

Николай Фокин, Евгений Сычевский
 Департамент цифрового телерадиовещания компании SYRUS SYSTEMS

Система доставки контента в миллиметровом диапазоне волн

Особенности системной интеграции проекта

В настоящее время в нашей стране активно развиваются широкополосные интерактивные сети на базе технологии IP и других современных стандартов передачи данных. Практически в каждом крупном городе такие сети уже развернуты и кроме телеканалов высокого качества предлагают потребителям еще и разнообразные дополнительные услуги.

В то же время в России активно развиваются и беспроводные системы телевидения и радиовещания. Идет реализация программы перевода федеральной сети телерадиовещания на стандарт цифрового эфирного вещания DVB-T, прорабатываются вопросы внедрения стандарта цифрового радиовещания DRM, в некоторых регионах развернуты коммерческие сети цифрового эфирного телевидения. В данной статье речь пойдет о беспроводной системе доставки контента в уникальном диапазоне частот выше 40 ГГц, которая уже несколько лет успешно эксплуатируется в Люберецком районе Московской области.

При создании современных систем доставки контента необходимым может оказаться применение беспроводных линий связи. При этом важно, чтобы обеспечивались достаточно высокая пропускная способность, относительно низкая стоимость создания системы и упрощенный порядок ее формализации. Такие возможности появляются при использовании радиолиний прямой видимости, работающих в миллиметровом диапазоне волн.

Достоинствами миллиметрового диапазона являются очень высокая информационная пропускная способность каналов связи (широкие полосы сигнала) и квазиоптическая форма распространения излучения, при которой отсутствуют интерференция и связанные с ней помехи, характерные для передачи сигналов в атмосфере в более низкочастотных диапазонах спектра электромагнитного излучения.

Вместе с тем известно [1], что в миллиметровом диапазоне заметно возрастает затухание сигнала при его распростране-

нии в атмосфере в связи с поглощением электромагнитного излучения молекулами кислорода и воды и его рассеянием на гидрометеорах атмосферы (каплях дождя, тумана и т.п.). Однако в спектре поглощения существуют так называемые «окна прозрачности», где поглощение излучения достаточно мало. В частности, они находятся в районах 40-50 и 70-110 ГГц, где молекулярное поглощение, соответственно, не превышает 0,06-0,121 дБ/км. Что касается потерь на рассеяние на

Применение таких РЭС осуществляется без оформления разрешений на использование радиочастот или радиочастотных каналов при сохранении требований по их регистрации и сертификации аппаратуры

гидрометеорах атмосферы, наибольшие потери излучение миллиметрового диапазона претерпевает при его распространении в дожде, причем они растут по мере увеличения его интенсивности. Снег, смог и пыль сказываются существенно меньше и практически могут не учитываться при ориентировочных расчетах энергетики линии. Потери также зависят от частоты излучения и на частоте 90 ГГц при сильном дожде (более 10 мм в час) могут достигать 10 дБ/км. К счастью, дожди такой интенсивности достаточно редки и кратковременны.

Особенности распространения миллиметровых волн в атмосфере и распределение осадков хорошо изучены. Имеются специальные карты, определяющие районирование вероятности дождей различной интенсивности, на основе которых можно рассчитать коэффициент готовности системы при применении ее в

той или иной местности. Ясно, что потери сигнала на трассе распространения могут быть скомпенсированы путем выбора соответствующих значений эквивалентной изотропно излучаемой мощности (ЭИИМ) передатчика и добротности (G/T) приемной системы.

В настоящее время на рынке имеются антенны, передатчики и приемники (в том числе отечественные), надежно и с хорошими параметрами работающие в миллиметровом диапазоне длин волн. Это пре-

доопределило востребованность полос радиочастот 40,5-43,5 и 71-76/81-86 ГГц, выделенных Международным союзом электросвязи для организации фиксированного беспроводного доступа, для создания соединительных линий различного назначения, сетей многопрограммного телевидения, телефонной связи и организации каналов передачи данных, то есть для реализации широкого набора услуг, объединенных под общим названием Triple Play. Учитывая эти обстоятельства, ГКРЧ приняла ряд решений, направленных на упрощение процедуры выделения полос радиочастот 40,5-43,5 и 71-76/81-86 ГГц для использования радиоэлектронными средствами (РЭС) фиксированного беспроводного доступа гражданского назначения [2]. В соответствии с этими решениями применение таких РЭС осуществляется без оформления разрешений на использование радиочастот

или радиочастотных каналов при сохранении требований по их регистрации и сертификации аппаратуры.

