

## Развитие беспроводных телерадиоинформационных систем

Данная статья является попыткой осмыслить направление и логику развития телерадиоинформационных систем в недавнем прошлом, настоящем и ближайшем будущем со стороны инженеров, непосредственно занимающимися такими системами. Как известно, ошибки на системном уровне наиболее неприятны, так как на их исправление приходится тратить много дополнительных усилий и средств. Здесь мы хотим представить проблему во всей возможной полноте с тем, чтобы, воспользовавшись нашим опытом, проектировщики вещательных и телерадиоинформационных систем смогли избежать грубых ошибок.

### Основные характеристики телерадиоинформационных систем

В самом названии "телерадиоинформационная система" подразумевается, что такая система должна содержать две компоненты: вещательную и собственно информационную. Вещательная составляющая предполагает передачу сигналов теле- и радиовещания от центральной станции (ЦС) системы к множеству абонентских станций (АС), которые работают только на прием точно так, как это происходит в системах спутникового телерадиовещания.

Информационная же составляющая предполагает обмен информацией между ЦС и множеством АС. В основном это связано с передачей Интернет-сообщений и тех цифровых сервисов, которые с ним связаны (таких как IP-телефония и т.д.).

Так же, как и при разработке любой другой системы, работающей на коммерческой основе, разработчик беспроводной телерадиоинформационной системы стремится к увеличению количества подписчиков (абонентов). Для вещательной системы такое увеличение числа подписчиков напрямую связано с расширением зоны обслуживания.

Для информационной составляющей существует еще одно ограничение количества абонентов, которое связано с возможностью разделения сообщений, поступающих от абонентов к центральной станции. Поток данных информации, распространяемые от абонентов к центральной станции, называют "восходящими", а в обратном направлении "нисходящими". Отметим, что в беспроводных сетях связи и передачи информации, в отличие от кабельных локальных сетей, взаимодействие между отдельными абонентами возможно только через ЦС. Это непреложный закон беспроводных локальных сетей. При этом сообщения, поступающие от абонентов, должны быть однозначно распознаны и авторизованы.

Вполне естественным представляется тот факт, что первоначально телерадиоинформационные системы развивались только как вещательные. Для них, как уже отмечалось выше, увеличение числа абонентов при определенной для данной местности плотности населения (потенциальных подписчиков) пропорционально площади зоны обслуживания.

Радиус зоны обслуживания определяется такими факторами:

- мощностью передатчика ЦС и коэффициентом усиления передающей антенны (т.е. эквивалентной изотропноизлучаемой мощностью передающей станции - ЗИИМ);
- чувствительностью абонентских приемников;
- условиями распространения радиосигналов в зоне обслуживания.

Самая большая плотность населения свойственна большим городам. Именно поэтому на первом этапе вещательные системы развивались в основном в крупных городах. Здесь они часто использовались во взаимодействии с кабельными сетями.

Преимущество, связанное с большой плотностью размещения абонентов в крупных городах, уравновешивается не очень благоприятными условиями распространения сигналов. Они обусловлены наличием большого количества отражающих поверхностей, которыми для радиосигналов сверхвысоких частот (СВЧ) могут служить стены и крыши зданий, различные вышки, башни строительных кранов, трубы и т.д. Вследствие этого на антенну абонентской станции, кроме основного луча, соединя-

ющего антенну абонента с антенной ЦС воздействует, по крайней мере еще один, отраженный от какой-либо поверхности, который имеет произвольную задержку относительно главного. Такой режим распространения называют "многолучевым". Абонент может находиться также в области "радиотени", т.е. направление на передающую антенну полностью перекрыто препятствием.

Можно оценить, как эти явления сказываются в различных диапазонах частот. Самые сильные и многократные отражения свойственны сигналам дециметрового и нижней части сантиметрового диапазона. Благодаря некоторому «огибанию» препятствий и наличию большого количества отражений, области глубокой "тени" здесь менее выражены. И, наоборот, в верхней части сантиметрового диапазона и в примыкающей к нему части миллиметрового диапазона отражения менее выражены, зато зоны "тени" резко ощутимы. Кроме того, на высоких частотах сильнее сказываются потери в гидрометеорах (в дожде). По этой же причине на высоких частотах размеры зоны обслуживания не могут быть большими, так как потребуется очень большой запас на замирание.

