

О возможности диверсификации радиоканала наземного цифрового телевидения

В ноябре 2011 года на саммите «Будущее телевидения» (Future of Broadcasting TV Summit) в Шанхае была подписана Декларация о совместной международной деятельности в области дальнейшего развития цифрового телерадиовещания (ТРВ). По мнению участников саммита, основными задачами в данной области являются: разработка требований к будущей системе наземного вещания; изучение возможности создания единого стандарта наземного телевизионного (ТВ) и звукового вещания (ЗВ); содействие глобальному обмену цифровыми технологиями и программами ТРВ с целью экономии ресурсов; изучение возможности их совместной передачи по единой радиосети. Позже данная декларация была поддержана международным союзом электросвязи ИТУ

Виктор Горегляд

Юрий Ковалгин

Сергей Мышьянов

Сергей Соколов

В настоящее время существует большое число стандартов наземного цифрового телерадиовещания. Но все-таки наиболее активно продвигаются две платформы цифровых технологий, одна из которых — Европой (DVB, DAB, DRM), вторая — США (ATSC, IBOC HD Radio AM, IBOC HD Radio FM). Все эти системы имеют общие технологические особенности. К их числу, прежде всего, относятся: компрессия цифровых видео- и аудиоданных, высокоэффективные

алгоритмы защиты от цифровых ошибок (канальное кодирование, перемежение битов, перемежение QAM-ячеек); цифровые методы модуляции (PSK, QAM, COFDM/QPSK, COFDM/QAM); стереофонические системы повышенного качества звучания форматов 2/0, 3/2, 5.1. Используемые здесь технологии часто отличаются лишь отдельными деталями, но именно различия в деталях приводят к излишним затратам при реализации глобальных сетей доставки программ телевидения и радиовещания до населения, создают дополнительные проблемы использования радиочастотного ресурса в регионах мира (Европа, Азия, Америка), затрудняют технологические направления развития будущего эфирного вещания. Все это требует более тщательного изучения современных стандар-

тов цифрового телевидения (ТВ) и звукового вещания (ЗВ) с целью их последующей гармонизации и разработки единого стандарта на систему вещания. Уже сегодня наблюдается постепенная интеграция цифровых платформ телевидения, радиовещания, кинематографа, звукозаписи и систем воспроизведения видео- и аудиоинформации.

Напомним, что Россия выбрала европейскую платформу цифрового телерадиовещания, а это системы DVB, DAB и DRM. Учитывая сложившуюся в России ситуацию в области цифрового телевидения, обусловленную переходом к новой версии стандарта DVB-T2, занятость другими службами частотного диапазона 174–230 МГц, выделенного ИТУ-R для системы DAB, сложную обстановку, связанную с переходом на цифровое ЗВ в диапазоне метровых волн (где, как известно, применяются высококачественные аналоговые системы стереофонического РВ и используется современное и высокоэффективное приемопередающее оборудование), наиболее разумным шагом, позволяющим ускорить внедрение цифрового ЗВ в России, является диверсификация радиоканала наземного телевидения, имеющего, как известно, полосу частот, равную 8 МГц. Важно, что европейская платформа цифровых технологий позволяет использовать этот радиоканал для совместной передачи программ ТВ и ЗВ, способного обеспечить как стационарный, так и мобильный их прием.

Исследования в области построения совмещенных (интегрированных) трактов доставки программ телерадиовещания (ТРВ) через общий радиоканал на базе использования технологий DVB-T2, DAB+ и DRM+ важны для практики. Они соответствуют работам, проводимым ИТУ-R в данной области, их результаты могут быть положены в основу при модернизации существующих вещательных сетей.

