

Аданбаев А.М.

ЖЕР БЕТИНДЕГИ DVB-T2 САНАРИПТИК ТЕЛЕБЕРҮҮ СТАНДАРТТЫН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ

Аданбаев А.М.

ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТА НАЗЕМНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ DVB-T2

A.M. Adanbayev

FEATURES STANDARD TERRESTRIAL DIGITAL BROADCASTING DVB-T2

УДК: 621.395.44

Макаланын негизги максаты, жер бетиндеги жыштык ресурстарын үнөмдөө багытында, эффективдүү стандарт катары санариптик DVB-T2 телеберүүсүнүн технологияларын, сапаттуу мүнөздөгү түйүндү куруудагы каржы чыгымдарын жана ресивердин баасын аныктоо. Автор тарабынан Кыргыз Республикасында DVB-T менен бирге DVB-T2 стандартын тандап алуусунун себептери каралды (эл аралык тажрыйбаны, КМШ жана Европа өлкөлөрүнүн өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен).

Негизги сөздөр: жер бетиндеги DVB-T, DVB-T2 санариптик телеберүү тармактары, санариптик телеприставкасы, мультиплексор, интерактивдүүлүк, SFN - Single-frequency network (Бир жыштыктуу түйүн), MFN - Multi-Frequency Network (Көп жыштыктуу түйүн).

Целью статьи является описание технологии наземного цифрового телевизионного вещания DVB-T2 как наиболее эффективного стандарта с точки зрения экономии частотного ресурса, финансовых затрат на строительство сети и стоимости ресивера, а также имеющих более качественные характеристики. Автором рассмотрены причины выбора стандарта DVB-T2 вместо DVB-T в Кыргызской Республике, с учетом международного опыта, в особенности стран СНГ и Европы.

Ключевые слова: наземное цифровое телевизионное вещание DVB-T2, DVB-T, цифровая телевизионная приставка, мультиплексор, интерактивность, SFN - Single-frequency network (Одночастотная сеть), MFN - Multi-Frequency Network (Многочастотная сеть).

The aim of the article is to describe the technology of DVB-T2 standard terrestrial digital television broadcasting. This standard is one of the most effective standards in terms of saving the frequency resource, the financial costs of the network construction and the cost of the receiver. In addition, it has higher quality characteristics. In this work, the reasons for the choice of DVB-T2 standard, instead of DVB-T were considered. Based on international experience, especially in the CIS countries and Europe, the standard will be implemented in the Kyrgyz Republic.

Key words: terrestrial digital television broadcasting DVB-T2, DVB-T, digital set-top box, a multiplexer, interactivity, SFN – Single-Frequency Network, MFN - Multi-Frequency Network.

Стандарт DVB-T2 призван как минимум на 30% расширить емкость сетей цифрового телевизионного вещания, при той же инфраструктуре сети и частотных ресурсах как при стандарте DVB-T. Однако на практике выигрыш оказывается не ниже 50%.

Стандарт DVB-T2 отличается как архитектурой системного уровня (MAC-уровня – Media Access Control), также и особенностями физического уровня.

Отличие стандарта DVB-T2 на системном уровне это концепция магистральных потоков физического уровня (PhysicalLayerPipe – PLP). Если стандарт DVB-T был предназначен только для передачи пакетов MPEG-2, то стандарт DVB-T2 способен транслировать самые разные информационные потоки [1]. Стандарт DVB-T2 способен передавать несколько независимых мультимедийных потоков со своими схемами модуляции, скоростями кодирования и временными интервалами. В отличие от DVB-T, в стандарте DVB-T2 возникла сложная кадровая структура, как на логическом, так и на физическом уровне. Также в стандарте DVB-T2 появилась новая функция - предварительная обработка входных потоков. В целом, схема обработки сигналов в стандарте DVB-T2 существенно усложнена. DVB-T2 имеет три фундаментальных типа потоков – транспортный поток (TransportStream – TS), обобщенный инкапсулированный поток (GenericEncapsulatedStream – GSE) и общий непрерывный поток (Generic Continuous Stream – GCS). Каждый поток представляет собой последовательность пользовательских пакетов (UP – UserPacket). Транспортный поток – это последовательность пакетов определенной длины (пакеты MPEG-2, 188 байт, первый байт – всегда синхробайт со значением 4716). Поток GSE характеризуется пакетами переменной или определенной длины. Поток GCS представляет собой непрерывный поток битов. Фактически это или последовательность пакетов без указания их длины, или пакеты длины 64 Кбит, что является максимально возможной длиной. Пакеты каждого магистрального потока объединяются в потоковые (Baseband) кадры (BB-кадры) – отдельно для каждого потока (рис.4). BB-кадр содержит BB-заголовок (80 бит), поле данных и поле выравнивания. В последнем имеется возможность передавать данные внутриканальной сигнализации. В заголовке пакета содержится информация о типе транспортного потока, размере пользовательского пакета (при необходимости) и всего поля данных, наличии режимов удаления пустых пакетов и дополнительных синхропакетов, используется постоянная/переменная модуляция и т.п. Размер поля данных и выравнивающего поля определяется параметрами сверточного кодера (в сумме не более 53770 бит) [2].