Таким образом, в настоящее время объективно имеются все условия для широкого использования РЭС миллиметрового диапазона в сетях связи различного назначения.

Помимо большой пропускной способности каналов связи, обусловленной высоким значением несущей частоты, и отсутствием интерференционных помех от рядом работающих радиосредств за счет использования сверхузких диаграмм направленности, системы связи миллиметрового диапазона отличаются малыми размерами антенн и относительно небольшим энергопотреблением.

Радиус действия систем связи миллиметрового диапазона, как и спутниковых линий связи, рассчитывается по известной «формуле дальности», приведенной в [3]. Пользуясь ею, можно убедиться, что дальность трассы в диапазоне 42 ГГц при разрешенной ГКРЧ мощности передатчика (не более -15 дБВт на 1 МГц полосы) и максимальной ЭИИМ (35 дБВт в полосе 1 МГц) и при коэффициенте готовности 99,9% может быть не менее 12 км в климатической зоне средней полосы России даже в условиях сильного дождя, туманов и снегопада.

Существующие усилители мощности передатчиков миллиметрового диапазона работают в режиме насыщения, поэтому в системе должны применяться фазовые методы модуляции, предусмотренные, в частности, стандартами цифрового телевидения DVB-S и DVB-S2 [4].

Еще в 2005 году компания SYRUS SYSTEMS по заказу муниципальных властей г. Люберцы Московской области в кооперации с рядом предприятий построила систему распределения многоканального телевидения, работающую в диапазоне 40,5-42,5 ГГц. В таблицах 1 и 2 приведена информация об участниках этого проекта и его основные технические характеристики.

В таблице 3 приведено сравнение действующей системы телевидения в миллиметровом диапазоне волн в варианте с аналоговыми выходами с одной из самых бюджетных и популярных в настоящее время в РФ систем многопрограммного телевидения.

Как видно из таблицы 3, абонентская плата в обеих системах приблизительно одинаковая, но абоненты спутниковой системы получают большее количество программ и дополнительные сервисы, самым полезным из которых является EPG.

Таблица 1. Участники проекта

1	Заказчик системы	МУП «ЛГЖТ», Московская область, г. Люберцы	
2	Системный интегратор проекта	SYRUS SYSTEMS	www.syrus.ru
3	Разработчик проектной документации	НТЦ «Связь-Радио-Телевидение» (Россия)	www.srtv.ru
4	Производитель головного оборудования на центральной станции	Приёмники-декриптеры, приёмники-декодеры, ремультимплексеры SCOPUS/HARMONIC (США)	www.harmonicinc.com
5	Производитель трансмодуляторов DVB-S/DVB-C	IKUSI (Испания)	www.ikusi.es
6	Производитель головного оборудования (многоканальная станция для локальных кабельных сетей)	ПЛАНАР (Россия)	www.planar.chel.ru
7	Производитель передающего и приёмного оборудования диапазона 40/43 ГГц, антенного оборудования	ЗАО «ДОК» (Россия)	www.dokltd.ru

Таблица 2. Технические характеристики проекта, реализованного в Московской области