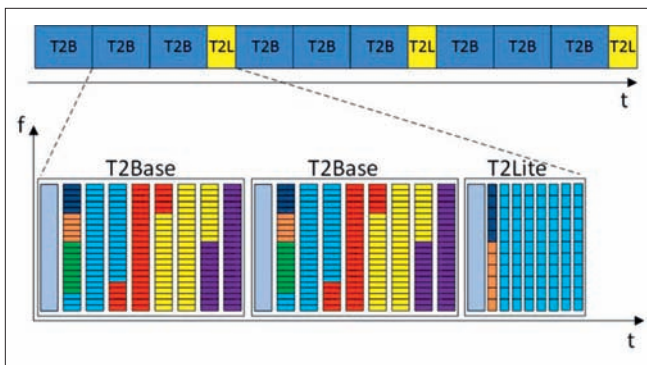


Рисунок 1 Структура данных цифрового потока T2 Base + T2 Lite

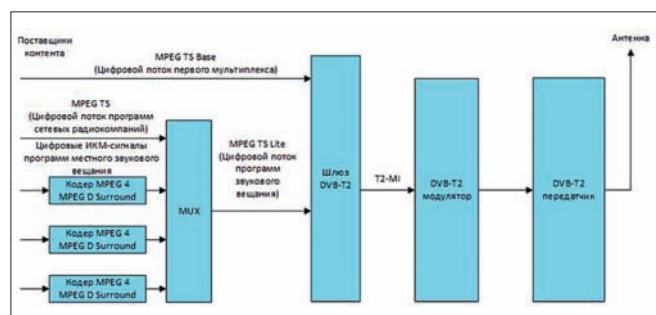


Рисунок 2 Передача программ телевидения и звукового вещания через общий радиоканал тракта вторичного распределения программ на основе технологии DVB-T2 с использованием стандартного оборудования

В принципе возможно несколько подходов при диверсификации радиоканалов доставки программ телевидения и звукового вещания до зрителей и слушателей на базе упомянутых выше европейских цифровых стандартов TRP.

Можно весь блок несущих частот радиоканала использовать для совместной передачи как программ ТВ, так и ЗВ, используя для этой цели только возможности стандарта DVB-T2, это во-первых. Во-вторых, можно всю полосу частот радиоканала шириной 8 МГц разделить на две неравные по ширине спектральные зоны (части), одну из которых использовать для передачи только программ телевидения, а другую, меньшую, часть — для передачи программ звукового вещания. При этом приемник должен иметь возможность эти программы принимать раздельно. В этом последнем случае сигналы ТВ и ЗВ, имеющие разные цифровые форматы, передаются через общий радиоканал. Каждый из этих двух способов может иметь, как это будет показано ниже, несколько вариантов реализации с использованием стандартного оборудования систем DVB-T2[1], DAB+[2, 3] или DRM+ [4, 5].

Рассмотрению возможностей реализации данных идей и посвящена настоящая работа.

Идея первая

Переход от DVB-T к первой версии стандарта DVB-T2 решил задачу совмещения передачи разных услуг, к тому же разного качества, в одном радиоканале, но не решил проблему мобильного приема программ ТВ и ЗВ. Совместить в одном канале сервисы, предполагающие как стационарный, так и мобильный прием в рамках DVB-T2, стало возможным только после введения новой версии стандарта ETSI EN 302 755 v.1.3.1 от 01.04.2012 года, в котором пред-

усмотрено разделение передаваемых данных на два профиля: DVB-T2 Base и DVB-T2 Lite ([1], Annex I).

Базовый профиль (Base) — это привычный DVB-T2, кадры которого формируются в соответствии со всеми правилами предыдущей версии стандарта. Lite — это новый профиль, позволяющий за счет ряда упрощений базовой версии, обеспечить лучшие условия для мобильного приема программ ТВ и ЗВ при их передаче через общий радиоканал.

Наиболее разумным шагом, позволяющим ускорить внедрение цифрового ЗВ в России, является диверсификация радиоканала наземного телевидения, имеющего, как известно, полосу частот, равную 8 МГц. Важно, что европейская платформа цифровых технологий позволяет использовать этот радиоканал для совместной передачи программ ТВ и ЗВ, способного обеспечить как стационарный, так и мобильный их прием

Важно отметить, что при переходе в DVB-T2 к модели вещания с двумя профилями Base и Lite сохраняется преемственность с действующим оборудованием, при этом соответственно вся развернутая вещательная инфраструктура сохраняется.

Профиль DVB-T2 Lite реализован на основе использования концепции кадров перспективного расширения (FEF — Future Extension Frames), изначально заложенных в стандарт DVB-T2.

