ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Реферат на тему:

Ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием

Выполнил:

Студент 4 курса 5 группы

Дейниченко Андрей

Ростов – на – Дону

2006

**Ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием**

Распространение сигналов в открытой среде, коей является радиоэфир, сопровождается возникновением всякого рода помех, источником которых служат сами распространяемые сигналы. Классический пример такого рода помех — эффект многолучевой интерференции сигналов, заключающийся в том, что в результате многократных отражений сигала от естественных преград один и тот же сигнал может попадать в приемник различными путями. Но подобные пути распространения имеют и разные длины, а потому для различных путей распространения ослабление сигнала будет неодинаковым. Следовательно, в точке приема результирующий сигнал представляет собой суперпозицию (интерференцию) многих сигналов, имеющих различные амплитуды и смещенных друг относительно друга по времени, что эквивалентно сложению сигналов с разными фазами.

Следствием многолучевой интерференции является искажение принимаемого сигнала. Многолучевая интерференция присуща любому типу сигналов, но особенно негативно она сказывается на широкополосных сигналах. Дело в том, что при использовании широкополосного сигнала в результате интерференции определенные частоты складываются синфазно, что приводит к увеличению сигнала, а некоторые, наоборот, — противофазно, вызывая ослабление сигнала на данной частоте.

Говоря о многолучевой интерференции, возникающей при передаче сигналов, различают два крайних случая. В первом случае максимальная задержка между различными сигналами не превосходит времени длительности одного символа и интерференция возникает в пределах одного передаваемого символа. Во втором случае максимальная задержка между различными сигналами больше длительности одного символа, а в результате интерференции складываются сигналы, представляющие разные символы, и возникает так называемая межсимвольная интерференция (Inter Symbol Interference, ISI).

Наиболее отрицательно на искажение сигнала влияет межсимвольная интерференция. Поскольку символ — это дискретное состояние сигнала, характеризующееся значениями частоты несущей, амплитуды и фазы, то для различных символов меняются амплитуда и фаза сигнала, поэтому восстановить исходный сигнал крайне сложно.

Чтобы избежать, а точнее, частично компенсировать эффект многолучевого распространения, используются частотные эквалайзеры, однако по мере роста скорости передачи данных либо за счет увеличения символьной скорости, либо из-за усложнения схемы кодирования, эффективность использования эквалайзеров падает.

В стандарте 802.11b с максимальной скоростью передачи 11 Мбит/с при использовании CCK-кодов схемы компенсации межсимвольной интерференции вполне успешно справляются с возложенной на них задачей, но при более высоких скоростях такой подход становится неприемлемым.

Поэтому при более высоких скоростях передачи применяется принципиально иной метод кодирования данных – ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). Идея данного метода заключается в том, что поток передаваемых данных распределяется по множеству частотных подканалов и передача ведется параллельно на всех этих подканалах. При этом высокая скорость передачи достигается именно за счет одновременной передачи данных по всем каналам, а скорость передачи в отдельном подканале может быть и невысокой.

Поскольку в каждом из частотных подканалов скорость передачи данных можно сделать не слишком высокой, это создает предпосылки для эффективного подавления межсимвольной интерференции.

При частотном разделении каналов необходимо, чтобы ширина отдельного канала была, с одной стороны, достаточно узкой для минимизации искажения сигнала в пределах отдельного канала, а с другой — достаточно широкой для обеспечения требуемой скорости передачи. Кроме того, для экономного использования всей полосы канала, разделяемого на подканалы, желательно как можно более плотно расположить частотные подканалы, но при этом избежать межканальной интерференции, чтобы обеспечить полную независимость каналов друг от друга. Частотные каналы, удовлетворяющие перечисленным требованиям, называются ортогональными. Несущие сигналы всех частотных подканалов (а точнее, функции, описывающие эти сигналы) ортогональны друг другу.

Важно, что хотя сами частотные подканалы могут частично перекрывать друг друга, ортогональность несущих сигналов гарантирует частотную независимость каналов друг от друга, а, следовательно, и отсутствие межканальной интерференции.

Рассмотренный способ деления широкополосного канала на ортогональные частотные подканалы называется ортогональным частотным разделением с мультиплексированием (OFDM). Одним из ключевых преимуществ метода OFDM является сочетание высокой скорости передачи с эффективным противостоянием многолучевому распространению. Если говорить точнее, то сама по себе технология OFDM не устраняет многолучевого распространения, но создает предпосылки для устранения эффекта межсимвольной интерференции. Дело в том, что неотъемлемой частью технологии OFDM является охранный интервал (Guard Interval, GI) — циклическое повторение окончания символа, пристраиваемое в начале символа.

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

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

При использовании технологии OFDM длительность охранного интервала составляет одну четвертую длительности самого символа. При этом сам символ имеет длительность 3,2 мкс, а охранный интервал — 0,8 мкс. Таким образом, длительность символа вместе с охранным интервалом составляет 4 мкс.

**Математическая интерпретация**

Если нам задан поток символов (двоичный код), то частота передачи будет расчитываться по формуле:



Запишем условие ортогональности:



В интервале :



Будем искать радиосигнал в виде:



В итоге получим заключительную формулу, по которой и расчитывается амплитуда сигнала:



Ik – исходная последовательность символов.