1	Тип исходного контента	Пакеты программ стандарта DVB-S с различных ИСЗ, местный телеканал в формате MPEG-2/SD
2	Технология компрессии	MPEG-2/SD
3	Топология сети	Секторное вещание от центральной станции к периферийным станциям
4	Стандарт передачи информации по линии «центральная станция — периферийные станции»	DVB-S
5	Тип передающих антенн на центральной станции	Секторная рупорная антенна, диаграмма 90x10o
6	Тип приёмных антенн на периферийных станциях	Узконаправленная антенна Кассегрена диаметром 300 мм, диаграмма 2°
7	Диапазон частот на линии «центральная станция — периферийные станции»	40,5-42,5 ГГц
8	Мощность передатчика «центральная станция — периферийные станции»	22 дБм/ 150 мВт
9	Максимальная скорость цифрового потока, Мбит/с	38 Мбит/с
10	Максимальная дальность трассы центральная — периферийная станции	9 км
11	Количество периферийных станций	27
12	Вариант 1. Аналоговый способ доведения контента до абонентов / Количество аналоговых каналов в локальных кабельных сетях	По локальным кабельным сетям без цифрового абонентского приёмника-приставки / 24 программы
13	Вариант 2. Цифровой вариант доведения контента до абонентов / Количество цифровых пакетов в стандарте DVB-C в локальных кабельных сетях	Цифровой пакет (стандарт DVB-C) по локальным кабельным сетям / 1 пакет
14	Наличие системы условного доступа (CAS)	Отсутствует
15	Характер местности в зоне покрытия	Жилая и промышленная застройки, железнодорожные пути, дороги

Таблица 3. Сравнение с системой спутникового телевидения

№ пп	Параметр	Система доставки контента в миллиметровом диапазоне волн	Система непосредственного цифрового спутникового ТВ-вещания (пакет «Оптимум»)
1	Абонентская плата в месяц, руб.	55	50
2	Кол-во каналов	24	39
3	Состав приёмного абонентского оборудования	Аналоговый телевизор	Абонентская цифровая приставка DVB-S, спутниковая антенная система, кабель, аналоговый телевизор
4	Стоимость приёмного абонентского оборудования	Стоимость аналогового телевизора	6-9 тыс. руб. + стоимость аналогового телевизора
5	Ограничения в установке приёмного оборудования	Нет	Имеются, необходимо наличие возможности по установке антенны (выход окон на южную сторону в случае многоквартирных домов и пр.)
6	Наличие дополнительных сервисов	Нет	Имеются (электронная программ передач (EPG), рассылка текстовых сообщений и др.)



Рис. 1. Укрупненная структурная схема центральной станции формирования пакетов программ

Увеличение количества принимаемых телепрограмм в системе доставки контента в миллиметровом диапазоне волн также возможно, но при использовании абонентских приёмников-приставок стандарта DVB-C без увеличения абонентской платы.

Если сравнивать систему, развернутую в Люберцах, по набору предоставляемых сервисов с существующими мультисервисными интерактивными системами (решения IPTV или решения на базе технологии DVB-C/DVB-RCC или DOCSIS), которые активно развиваются в настоящее время, предпочтение

Созданная в Люберцах система уже пять лет устойчиво работает при существующих погодных условиях. Она стала своеобразной опытной зоной, позволившей поставщикам аппаратуры в реальных условиях эксплуатации отработать и усовершенствовать приемно-передающую аппаратуру указанного диапазона. Параллельно была разработана и предлагается к применению приемно-передающая аппаратура, работающая в двух диапазонах — 40,5-42,5 и 71-76/ 81-86 ГГц, на базе которой можно строить полнодуплексные системы передачи информации миллиметрового диапазона.

• Радиолинии передачи сигналов цифрового телевидения от центральной станции зоны на периферийные радиопередающие станции синхронной сети, действующие либо автономно, либо в комбинации с уже существующими волоконно-оптическими линиями связи (линии привязки).

Система распределения пакетов программ цифрового телевидения может работать как в варианте многоточечного (сотового) распределения сигналов в зоне обслуживания, так и в варианте «точка-точка»

Система распределения пакетов программ цифрового телевидения может работать как в варианте многоточечного (сотового) распределения сигналов в зоне обслуживания, так и в варианте «точка-точка». Техническое решение для этой системы распределения пакетов программ цифрового телевидения иллюстрируется двумя структурными схемами: рис. 1 — для центральной станции, рис. 2 — для периферийной.

следует отдать последним, так как они предоставляют подписчикам существенно большее количество каналов, а также различные популярные дополнительные сервисы (высокоскоростной интернет, онлайн-игры, доступ к базам данных и др.). Такой набор сервисов в люберецкой системе возможен только при ее доработке.

Несомненным достоинством реализованной в Московской области системы является следующее: абоненту, чтобы получать программы в аналоговом формате при достаточно хорошем качестве, не надо покупать никакого дополнительного оборудования. В случае желания принимать пакеты программ в цифровом формате ему необходимо приобрести цифровую приставку стандарта DVB-C или телевизор с поддержкой этого цифрового стандарта вещания.