При передаче в одном радиоканале программ, предназначенных для мобильного и стационарного приема, формируемые кадры данных выглядят следующим образом (рис. 1):

- сервисы, предполагающие стационарный прием, передаются в кадрах T2 Base с соответствующими параметрами размерности FFT, модуляции несущих частот, канального кодирования и т.д.;
- мобильные сервисы передаются в кадрах T2 Lite с параметрами, допускающими мобильный прием.

Таким образом, кадры T2 Lite являются дополнительными вставка-

ми цифровых данных в существующий поток по сравнению с предыдущей версией стандарта. Информация о наличии/отсутствии кадров Lite в потоке и их параметрах передается в начале каждого суперкадра в символе P1. Приемник включается и декодирует только те кадры, которые ему необходимы, позволяя экономить ресурсы. Стационарный бытовой телевизионный приемник будет в данном случае игнорировать кадры профиля T2 Lite, а мобиль-

ный приемник будет включаться только во время передачи кадров T2 Lite.

На рис. 1 (нижняя часть) вертикальные столбики представляют собой полезные части OFDM-символов, разделенные защитными интервалами. Каждый прямоугольник в этих столбиках — это OFDM-ячейка, представляющая собой отрезок несущего колебания, начальная фаза и амплитуда которого определяются сочетанием битов в соответствующей ей QAM-ячейке. Цифровые данные программ распределяются здесь в кодированной последовательности по несущим частотам и по времени. Благодаря этому обеспечивается более высокая устойчивость к ошибкам.

Профиль DVB-T2 Lite имеет следующие отличия от базового варианта (DVB-T2 Base), что повышает эффективность системы при мобильном радиоприеме:

- канал PLP DVB-T2 Lite имеет максимальную скорость передачи цифровых данных 4 Мбит/с;
- ограничен размер FFT, исключены режимы 1К и 32К;

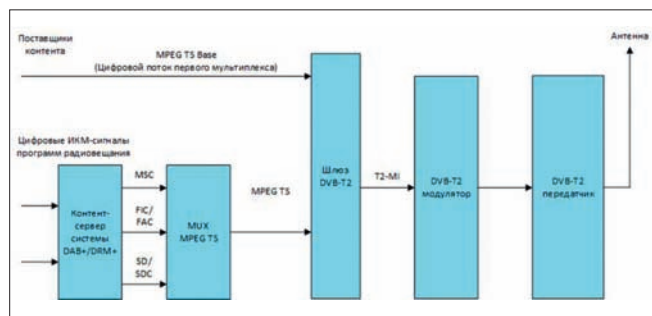


Рисунок 3 Передача программ телевидения и звукового вещания через общий радиоканал тракта вторичного распределения программ на основе технологии DVB-T2 с использованием стандартного оборудования

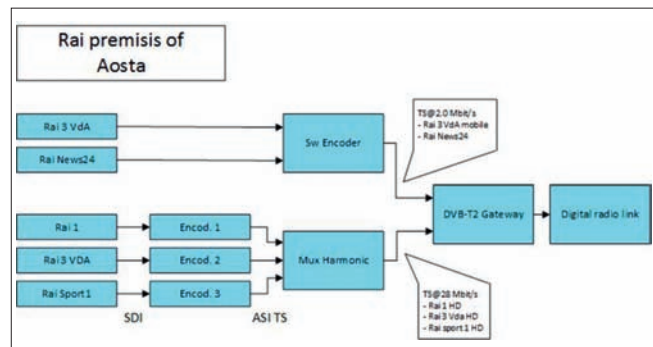


Рисунок 4 Укрупненная структура передачи в совмещенном радиоканале системы DVB-T2 программ телевидения и звукового вещания

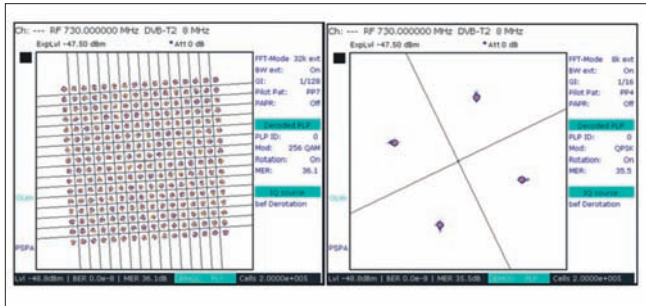


Рисунок 5 Повернутые сигнальные созвездия: а – модуляция 256-QAM; б – модуляция QPSK

– запрещено использование поворотного сигнального созвездия 256-QAM;

– допустимо использование только коротких FEC-кадров длиной 16200 бит;

– добавлены две более высокие скорости кода (1/3 и 2/5);

– ограничен размер блока временного перемежения;

– уменьшено число возможных комбинаций допустимых режимов работы;

– запрещено использование PP8.

