

47. Методы доступа к среде в беспроводных сетях

Одна из основных проблем построения беспроводных систем - это решение задачи доступа многих пользователей к ограниченному ресурсу среды передачи. Существует несколько базовых методов доступа (их еще называют методами уплотнения или мультиплексирования), основанных на разделении между станциями таких параметров, как пространство, время, частота и код. Задача уплотнения - выделить каждому каналу связи пространство, время, частоту и/или код с минимумом взаимных помех и максимальным использованием характеристик передающей среды.

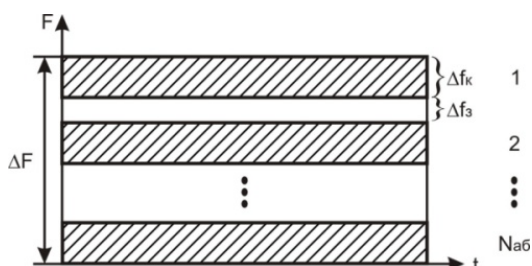
Уплотнение с пространственным разделением

Основано на разделении сигналов в пространстве, когда передатчик посылает сигнал, используя код s , время t и частоту f области s_i . То есть каждое беспроводное устройство может вести передачу данных только в границах определенной территории, на которой любому другому устройству запрещено передавать свои сообщения.

К примеру, если радиостанция вещает на строго определенной частоте на закрепленной за ней территории, а какая-либо другая станция в этой же местности также начнет вещать на той же частоте, слушатели радиопередач не смогут получить "чистый" сигнал ни от одной из этих станций. Другое дело, если радиостанции работают на одной частоте в разных городах. Искажений сигналов каждой радиостанции не будет в связи с ограниченной дальностью распространения сигналов этих станций, что исключает их наложение друг на друга. Характерный пример - системы сотовой телефонной связи.

Уплотнение с частотным разделением (Frequency Division Multiplexing - FDM)

Каждое устройство работает на определенной частоте, благодаря чему несколько устройств могут вести передачу данных на одной территории. Это один из наиболее известных методов, так или иначе используемый в самых современных системах беспроводной связи.



Наглядная иллюстрация схемы частотного уплотнения - функционирование в одном городе нескольких радиостанций, работающих на разных частотах. Для надежной отстройки друг от друга их рабочие частоты должны быть разделены защитным частотным интервалом, который позволяет исключить взаимные помехи.

Эта схема, хотя и позволяет использовать множество устройств на определенной территории, сама по себе приводит к неоправданному расточительству обычно скудных частотных ресурсов, поскольку требует выделения своей частоты для каждого беспроводного устройства.

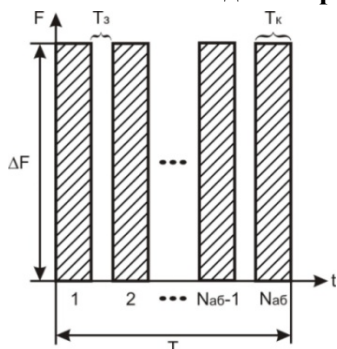
Уплотнение с временным разделением (Time Division Multiplexing - TDM)

В данной схеме распределение каналов идет по времени, т. е. каждый передатчик транслирует сигнал на одной и той же частоте области s , но в различные промежутки времени (как правило, циклически повторяющиеся) при строгих требованиях к синхронизации процесса передачи.

Подобная схема достаточно удобна, так как временные интервалы могут динамично перераспределяться между устройствами сети. Устройствам с большим трафиком назначаются более длительные интервалы, чем устройствам с меньшим объемом трафика.

Основной недостаток систем с временным уплотнением - это мгновенная потеря информации при срыве синхронизации в канале, например из-за сильных помех, случайных или преднамеренных. Однако успешный опыт эксплуатации таких знаменитых TDM-систем, как сотовые телефонные сети стандарта GSM, свидетельствует о достаточной надежности механизма временного уплотнения.

Уплотнение с кодовым разделением (Code Division Multiplexing - CDM)



В данной схеме все передатчики транслируют сигналы на одной и той же частоте, в области s и во время t , но с разными кодами s .

Именем основанного на CDM механизме разделения каналов (CDMA - CDM Access) даже назван стандарт сотовой телефонной связи IS-95a, а также ряд стандартов третьего поколения сотовых систем связи (cdma2000, WCDMA и др.).

В схеме CDM каждый передатчик заменяет каждый бит исходного потока данных на CDM-символ - кодовую последовательность длиной

в 11, 16, 32, 64 и т. п. бит (их называют чипами). Кодовая последовательность уникальна для каждого передатчика. Как правило, если для замены "1" в исходном потоке данных используют некий CDM-код, то для замены "0" применяют тот же код, но инвертированный. Приемник знает CDM-код передатчика, сигналы которого должен воспринимать. Он постоянно принимает все сигналы и оцифровывает их. Затем в специальном устройстве (корреляторе) производится операция свертки (умножения с накоплением) входного оцифрованного сигнала с известным ему CDM-кодом и его инверсией. В несколько упрощенном виде это выглядит как операция скалярного произведения вектора входного сигнала и вектора с CDM-кодом. Если сигнал на выходе коррелятора превышает некий установленный пороговый уровень, приемник считает, что принял 1 или 0. Для увеличения вероятности приема передатчик может повторять посылку каждого бита несколько раз. При этом сигналы других передатчиков с другими CDM-кодами приемник воспринимает как аддитивный шум. Более того, благодаря большой избыточности (каждый бит заменяется десятками чипов), мощность принимаемого сигнала может быть сопоставима с интегральной мощностью шума. Сходства CDM-сигналов со случайным (гауссовым) шумом добиваются, используя CDM-коды, порожденные генератором псевдослучайных последовательностей. Поэтому данный метод еще называют методом расширения спектра сигнала посредством прямой последовательности (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum); о расширении спектра будет рассказано ниже.