Опыт создания и эксплуатации системы в г. Люберцы и наличие на рынке сертифицированной приемно-передающей аппаратуры позволили компании SYRUS SYSTEMS разработать аванпроекты новых систем беспроводного доступа миллиметрового диапазона:

- Системы распределения пакетов программ цифрового телевидения, обеспечивающие доставку телевизионных программ стандартного и высокого качества, в том числе всех мультимплексов, предусмотренных федеральной целевой программой «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2015 годы», в различных форматах — аналоговом, кабельном (DVB-C), эфирном (DVB-T), спутниковом (DVB-S) — в зависимости от предпочтений пользователей и возможностей операторов.

На схеме рис. 1 пакеты программ, сформированные соответствующими мультимплексами, поступают по интерфейсу ASI на оборудование канального кодирования и модуляции в стандарте DVB-S(S2), с ВЧ-выходов которых каждый в полосе 39 МГц на своей несущей направляется на передатчик центральной станции, где переносится на группу несущих в диапазоне 40,5-42,5 ГГц, усиливается и излучается через рупорную антенну с секторной диаграммой в направлении приемников периферийных станций.

На периферийной станции (рис. 2) сигналы принимаются зеркальной антенной, переносятся в L-диапазон и через делитель распределяются на:

- приемники-декодеры DVB-S(S2) с аналоговыми ВЧ-выходами;
- трансмодуляторы DVB-S(S2)/DVB-C;
- трансмодуляторы DVB-S(S2)/DVB-T.

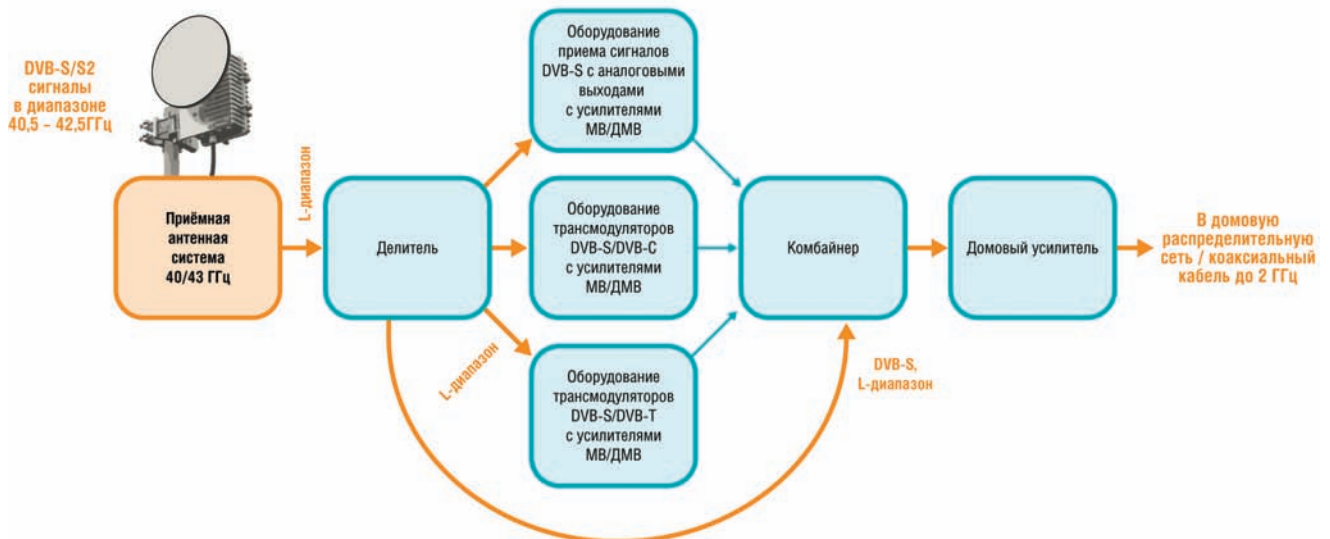


Рис. 2. Увеличенная структурная схема периферийной станции

После декодирования и трансмодуляции пакеты программ в форматах DVB-C и DVB-T и отдельные программы в аналоговом виде каждый (ая) на своей несущей, соответствующей специальному кабельному, III, IV и V телевизионным диапазонам, направляется в комбайнер и далее через магистральный усилитель — в домовую кабельную сеть для

минимальных затрат на оборудование коллективного приема, но требует наличия у пользователей приставок (или компьютеров с PCI-картами) DVB-S/ (S2). Необходимо учесть, что этот вариант подачи программ конечным пользователям (так же, как и варианты с использованием трансмодуляторов) требует большего запаса по отношению сигнал/

определяется числом трансмодуляторов.