Пример построения совмещенной системы распределения программ ТВ и ЗВ с использованием для их передачи только возможностей последней версии стандарта DVB-T2 [1] показан на рис. 2. Здесь цифровой поток MPEG TS базовой части (DVB-T2 Base) передает первый мультиплекс, обязательный к распространению по всей территории РФ. Напомним, что он имеет скорость цифрового потока не более 33–34 Мбит/с. Дополнительный цифровой поток MPEG TS DVB-T2 Lite может содержать данные программ мобильного телевидения или звукового вещания или те и другие данные одновременно.

Цифровые данные программ местного ЗВ после компрессии, выполняемой в коде стандартов MPEG-4 или MPEG D Surround, объединяются мультиплексором (MUX) транспортного потока MPEG TS с цифровым потоком программ сетевых радиостанций, формируемых в головном и (или) региональном центрах, и далее поступают на один из выходов шлюза DVB-T2 Gateway.

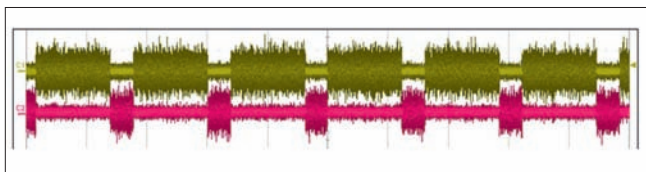


Рисунок 7 Радиосигнал в совмещенном радиоканале: верхняя осциллограмма – радиосигнал основного передатчика, нижняя осциллограмма – радиосигнал программ мобильного вещания

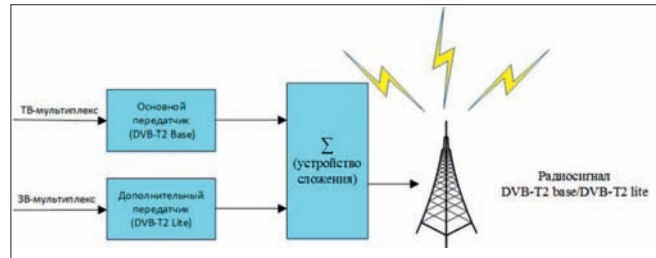


Рисунок 6 Применение двух отдельных передатчиков, работающих в совмещенном канале, для доставки программ ТВ и ЗВ для стационарного и мобильного радиоприема

На другой его вход поступает транспортный поток MPEG TS, содержащий цифровые данные первого мультиплекса. Шлюз DVB-T2 Gateway служит также и для инкапсуляции дополнительных данных в поток MPEG TS, необходимых для синхронизации передающих станций при работе в одночастотной сети, для управления конфигурацией модуляторов, для управления сетью в режиме “multi PLP”. Модулятор DVB-T2 получает информацию о конфигурации от шлюза DVB-T2 Gateway. Он выполняет мультиплексирование цифровых данных, получаемых от поставщиков контента, добавляет информацию для исправления ошибок, формирует кадры DVB-T2, осуществляет OFDM-модуляцию. Взаимодействие между шлюзом и модулятором осуществляется с помощью интерфейса T2-MI.

Напомним, что в системах DAB+ и DRM+ формирование основных цифровых потоков происходит в контент-сервере. В нем выполняется компрессия и мультиплексирование цифровых данных программ ЗВ, данных, сопутствующих программам ЗВ, мультимедиаданных, других цифровых данных. В конечном итоге в контент-сервере формируются три основных цифровых потока.