Несколько слов о таком факторе как чувствительность абонентских приемников. Современные транзисторы и микросхемы позволяют практически во всем СВЧ-диапазоне реализовывать малошумящие усилители с коэффициентом шума на уровне 2 дБ и менее. Снижать коэффициент шума дальше не имеет смысла, поскольку направленные практически параллельно поверхности земли антенны "шумят" больше. По этим же причинам увеличение диаметра приемных антенн не приводит к ощутимому расширению зоны обслуживания.

С условиями распространения радиосигнала также напрямую связан выбор типа модуляции несущих в многоканальном вещательном сигнале. Наиболее выгодными с точки зрения энергетического потенциала (они позволяют при заданной мощности передатчика получить наибольший радиус зоны обслуживания) являются FSK, GMSK и QPSK, т.е. простейшие виды частотной и фазовой манипуляции. По причине потери актуальности не будем брать в рассмотрение аналоговую частотную модуляцию, соответствующую стандарту DBS, которая применялась на первом этапе в аналоговых системах МИТРИС, и амплитудную модуляцию несущей изображения, которая также применялась вначале в системах MMDS.

При переходе к цифровому формату вещания актуальными стали такие типы модуляции как QPSK (четырехпозиционная фазовая манипуляция), QAM (квадратурно-амплитудная манипуляция) и COFDM (кодированное мультиплексирование с ортогональным частотным разделением).

Как было сказано выше, QPSK является наиболее энергетически выгодным типом модуляции. Приемники, принимающие QPSK-сигналы, могут успешно работать при отношении сигнал/шум только 8-10 дБ. Недостатком данного типа модуляции является относительно низкая спектральная эффективность, хотя и она не менее, чем в четыре раза больше, чем для аналоговой частотной модуляции.

Многоуровневая QAM (64 QAM, 256 QAM) и COFDM обладают гораздо более высокой спектральной эффективностью, но требуют намного большего отношения сигнал/шум (30 дБ для 256 QAM), или большого отношения пиковой мощности к средней (PAR) для передатчиков с COFDM. Это



потребуется значительно большей мощности передатчиков для покрытия той же зоны обслуживания. Кроме того, типы модуляции QPSK и QAM сильно подвержены влиянию "многолучевости" режима распространения.

Сигналы же, модулированные COFDM, обладают высокой устойчивостью против "многолучевости". Этот тип модуляции специально разработан для наземного телевизионного вещания (соответственно стандарту DVB-T).

Метод модуляции QAM хорошо подходит для кабельных сетей, т.к. в них легко достигается необходимое отношение сигнал/шум, и они не подвержены "многолучевости" (стандарт DVB-C).

В зависимости от режима распространения, характерного для зоны обслуживания, и размеров зоны обслуживания, выбираем соответствующий тип модуляции. Так для получения большого радиуса зоны обслуживания при соблюдении режима "прямой видимости" ("многолучевостью" можно пренебречь) следует применить QPSK (стандарт DVB-S). Если система работает гарантированно без отражений, размер зоны обслуживания относительно невелик, а требования к спектральной эффективности высокие, то необходимо применить многоуровневую QAM. Если избежать "многолучевого" режима невозможно, следует применить модуляцию COFDM (по стандарту DVB-T).

## Практические типы телерадиоинформационных систем

В настоящее время в Украине есть предпосылки для развития двух типов телерадиоинформационных систем:

1. На основе MMDS.
2. На основе МИТРС.

Система вещания MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service) была создана в США как беспроводной аналог кабельных сетей и получила название "кабельное ТВ без кабеля". В данной вещательной системе сигналы изображения и звука передавались так же, как это делается в обычном эфирном телевидении, т.е. сигнал изображения передавался на своей несущей с амплитудной модуляцией, а сигнал звукового сопровождения - также на своей несущей с частотной модуляцией. Каждый канал при передаче сигналов PAL занимал полосу до 6 МГц. Это давало возможность в полосе 2,5-2,7 ГГц организовать передачу до 30-ти телевизионных каналов. Абонентская станция представляет собой антенну и понижающий конвертор, который переносит спектр многоканального сигнала в диапазон ДМВ для приема на обычный телевизионный приемник. Безусловное достоинство MMDS - простота и невысокая стоимость абонентской станции. Недостаток же состоит в том, что для передачи сигнала изображения с амплитудной модуляцией требуется большое отношение сигнал/шум (минимальное значение 43 дБ), что влечет за собой заметное возрастание мощности передатчика. Кроме того, этот передатчик должен обеспечивать высокую линейность амплитудной характеристики и, по этой причине, работает с низким КПД.