Стандарт DVB-T2 ориентирован на передачу телевизионных потоков, в которых зачастую

используются пустые пакеты (для выравнивания скорости потока), разного рода задержки и т.п. для сохранения постоянной скорости потока. Поэтому в DVB-T2 предусмотрены средства удаления избыточной информации, но с возможностью ее восстановления на приеме. Также, на уровне пользовательских пакетов предусмотрен и механизм сверточного кодирования CRC-8. Сформированный ВВ-кадр скремблируется (рандомизируется путем перемножения на псевдослучайную последовательность) и подвергается корректирующему кодированию. Механизм защитного кодирования одна из особенностей стандарта DVB-T2. В качестве корректирующего кода используется каскадный код, в качестве внешнего кода используется блочный кодер Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ, BCH), в качестве внутреннего кода используется низкоплотный код с проверкой на четность (LDPC). Размер входного блока данных для БЧХ-кодера может различаться в зависимости от скорости кодирования LDPC (табл.1.), однако выходной размер кодового слова после LDPC всегда составляет 64800 бит. До процесса модуляции (кроме BPSK и QPSK) кодовые слова подвергаются побитному перемежению и распределяются по модуляционным символам. В стандарте DVB-T2 добавлена модуляция 256-QAM (8 бит на символ), что обеспечивает увеличение емкости канала передачи на 33% (сравнительно схемы 64-QAM в стандарте DVB-T). Обычно, переход от 64-QAM к 256-QAM требует увеличения соотношения сигнал/шум на 4–5 дБ на поднесущей, но благодаря применению корректирующих кодов BCH-LDPC, эффективность которых гораздо выше традиционных кодов исправления ошибок (в т.ч. Рида-Соломона), в DVB-T2 скорость кодирования может быть намного выше, тем самым общая пропускная способность канала значительно возрастает. Кроме того, в DVB-T2 включено введение схемы модуляции с вращающимся сигнальным созвездием. Данная процедура означает, что сформированный модуляционный символ поворачивается в комплексной плоскости на определенный угол, зависящий от числа уровней модуляции (29° для QPSK, $16,8^\circ$ – для 16-QAM, $8,6^\circ$ для 64-QAM и $\arctg(1/16)$ для 256-QAM). Более того, до начала вращения квадратурная (Q) координата каждого модуляционного символа циклически сдвигается в рамках одного кодового слова (т.е. берется из предыдущего символа этого слова, Q-компонента первого символа становится равной Q-компоненте последнего) [3].

При повороте сигнального созвездия в квадратурных каналах передаются проекции точки сигнала на соответствующие оси (синфазную и квадратурную). При обычном сигнальном созвездии несколько точек расположены на нескольких обобщенных ортогональных линиях, также их проекции совпадают. При повороте сигнального созвездия у каждой точки – уникальные Q- и I-координаты, некоторые из координат оказываются близко друг к

другу, но по одной координате точки всегда можно восстановить другую ее координату, а механизм сдвига Q-координаты приводит к тому, что исходные координаты сигнальной точки оказываются в разных модуляционных символах, что существенно снижает вероятность их одновременной деградации, как из-за случайных импульсных помех, так и по причине селективных затуханий в канале. Использование данной техники обеспечивает операционное усиление 7,6 дБ. Перемежение модуляционных символов в пределах кодового слова следует после их формирования. Рассмотренные процедуры выполняются параллельно для отдельных магистральных потоков, в результате чего для каждого PLP формируется последовательность модуляционных символов. Из них необходимо сформировать OFDM-символы, но в случае если в стандарте DVB-T эта процедура была абсолютно прозрачной, то в DVB-T2 необходимо сформировать достаточно сложную кадровую структуру, это обусловлено возможностью транслировать несколько мультимедийных потоков. Кадр физического уровня DVB-T2 (T2-кадр) начинается с преамбулы P1, это символ OFDM - с модуляцией DBPSK с двумя защитными интервалами с двух сторон (в сумме 1/2 длительности символа). Он служит для идентификации и синхронизации потока DVB-T2, также содержит 7 информационных бит с начальной информацией о T2-кадре, т.е. число номинальных поднесущих в OFDM (1K–32K) и формат передачи, следующей за P1 преамбулы P2 (режимы MISO или SISO). Информация о T2-кадре (длина, модуляция, скорость кодирования и т.п.) передается в преамбуле P2, которая в свою очередь может занимать несколько OFDM-символов. Далее следует поле данных (информационные OFDM-символы) [4].