**Скоростные режимы и методы кодирования в протоколе 802.11g**

В протоколе 802.11g предусмотрена передача на скоростях 1, 2, 5,5, 6, 9, 11, 12, 18, 22, 24, 33, 36, 48 и 54 Мбит/с. Некоторые из данных скоростей являются обязательными, а некоторые – опциональными. Кроме того, одна и та же скорость может реализовываться при различной технологии кодирования. Ну и как уже отмечалось, протокол 802.11g включает в себя как подмножество протоколы 802.11b/b+.

Технология кодирования PBCC опционально может использоваться на скоростях 5,5; 11; 22 и 33 Мбит/с. Вообще же в самом стандарте обязательными являются скорости передачи 1; 2; 5,5; 6; 11; 12 и 24 Мбит/с, а более высокие скорости передачи (33, 36, 48 и 54 Мбит/с) — опциональными.

Отметим, что для обязательных скоростей в стандарте 802.11g используется только кодирование CCK и OFDM, а гибридное кодирование и кодирование PBCC является опциональным. Говоря о технологии частотного ортогонального разделения каналов OFDM, применяемой на различных скоростях в протоколе 802.11g, мы до сих пор не касались вопроса о методе модуляции несущего сигнала.

Напомним, что в протоколе 802.11b для модуляции использовалась либо двоичная (BDPSK), либо квадратурная (QDPSK) относительная фазовая модуляция. В протоколе 802.11g на низких скоростях передачи также используется фазовая модуляция (только не относительная), то есть двоичная и квадратурная фазовые модуляции BPSK и QPSK. При использовании BPSK-модуляции в одном символе кодируется только один информационный бит, а при использовании QPSK-модуляции — два информационных бита. Модуляция BPSK используется для передачи данных на скоростях 6 и 9 Мбит/с, а модуляция QPSK — на скоростях 12 и 18 Мбит/с.

Для передачи на более высоких скоростях используется квадратурная амплитудная модуляция QAM (Quadrature Amplitude Modulation), при которой информация кодируется за счет изменения фазы и амплитуды сигнала. В протоколе 802.11g используется модуляция 16-QAM и 64-QAM. В первом случае имеется 16 различных состояний сигнала, что позволяет закодировать 4 бита в одном символе. Во втором случае имеется уже 64 возможных состояний сигнала, что позволяет закодировать последовательность 6 бит в одном символе. Модуляция 16-QAM применяется на скоростях 24 и 36 Мбит/с, а модуляция 64-QAM — на скоростях 48 и 54 Мбит/с.

Естественно, возникает вопрос: почему при одном и том же типе модуляции возможны различные скорости передачи (табл. 2)? Рассмотрим, к примеру, модуляцию BPSK, при которой скорость передачи данных составляет 6 или 9 Мбит/с. Дело в том, что при использовании технологии OFDM используется сверточное кодирование с различными пунктурными кодерами, что приводит к различной скорости сверточного кодирования. В результате при использовании одного и того же типа модуляции могут получаться разные значения информационной скорости — все зависит от скорости сверточного кодирования. Так, при использовании BPSK-модуляции со скоростью сверточного кодирования 1/2 получаем информационную скорость 6 Мбит/с, а при использовании сверточного кодирования со скоростью 3/4 — 9 Мбит/с.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Таблица. Соотношение между скоростями передачи и типом кодирования в стандарте 802.11g** | | | |
| Скорость передачи, Мбит/с | | Метод кодирования | Модуляция |
| 1 | (обязательно) | Код Баркера | DBPSK |
| 2 | (обязательно) | Код Баркера | DQPSK |
| 5,5 | (обязательно) | CCK | DQPSK |
| (опционально) | PBCC | DBPSK |
| 6 | (обязательно) | OFDM | BPSK |
| (опционально) | CCK-OFDM | BPSK |
| 9 | (опционально) | OFDM, CCK-OFDM | BPSK |
| 11 | (обязательно) | CCK | DQPSK |
| (опционально) | PBCC | DQPSK |
| 12 | (обязательно) | OFDM | QPSK |
| (опционально) | CCK-OFDM | QPSK |
| 18 | (опционально) | OFDM, CCK-OFDM | QPSK |
| 22 | (опционально) | PBCC | DQPSK |
| 24 | (обязательно) | OFDM | 16-QAM |
| (опционально) | CCK-OFDM |  |
| 33 | (опционально) | PBCC |  |
| 36 | (опционально) | OFDM, CCK-OFDM | 16-QAM |
| 48 | (опционально) | OFDM, CCK-OFDM | 64-QAM |
| 54 | (опционально) | OFDM, CCK-OFDM | 64-QAM |

Единственное, о чем мы пока не упоминали, — это техника гибридного кодирования. Для того чтобы понять сущность этого термина, вспомним, что любой передаваемый пакет данных содержит заголовок/преамбулу со служебный информацией и поле данных. Когда речь идет о пакете в формате CCK, имеется в виду, что заголовок и данные кадра передаются в формате CCK. Аналогично при использовании технологии OFDM заголовок кадра и данные передаются посредством OFDM-кодирования. При применении технологии CCK-OFDM заголовок кадра кодируется с помощью CCK-кодов, но сами данные кадра передаются посредством многочастотного OFDM-кодирования. Таким образом, технология CCK-OFDM является своеобразным гибридом CCK и OFDM. Технология CCK-OFDM — не единственная гибридная технология: при использовании пакетного кодирования PBCC заголовок кадра передается с помощью CCK-кодов и только данные кадра кодируются посредством PBCC.

Литература:

www.ferra.ru - Беспроводные сети - как это работает

www.en.wikipedia.org - Orthogonal frequency-division multiplexing