При переходе к цифровому вещанию высокая линейность, свойственная передатчикам MMDS оказалась очень полезной, т.к. позволила без всяких переделок передавать сигналы с модуляцией типа многоуровневой QAM и COFDM. Таким образом, путем замены только каналообразующего оборудования можно преобразовать аналоговую систему MMDS в цифровую. Эту трансформацию можно проследить по структурным схемам (рис. 1, рис. 2).

На рис. 1 показана упрощенная структурная схема аналоговой системы MMDS. Усилитель мощности должен работать в режиме класса А с низким



Рисунок 1. Структурная схема аналоговой MMDS

КПД (~10 % для оконечных каскадов). Несколько повысить КПД можно путем внесения предискажений. Предыскажения направлены на предкоррекцию огибающей, а также компенсацию дифференциальной фазы и дифференциального усиления. Для примера, в системе может быть объединено до 25 шт. передатчиков MMDS мощностью 15-20 Вт для передачи 25 каналов аналогового ТВ. При использовании на приемной стороне антенн с большим коэффициентом усиления радиус зоны обслуживания такой системы до 50 км. Наиболее популярным является диапазон промежуточных частот 662-848 МГц для размещения 25 каналов с шагом 8 МГц. Полоса частот, занимаемая в микроволновом диапазоне MMDS от 2500 до 2680 МГц, составляет 186 МГц. Наиболее распространенной для абонентских приемников является частота гетеродина 1838 МГц, которая позволяет получить желаемые промежуточные частоты.

## Построение передающих станций цифровых систем MMDS

При построении цифровых вещательных систем MMDS можно воспользоваться каналообразующим оборудованием, формирующим групповые многоканальные сигналы стандарта DVB-C.

Сигналы стандарта DVB-C могут быть получены следующим образом (см. рис.2). С выходов восьмиканальных DVB-серверов производства ООО "Криптон" сигналы в диапазоне L (900-1700 МГц), имеющие формат DVB-S поступают на базовый блок трансмодуляторов. В этом блоке производится трансмодуляция (изменение типа модуляции и частоты несущей) сигналов из стандарта DVB-S в сигналы стандарта DVB-C (QAM), а также регулировка уровней отдельных каналов и их суммирование в групповой многоканальный сигнал. Этот сигнал уже готов для передачи в кабельную сеть.

Рисунок 2. Структурная схема передающей станции цифровой системы MMDS (Вариант DVB - C)

Операторы кабельных сетей могут использовать такой комплект оборудования без каких-либо изменений в своих целях.

Для передачи данного группового сигнала системой MMDS необходимо перенести его спектр, вверх по частоте в диапазон 2,5-2,7 ГГц. Операции по преобразованию частоты и усилению по мощности осуществляются в блоке передатчика, который располагается вблизи передающей антенны.

Тот факт, что сигналы, используемые в кабельных сетях и в передающей системе MMDS, имеют один и тот же формат, существенно облегчают взаимодействие этих систем между собой. Так сигнал системы MMDS, принятый абонентским конвертором, может быть без дополнительной обработки введен в любую кабельную сеть. При этом система адресного кодирования может быть сквозной, то есть сигналы, скремблированные передающей системой MMDS, сохраняют адресное кодирование и при их трансляции в кабельных сетях, если они приняты абонентскими конверторами MMDS и введены в кабельные сети без обработки. Для того, чтобы подать сигнал, принятый из эфирной системы, в кабельную сеть, достаточно принятый сигнал усилить и просуммировать с существующими сигналами КТВ. Для просмотра каналов абонентам сетей КТВ достаточно иметь тюнер DVB-C.

Недостаток данной цифровой системы MMDS состоит в том, что для уверенного приема требуется жесткое соблюдение режима "прямой видимости" между каждым из абонентских приемных комплектов и центральной станцией. Это не всегда возможно. Для тех случаев, когда полностью избежать отражений невозможно, предлагается второй вариант цифровой вещательной системы MMDS на основе модуляторов DVB-T...

Ксензенко П. Я.,  
Химич П. Я.

Продолжение в следующем номере...