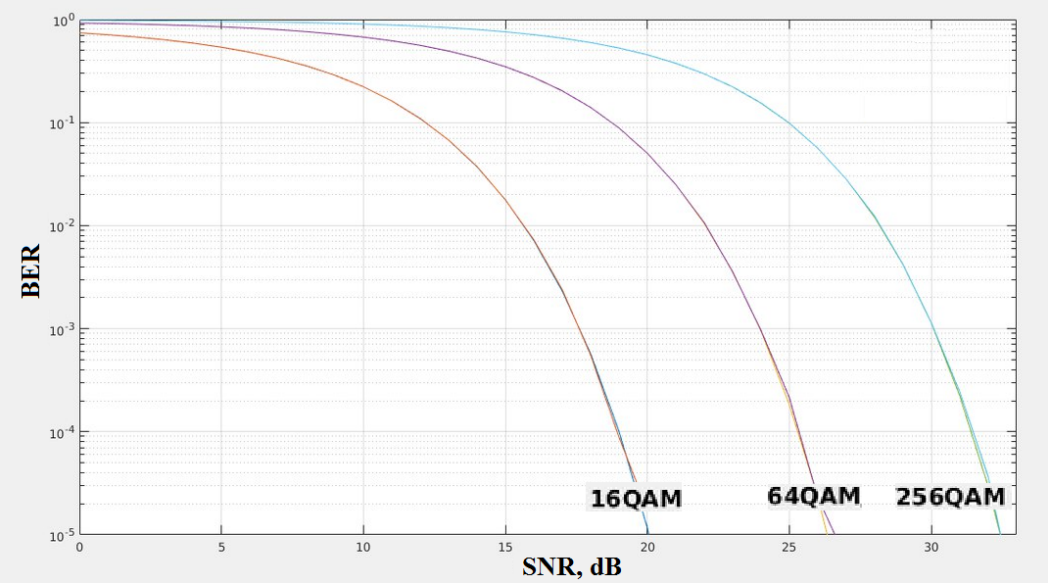

Рис. 9. Результат расчета Matlab

Чем выше порядок квадратурной амплитудной модуляции, тем большее число бит кодируется одним символом, увеличивая тем самым пропускную способность канала. В то же время увеличивается вероятность ошибки при воздействии шумов на сигнал.

С целью исправления ошибок применяют теорию кодирования, но чем сложнее и эффективнее алгоритм исправления ошибок, тем выше требования к вычислительным мощностям приемника и передатчика. Таким образом, при проектировании системы передачи сигнала с применением OFDM нужно искать компромиссное решение между пропускной способностью и нагрузкой на оборудование линии связи.

В среде Matlab была смоделирована схема прохождения сигнала OFDM сквозь среду с заданным уровнем SNR. При этом подчитывалось количество бит, пройденное сквозь канал связи, число бит переданных с ошибкой и процент ошибочных битов от общего количества. Моделируемая схема представлена на рис. 10.