Наиболее сильная сторона данного уплотнения заключается в повышенной защищенности и скрытности передачи данных: не зная кода, невозможно получить сигнал, а в ряде случаев - и обнаружить его присутствие. Кроме того, кодовое пространство несравненно более значительно по сравнению с частотной схемой уплотнения, что позволяет без особых проблем присваивать каждому передатчику свой индивидуальный код. Основной же проблемой кодового уплотнения до недавнего времени являлась сложность технической реализации приемников и необходимость обеспечения точной синхронизации передатчика и приемника для гарантированного получения пакета.

Технология расширенного спектра

Изначально метод расширенного спектра создавался для разведывательных и военных целей. Основная идея метода состоит в том, чтобы распределить информационный сигнал по широкой полосе радиодиапазона, что в итоге позволит значительно усложнить подавление или перехват сигнала. Первая разработанная схема расширенного спектра известна как метод перестройки частоты. Более современной схемой расширенного спектра является метод прямого последовательного расширения. Оба метода используются в различных стандартах и продуктах беспроводной связи.

Расширение спектра скачкообразной перестройкой частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum - FHSS)

Для того чтобы радиосвязь нельзя было перехватить или подавить узкополосным шумом, было предложено вести передачу с постоянной сменой несущей в пределах широкого диапазона частот. В результате мощность сигнала распределялась по всему диапазону, и прослушивание какой-то определенной частоты давало только небольшой шум. Последовательность несущих частот была псевдослучайной, известной только передатчику и приемнику. Попытка подавления сигнала в каком-то узком диапазоне также не слишком ухудшала сигнал, так как подавлялась только небольшая часть информации.



В течение фиксированного интервала времени передача ведется на неизменной несущей частоте. На каждой несущей частоте для передачи дискретной информации применяются стандартные методы модуляции. Для того чтобы приемник синхронизировался с передатчиком, для обозначения начала каждого периода передачи в течение некоторого времени передаются синхробиты. Так что полезная скорость этого метода кодирования оказывается меньше из-за

постоянных накладных расходов на синхронизацию.

Несущая частота меняется в соответствии с номерами частотных подканалов, вырабатываемых алгоритмом псевдослучайных чисел. Псевдослучайная последовательность зависит от некоторого параметра, который называют начальным числом. Если приемнику и передатчику известны

алгоритм и значение начального числа, то они меняют частоты в одинаковой последовательности, называемой последовательностью псевдослучайной перестройки частоты.

Прямое последовательное расширение спектра (Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS)

В методе прямого последовательного расширения спектра также используется весь частотный диапазон, выделенный для одной беспроводной линии связи. В отличие от метода FHSS, весь частотный диапазон занимает не за счет постоянных переключений с частоты на частоту, а за счет того, что каждый бит информации заменяется N-битами, так что тактовая скорость передачи сигналов увеличивается в N раз. А это, в свою очередь, означает, что спектр сигнала также расширяется в N раз. Достаточно соответствующим образом выбрать скорость передачи данных и значение N, чтобы спектр сигнала заполнил весь диапазон. Цель кодирования методом DSSS та же, что и методом FHSS, - повышение устойчивости к помехам. Узкополосная помеха будет искажать только определенные частоты спектра сигнала, так что приемник с большой степенью вероятности сможет правильно распознать передаваемую информацию. Код, которым заменяется двоичная единица исходной информации, называется расширяющей последовательностью, а каждый бит такой последовательности - чипом. Соответственно, скорость передачи результирующего кода называют чиповой скоростью. Двоичный ноль кодируется инверсным значением расширяющей последовательности. Приемники должны знать расширяющую последовательность, которую использует передатчик, чтобы понять передаваемую информацию. Количество битов в расширяющей последовательности определяет коэффициент расширения исходного кода. Как и в случае FHSS, для кодирования битов результирующего кода может использоваться любой вид модуляции, например BFSK. Чем больше коэффициент расширения, тем шире спектр результирующего сигнала и выше степень подавления помех. Но при этом растет занимаемый каналом диапазон спектра. Метод DSSS в меньшей степени защищен от помех, чем метод быстрого расширения спектра, так как мощная узкополосная помеха влияет на часть спектра, а значит, и на результат распознавания единиц или нулей.

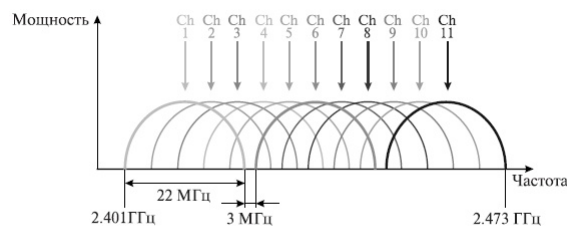


Рис. 1.12. Каналы, используемые в технологии DSSS

Беспроводные локальные сети DSSS используют каналы шириной 22 МГц, благодаря чему многие WLAN могут работать в одной и той же зоне покрытия. В Северной Америке и большей части Европы, в том числе и в России, каналы шириной 22 МГц позволяют создать в диапазоне 2,4- 2,473 ГГц три неперекрывающихся канала передачи. Эти каналы показаны 1.6.9