

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАНДАРТА WiMAX

Булашенко А. В., преподаватель
Шосткинський інститут СумДУ
Дубровка Ф. Ф., д.т.н., професор НТУУ «КПІ»

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) - это коммерческое “имя” стандарта беспроводной связи 802.16 поддержанного известной промышленной группой.

Ключевым моментом для существующего этапа развития беспроводных сетей, включая будущие WiMAX-сети, является OFDM-модуляция. Оценивая теоретическую пропускную способность Шеннона для канала с переменной межсимвольной интерференцией и аддитивным гауссовским белым шумом, получено, что канал может служить моделью реальных радиоканалов с замираниями, взаимными помехами и шумами. При передаче по такому каналу многомерными сигналами из N последовательных отсчетов, разделенных L защитными символами, где L не меньше памяти канала, дальнейшему преобразованию этих сигналов в ортогональном базисе (например, Фурье) с учетом характеристик канала, исходный канал преобразуется к следующему виду.

Исходный канал виртуально представляется в виде N параллельных каналов с аддитивным гауссовским шумом с различными отношениями сигнал/шум, но без памяти (межсимвольной интерференции). Естественно, такое преобразование требует точного знания импульсного отклика канала или его частотной характеристики. Таким образом, вычисляется пропускную способность исходного канала как среднее арифметическое параллельных каналов без памяти.

С развитием цифровой элементной базы и появлением возможности реализовать даже самые невероятные теоретические идеи, была построена так называемая ступенчатая конструкция, суть которой состоит в следующем.

После ортогонального преобразования параллельные каналы разбиваются на подгруппы с близкими друг к другу отношениями сигнал/шум. Сигналы внутри одной и той же подгруппы модулируются квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ) одной и той же кратности. Так, например, может оказаться N_1 сигналов с модуляцией КАМ2, N_2 сигналов с модуляцией КАМ4, N_3 сигналов с модуляцией КАМ16, N_4 сигналов с модуляцией КАМ64. Естественно $N_1+N_2+N_3+N_4$ защитный интервал + некоторый запас = N .

Далее единая конструкция из N параллельных каналов кодируется единым корректирующим кодом, исправляющим ошибки. Если N достаточно велико, корректирующий код и его алгоритм декодирования оптимальны, канал измеряется точно и его изменения быстро отслеживаются, то реализуется оптимальная схема с отличием от пропускной способности Шеннона на доли дБ. Фактически все это и заложено в WiMAX-совместимое оборудование. Для WiMAX-совместимого оборудования на физическом уровне в качестве размера блока FFT выбрано $N=256$, из которых 192 поднесущие информационные, 8 - для измерения характеристик канала, остальные могут тратиться на защитные интервалы от 1/4 до 1/32. В стандарте выбраны параметры КАМ от 2 до 256: мощная каскадная кодовая конструкция с внутренним сверточным кодом с декодированием по алгоритму Витерби и внешним кодом Рида-Соломона. Опционально может использоваться другая кодовая конструкция на основе турбо-кодов.

Предусмотрен специальный режим векторной OFDM - OFDMA, когда сигналы 16 абонентов могут объединяться в общий OFDM-кадр. Это обеспечивает взаимную ортогональность абонентов в эфире, минимизирует их мощности и может приводить к дополнительному системному энергетическому выигрышу до 12 дБ. Заложена в стандарт сигнально-кодовая конструкция в принципе адаптивна - система подстраивается к характеристикам канала в каждый момент времени, “перекачивая” скорость в помехоустойчивость и наоборот. Так, например, в идеальном по энергетике канале все поднесущие OFDM будут работать с модуляцией КАМ64 с минимальной избыточностью сверточного кода 3/4, обеспечивая частотную эффективность 4,5 бит/с/Гц при отношении сигнал/шум 24 дБ. В условиях наихудшей энергетике модуляция для всех поднесущих будет КАМ2, сверточный код - со скоростью 1/2, частотная эффективность - 1 бит/с/Гц, а отношение сигнал/шум - 6 дБ. Все это обеспечивает дополнительный системный выигрыш 18 дБ.

Также в стандарт заложены возможности использования технологии “интеллектуальных” антенн, что может обеспечивать дополнительный энергетический выигрыш в канале с замираниями не менее 30 дБ. Эти технологии могут использоваться в различных комбинациях - от простого пространственного разнесения на передающей или приемной стороне - до сложной “интеллектуальной” системы, практически означающей организацию нового вида множественного доступа - пространственного.

На MAC-уровне используются следующие основные идеи. Линии “вверх” и “вниз” управляются

базовой станцией, абоненты “не слышат” друг друга, в протоколе учитывается задержка распространения сигнала. Поддерживается качество обслуживания абонента (QoS). Предусмотрена оптимизация размера передаваемого блока для минимизации потерь - маленькие блоки объединяются при передаче, а большие наоборот дробятся. Поддерживается также внешнее обнаружение ошибок. Предусмотрено временное и частотное дуплексирование, различные диапазоны частот и разные полосы сигнала в эфире от 1,75 до 10 МГц. Также в перспективе предусмотрена поддержка мобильности абонентов.