В системе DAB+, например, это цифровые потоки каналов пользователя MSC, быстрого доступа FIC и синхронизации SC. В отличие от этого в системе DRM+ – это каналы пользователя MSC, канал быстрого доступа FAC и канал описания пользовательской информации SDC. С учетом этого структурная схема передающей части интегрированного тракта вещания, предназначенного одновременно для доставки сигнала первого мультиплекса

(DVB-T2 Base) и программ сетевых, региональных и местных радиостанций (DVB-T2 Lite) на основе использования технологии DVB-T2, может иметь вид, представленный на рис. 3.

Представленная выше возможность диверсификации радиоканала наземного телевидения уже подтверждена экспериментальными исследованиями, выполненными в Италии. В эксперименте (рис. 4), проведенном в Италии, в общем радиоканале передавалось три программы телевидения высокой четкости HD в базовой конфигурации DVB-T2 Base и две программы звукового вещания в формате DVB-T2 Lite.

При этом в канале передачи программ телевидения (DVB-T2 Base) была принята следующая конфигурация: “повернутое” сигнальное созвездие модуляции 256-QAM (рис. 5а), скорость кода 3/4, скорость цифрового потока данных MPEG TS составляла здесь 28,2 Мбит/с, FFT – 32 К, защитный интервал 1/128 (28 мкс), пилот ячейки PP7. В канале мобильного вещания конфигурация (DVB-T2 Lite) имела следующий вид: “повернутое” сигнальное созвездие модуляции QPSK (рис. 5б); скорость кода 1/3 (максимальное значение скорости цифрового потока 1,6 Мбит/с), 1/2 (максимальное значение скорости цифрового потока 2,2 Мбит/с), 2/3 (максимальное значение скорости цифрового потока 3,3 Мбит/с); FFT – 8К, защитный интервал 1/32 (28 мкс), пилот ячейки PP4. Выбранная конфигурация обеспечивала уверенный прием программ телевидения в стационарном режиме, а также уверенный прием программ звукового вещания в автомобиле при скорости движения до 130 км/ч при работе передатчиков в одночастотной сети (SFN).

При построении таких совмещенных (интегрированных) трактов доставки программ ТВ и ЗВ на базе технологии DVB-T2 возможно также использование двух отдель-

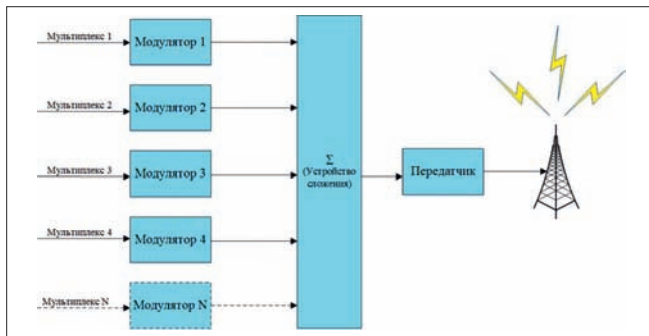


Рисунок 8 Структура передающего тракта распределения программ телевидения и звукового вещания

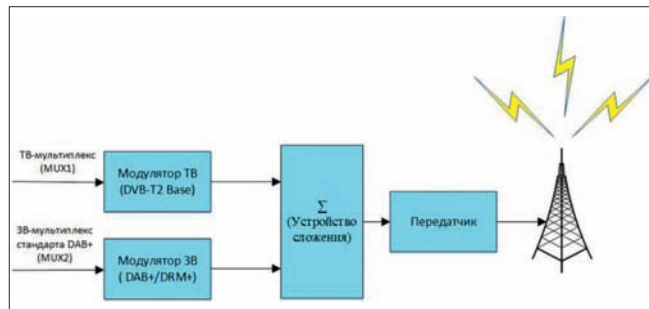


Рисунок 9 Структура передающего тракта распределения программ телевидения в стандарте DVB-T2 и звукового вещания в стандарте DAB+ или DRM+

ных передатчиков [6], работающих в совмещенном (общем) радиоканале (рис. 6). Цепи синхронизации, конфигурации и управления не показаны.

Здесь основной передатчик используется для доставки программ первого мультиплекса (DVB-T2 Base), а второй (дополнительный) — для доставки программ РВ и ТВ мобильного радиоприема (DVB-T2 Lite). Радиосигнал совмещенного канала, излучаемый этими передатчиками в эфир, показан на рис. 7. Разнесение по времени передачи цифровых данных ТВ и ЗВ позволяет приемнику без труда разделить пакеты программ, передаваемых каждым из них.