Специальный завершающий OFDM-символ замыкает T2-кадр. В зависимости от параметров OFDM, в T2-кадре может быть от 60 до 2098 OFDM-символов при полосе передачи 8 МГц (табл.2). Максимальная длительность T2-кадра составляет 250 мс. T2-кадры объединены в суперкадр, также в суперкадр входят поля, зарезервированные для дальнейшего использования (FEF – Future Extension Frames), они могут произвольно чередоваться. Максимальная длительность суперкадра составляет 128 с. В случае если в суперкадре отсутствует FEF, его максимальная длительность TSF = 64 с, что равномерно 256 T2-кадрам по 250 мс. Распределением потоков по кадрам, еще на стадии формирования ВВ-кадров, занимается специальный диспетчер. Уже тогда, задолго до формирования OFDM-символов, создается сигнальная информация. С точки зрения мультиплексирования множества потоков в единый трансляционный сигнал, стандарт DVB-T2 очень гибок, он включает себя многообразный набор возможностей. Стоит отметить, что формирование OFDM-кадров тесно связано с распределением фрагментов различных магистральных потоков как внутри T2-кадра, так и в рамках суперкадра, стандарт

выделяет три типа потоков PLP – общий, а также потоки данных типа 1 и 2. Общий PLP – это информация для группы из нескольких PLP. Потоки PLP типа 1 в T2-кадре не подразделяются на фрагменты т.е. в каждом T2-кадре возможен только один фрагмент каждого PLP типа 1. Кроме того, в пределах T2-кадра потоки типа 2 могут разделяться на несколько фрагментов (от 2 до 6480), попеременно следующих в кадре (рис.9). Потоки могут отображаться на T2-кадры по определенным правилам. Например, поток N передается в группах по три смежных T2-кадра, следующих через интервал в один кадр. Более того, перед распределением по T2-кадрам в рамках каждого PLP возможно временное перемежение. Для этого кодовые слова потока PLP группируются в т.н. интерливинговые кадры, содержащие динамически изменяющееся целое число кодовых слов после формирования модуляционных символов и их перестановки. Интерливинговый кадр состоит из одного или нескольких интерливинговых блоков (рис.10). Перемежение символов происходит в пределах всего интерливингового блока. Разбиения на интерливинговые блоки и кадры осуществляется на уровне магистральных потоков. Интерливинговые кадры отображаются на кадры физического уровня (T2-кадры) – один в один или один интерливинговый кадр в несколько T2-кадров. Плюс ко всем перечисленным видам перемежения – на уровне бит в кодовых словах, модуляционных символов, временного интерливинга, применяется еще и частотный интерливинг, т.е. перестановка поднесущих в пределах OFDM-символа. В стандарте DVB-T2 были изменены и структуры OFDM-символов. Увеличено число номинальных поднесущих – помимо 8K (8×1024) добавлены режимы 16K и 32K поднесущих (а также 1K и 4K) [5].

С увеличением числа поднесущих для OFDM-сигналов спектральная характеристика становится более крутой, в этой связи имеется возможность расширить используемый частотный диапазон, не выходя за границы разрешенной спектральной маски, что позволяет использовать в OFDM-символе больше поднесущих для передачи данных. Данный режим можно использовать при 8K, 16K и 32K поднесущих. Эффект от расширенного режима составляет от 1,4% (8K) до 2,1% (32K). Чем больше номинальных поднесущих, тем длительнее может быть OFDM-символ. В свою очередь, это позволяет уменьшить защитный интервал до $1/128$ (против $1/32$ в DVB-T). Использование такого защитного интервала при 32K номинальных поднесущих эквивалентно защитному интервалу $1/32$ при 8K поднесущих, однако при этом пропускная способность существенно увеличивается. В стандарте DVB-T2 всего разрешено использовать семь относительных длин защитных интервалов – $1/128$, $1/32$, $1/16$, $19/256$, $1/8$, $19/128$ и $1/4$. В DVB-T2 также возможно и более гибкое распределение пилотных поднесущих. В отличие от DVB-T место одной фиксированной схемы распределения пилотных частот, в DVB-T2 предусмотрено восемь