В связи с тем, что в России в рамках реализации Федеральной целевой программы перехода на цифровое телевидение в ближайшее время будет ограничен ввоз телевизоров без поддержки стандарта MPEG-4/DVB-T, специалистами SYRUS SYSTEMS проводятся исследования по трансмодуляции сигналов стандарта DVB-S в DVB-T на периферийных станциях, чтобы не использовать дополнительные кабельные приставки, а применять либо приставки стандарта цифрового эфирного телевидения, либо цифровые телевизоры MPEG-4/DVB-T. К сожалению, из-за нелинейности передатчиков миллиметрового диапазона волн нет возможности применять стандарт DVB-T во всем тракте передачи, однако вариант трансмодуляции DVB-S в DVB-T может оказаться перспективным при полномасштабном развертывании цифрового эфирного телевидения.

Система в плане набора форматов может развиваться поэтапно по мере формирования количества пользователей и их потребностей в тех или иных

Описываемая схема позволяет обеспечить распределение телевизионных, радио- и мультимедийных сигналов в соответствии с предпочтениями оператора и пользователей системы в различных форматах (аналоговом, DVB-C, DVB-T и DVB-S)

доставки в квартиры пользователей. Часть или все принятые приемником пакеты на частотах L-диапазона после делителя направляются в комбайнер напрямую и далее — конечным пользователям в формате DVB-S(S2).

Описываемая схема позволяет обеспечить распределение телевизионных, радио- и мультимедийных сигналов в соответствии с предпочтениями оператора системы и в тех форматах (аналоговом, DVB-C, DVB-T и DVB-S), которые могут быть востребованы пользователями, находящимися в зоне вещания системы. Программы в аналоговом формате могут приниматься на существующие аналоговые телевизоры, и этот вариант при его реализации не потребует никаких дополнительных расходов от пользователя, количество получаемых программ будет ограничено числом приемников-декодеров с аналоговыми выходами.

Напротив, прием в формате DVB-S/S2 обеспечивает наибольшие возможности для пользователя в плане доступа к ТВ-программам и услугам связи, предлагаемым в данной системе, при

шум по сравнению с вариантом с аналоговыми выходами из-за отсутствия обработки этих сигналов непосредственно на периферийной станции, то есть может быть реализован между центральной и периферийной станциями при меньших расстояниях.

Прием в формате DVB-C может оказаться предпочтительным в силу того, что приставки DVB-C в настоящее время — самые доступные по цене из всех цифровых приставок.

Применение формата DVB-S2 вместо DVB-S обеспечит примерно на 30% большую спектральную эффективность системы при одинаковой энергетической эффективности, то есть количество передаваемых мультимплексов может быть доведено до 100

При трансмодуляции в формат DVB-T пользователь может совместить прием программ, распределяемых через описываемую систему, с приемом непосредственно из эфира на имеющуюся у него приставку DVB-T. Количество мультимплексов, передаваемых при трансмодуляции в DVB-C и DVB-T,

форматах вещания; при проектировании важно выбрать тот частотный план в сети распределения и такие характеристики аппаратуры, которые обеспечат развитие сети без переделки уже сделанного.

Максимальное количество частотных каналов (мультимплексов), которое



Рис. 3. Укрупненная структурная схема линии привязки в диапазоне 40,5-42,5

может обеспечить система распределения в диапазоне 40,5-42,5 ГГц, равно 73. В каждом мультиплексе может передаваться от 10 (для кодирования по MPEG-2) до 15 (для кодирования по MPEG-4) телевизионных программ стандартного качества. Следует отметить, что применение формата DVB-S2 вместо DVB-S обеспечит примерно на 30% большую спектральную эффективность системы при одинаковой энергетической эффективности, то есть количество передаваемых мультиплексов может быть доведено до 100.