Следует заметить, что данный способ требует дополнительной проверки для уточнения параметров передаваемых сигналов.

Идея вторая

Более интересным представляется метод использования разных участков спектра (спектральных зон) радиоканала для передачи сигналов ТВ и ЗВ разных стандартов DVB-T/T2, DAB+, DRM+. Диверсификация радиоканала наземного телевидения в данном случае предполагает возможность реализации структуры передающего тракта, показанной в укрупненном виде на рис. 8.

Здесь в целях диверсификации выделенных в разных стандартах полос частот (1,7–10 МГц, DVB-T2; 1,536 МГц, DAB+; 100 кГц, DRM+) в общем радиоканале (в диапазонах частот 48,5–230 и 470–790 МГц) формируется необходимое количество спектральных окон (n-SpectrumWindows) (спектральных зон) с различной по ширине полосой частот. Ширина этих спектральных зон соответствует стандартам цифрового телерадиовещания DVB-T2, DAB+, DRM+. Сигналы каждого мультиплекса поступают на модуляторы стандартов цифрового телерадиовещания, затем

объединяются (Σ) и подаются на общий передатчик. Таким образом, реализуется излучение одним стандартным передатчиком n-мультиплексов различного назначения в соответствующих цифровых вещательных стандартах.

Ожидаемый результат применения:

- повышение эффективности использования частотного ресурса;
- гармонизация вещательных сервисов на основе создания совмещенных сетей вещания;
- улучшение управляемости сетями вещания;
- повышение надежности сетей вещания;
- получение экономической эффективности использования структуры DVB-сетей и организация на ее основе совмещенных мультистандартных сетей вещания;
- обеспечение мобильного приема программ звукового вещания;
- оптимизация приемных устройств.

Существенный интерес для практики представляет передача через общий радиоканал шириной 8 МГц, как это имеет место в России, программ ТВ и ЗВ в своем оригинальном цифровом формате (рис. 9). Для этого в полосе частот радиоканала вместо одного мультиплекса MUX осуществляется передача двух мультиплексов: первого MUX1 — в формате DVB-T2 и второго MUX2 — в формате DAB+ (или DRM+). При этом цифровой поток MUX1 содержит программы ТВ, а цифровой поток MUX2 — программы ЗВ, прием которых возможен в движущемся автомобиле. Цифровой поток с выхода MUX1 поступает на модулятор ТВ (DVB-T2 Base), а цифровой поток с выхода MUX2 — на модулятор ЗВ (DAB+ или DRM+). Сигналы с выходов модуляторов объединяются (Σ) и излучаются общим передатчиком.

Это так называемый спектрально-нальный метод передачи, когда часть спектра радиоканала используется только для передачи про-

грамм телевидения, а вторая, меньшая его часть, — для передачи программ радиовещания. Приемники форматов DVB-T2 и DAB+ (или DRM+) должны принимать только свой мультиплекс, содержащий или только программы ТВ, или только программы ЗВ.

В заключение заметим, что если возможности осуществления совместной передачи программ ТВ и ЗВ через общий радиоканал, изложенные в п. 1, уже подтверждены соответствующими экспериментами, то реализация идеи, представленной на рис. 8 и 9, требует экспериментальной проверки.

Литература:

1. Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), ETSI EN 302 755 V1.3.1 (2012 – 04).
2. Документ ETSITS 101980 V1.1.1.(2001 – 09).Digital RadioMondiale (расширение стандарта DRM); System Specification.
3. Документ ETSI ES 201980 V3.1.1.(2009 – 08).Digital RadioMondiale(расширение стандарта DRM); System Specification.
4. European Telecommunication Standard ETS 300401. Radio Broadcasting System; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers, ETSI, May 1997.
5. European Standard (Telecommunications series) EN 300401. Radio Broadcasting System; Digital Audio Broadcasting (расширение стандарта DAB) to mobile, portable and fixed receivers, V1.4.1. (2006 – 06), ETSI.
6. Generating a DVB-T2 Signal with Composite T2-Base and T2-Lite Content//7BM81_1E PDF-Documment.

Ваше мнение и вопросы по статье направляйте на bc@groteck.ru