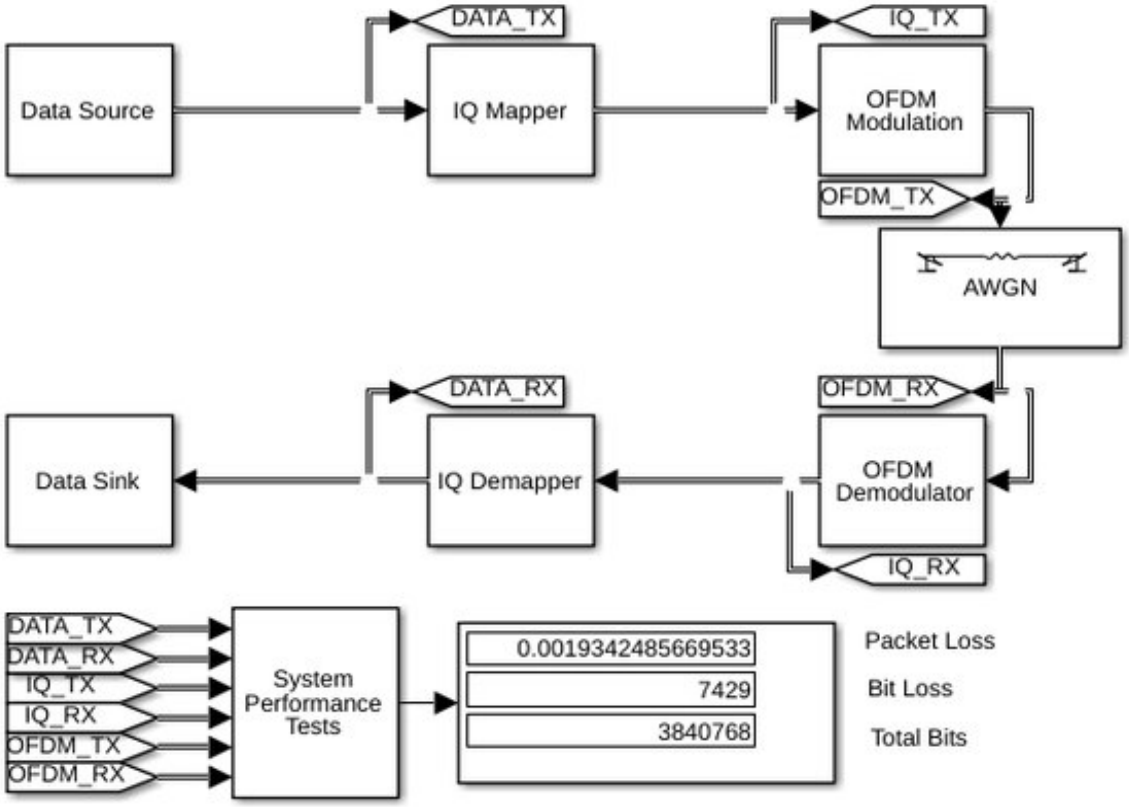

Рис. 10. Схема передачи OFDM сигнала в среде Matlab

Для сравнения взяты модуляции 16QAM и 64QAM при уровне SNR равным 20 дБ и одинаковым временем работы. Результат моделирования показан на рис. 11.

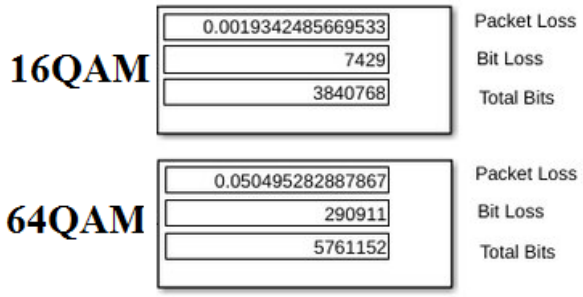

Рис. 10. Результат моделирования схемы

Из примеров можно увидеть, что в зависимости от среды распространения возможно адаптивно балансировать нагрузку между каналом передачи и оконечным оборудованием, варьируя вид модуляции и алгоритм исправления ошибок. Эти примеры иллюстрируют гибкость технологии OFDM.

Список литературы

[1]. Шевченко А.О. Технология OFDM. Часть 1. Режим доступа: http://snapblog.ru/2015/11/ofdm-часть-1 (дата обращения 02.11.2015).

[2]. OFDM. Электронная энциклопедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/OFDM (дата обращения 02.11.2015).

[3]. Способы формирования OFDM-радиосигнала. Режим доступа: http://jre.cplire.ru/koi/jan10/5/text.html (дата обращения 03.11.2015).

[4]. Скрынников В.Г. Радиоподсистемы UMTS/LTE. М.: Спорт и Культура – 2000, 2012. 846 с.

[5]. Alcardo A. B., Abbas M. A., Behavior and Techniques for Improving Performance of OFDM Systems for Wireless communications // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. 2015. Vol. 4, Issue 1. P. 237-240. DOI 10.17148/IJARCCE.2015.4152.