Система может быть расширена до обеспечения передачи IP-трафика и организации обратного канала. Для этого на центральной станции необходимо

Данная система может быть использована для аналогичных способов доставки контента и в других населенных пунктах как в Московской области, так и в других регионах нашей страны

установить инкапсуляторы IP — MPEG, а на периферийных — приемники с IP-выходами. Для организации обратного канала передатчик центральной станции и приемники периферийных станций должны быть заменены на приемопередатчики, работающие в режиме полного дуплекса на двух парах частот из диапазонов 40,5-43,5 и 71-76/81-86 ГГц; при этом обратный канал должен быть построен в соответствии с требованиями стандарта DVB-RCS. Однако в настоящее время приемопередатчики с секторными диаграммами отсутствуют, реализовать обратный канал пока можно только по схеме «точка-точка» на базе полнодуплексных радиомостов миллиметрового диапазона, что при большом количестве периферийных станций конструктивно сложнее и относительно дорого.

На рис. 3 приведена структурная схема линий привязки в диапазоне 40,5-42,5 ГГц, которые можно применить для присоединения телевизионных передатчиков цифровой синхронной

сети к точкам доступа волоконно-оптической сети общего пользования, имеющейся на территории зоны телевизионного обслуживания. Такие линии могут быть востребованы при реализации федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2015 годы» в тех регионах России, где имеются достаточно развитые волоконно-оптические сети общего пользования, но их точки доступа не совпадают с местами расположения передатчиков. Их пропускной способности заведомо достаточно для передачи всего мыслимого количества мультиплексов, подаваемых на передатчики, включая сигналы управления и MIP-пакеты,

необходимые для обеспечения работоспособности синхронных сетей. Они реализуются на базе использования симплексного радиомоста.

Описанные в данной статье система распределения цифрового телевидения и линия привязки миллиметрового диапазона обеспечены серийно выпускаемой отечественной и зарубежной аппаратурой, имеющей необходимые сертификаты. Аппаратура имеет интерфейсы для централизованного управления и контроля по протоколу SNMP.

Все антенное, передающее и приемное оборудование миллиметрового диапазона волн является российским. В проекте также используется недорогое и надежное оборудование для локальных кабельных сетей от челябинской компании «Планар».

Данная система может быть использована для аналогичных способов доставки контента и в других населенных пунктах как в Московской области, так и в других регионах нашей страны. В целом ряде городов и населенных

пунктов России у операторов могут возникнуть проблемы с прокладкой кабельных линий связи. Это может быть связано с тем, что населенный пункт поделен на части железнодорожным полотном или широкой автомагистралью, имеющимися режимными объектами, через которые затруднена или вовсе невозможна прокладка кабеля, завышенными финансовыми требованиями собственников кабельной инфраструктуры по её аренде и пр. Применение беспроводной системы доставки контента позволяет решить эти типичные проблемы.

За время реализации люберецкого проекта сложилась высокопрофессиональная кооперация исполнителей: поставщиков различного оборудования, компаний-разработчиков проекта, инсталляторов и др. Это позволяет с оптимизмом смотреть на возможность реализации подобной системы и в других регионах.

Перспективными направлениями развития описанной системы являются работы по применению трансмодуляторов DVB-S/DVB-T, организации канала с IP-трафиком и реализация интерактивности. Трансмодуляция в стандарт цифрового наземного вещания необходима для обеспечения совместимости с современным парком цифровых телевизоров стандарта DVB-T, а внедрение технологии IP и интерактивных сервисов существенно повысят привлекательность данной системы для населения. ■

Источники:

1. М.П. Долуханов «Распространение радиоволн», издательство «Связь», 1965.
2. Спутниковая связь и вещание: справочник / Под ред. Л.Я. Кантора. М.: «Радио и связь», 1997.
3. Материалы решений ГКРЧ (от 26.02.2008 и 15.07.2010).
4. Стандарты ETSI (EN 300 421, EN 302 307, EN 301 790).
5. www.dokltd.ru