различных схем распределения. Выбор варианта зависит от числа номинальных поднесущих и размера защитного интервала. Если в DVB-T распределенные пилотные поднесущие составляли 8% всех поднесущих, то в DVB-T2 этот показатель может составлять также 1, 2 и 4%. Также надо обратить внимание на еще одну новую опцию – передача в режиме MISO с использованием схемы Аламоути, в данном случае приемник обрабатывает сигнал от двух передающих антенн, вводятся и дополнительные частотные полосы – 10 МГц и 1,712 МГц (последняя – для мобильных сервисов) [6,7,8]. В целом, эти новшества позволяют создать очень гибкую, а также эффективную систему трансляции мультимедийных потоков. При этом максимальная скорость входного транспортного потока после преобразования (например, удаления нулевых пакетов) может превосходить 50 Мбит/с. С точки зрения сетей широкополосного доступа, стандарт DVB-T2 – это мощный инструмент мультимедийного вещания, в котором заложены огромные возможности по расширению функциональности. Конечно, в силу своей однонаправленности он не может рассматриваться как конкурент традиционным сетевым технологиям, но свое место в наступающую эпоху технологий широкополосной беспроводной связи четвертого поколения (4G) он, безусловно, займет. И, возможно, будет при этом не только узкоспециализированным средством доставки телевизионного контента.

В связи с тем, что большинство стран СНГ, а также страны Европейского Союза приняли решения об использовании стандарта DVB-T2, наша республика также решила использовать данную технологию для развития цифрового наземного телевизионного вещания и тем самым принято постановление Правительства Кыргызской Республики №692 от 2 ноября 2011 года «О переходе на цифровое телерадиовещание в Кыргызской Республике в полосах частот 174 – 230 и 470 – 862 МГц».

Согласно Программе перехода на цифровое телерадиовещание в Кыргызской Республике, утвержденной Постановлением Правительства Кыргызской Республики № 692 от 02.11.2011г. «О переходе на цифровое телерадиовещание в Кыргызской Республике», в целях обеспечения перехода на цифровое вещание в установленные сроки необходимо предусмотреть построение сети цифрового вещания в стандарте цифрового наземного телевидения DVB-T2 или на более эффективном стандарте с точки зрения экономии частотного ресурса, финансовых затрат на строительство сети и стоимости ресивера, а также имеющем более качественные характеристики, чем DVB-T2.

Был проведен анализ международного опыта и текущей ситуации (с учетом особенностей рельефа КР):

- В настоящее время в мире существуют основные четыре стандарта цифрового вещания:

- ATSC - американский стандарт цифрового вещания. В США принят стандарт ATSC, ориенти-

рованный в основном на телевидение высокой четкости (ТВВЧ) с многоканальным звуковым сопровождением.

- ISDB - японский стандарт цифрового вещания. Используется в Японии и странах Южной Америки (Бразилия), экспериментально на Филиппинах.

- DTMB - китайский стандарт цифрового вещания. DTMB-стандарт применяется в материковом Китае, Сянгане, Кубе, Лаосе, Камбодже, Пакистане, Шри-Ланке, Эфиопии, Таиланд, Мьянма и ряде других азиатских стран.

- DVB - европейский стандарт цифрового телевидения. В данное время все страны Европы переходят на стандарт DVB-T2. Великобритания, Италия, Швеция, Германия, Финляндия, Испания и Франция вещают в стандарте DVB-T2, а также идет поэтапное отключение аналогового сигнала.

В основном в странах СНГ принят европейский стандарт DVB-T.

В России с марта 2012 года идет отключение формата DVB-T и запуск вещания в стандарте DVB-T2. Уровень проникновения цифрового телевидения всех стандартов (спутникового, кабельного и интернет-ТВ) составил 19% домохозяйств. При этом практически все пользователи цифрового телевидения сохранили и аналоговые доступы. В России производится отечественное приемное оборудование.

В Украине с 2012 года по всей территории страны осуществляется вещание в стандарте DVB-T2. С марта 2012 года началась массовая реализация для населения ресиверов-приставок в стандарте DVB-T2. Выпускается отечественный телегигант DVB-T «МЕРИПШАН ТТЦ-101»

- Определена методика оценки качества ЦТВ:

В качестве определения методики оценки качества ЦТВ был принят государственный стандарт Республики Беларусь СТБ П 2226-2011 «Система цифрового телевизионного вещания; Оценка качества изображения; Основные положения и методы проведения».

- Определен перечень технических и технологических стандартов, рекомендаций, инструкций для эффективного внедрения и развития ЦТВ, включая наземные вещательные сети (государственные и коммерческие), спутниковые системы и кабельные ТВ (в том числе гибридные системы вещания)».

В связи с тем, что стандарты Республики Беларусь по Цифровому вещанию разработаны и прошли апробацию на территории Республики Беларусь и соответствуют требованиям стандарта DVB-T2, нижеследующие стандарты Республики Беларусь были рассмотрены и направлены на рассмотрение в Центр по стандартизации и метрологии при Министерстве экономики Кыргызской Республики с целью принятия их в качестве национальных стандартов Кыргызской Республики и были приняты Приказом Кыргызстандарта №58СТ от 22.08.2013г.:

- СТБ 1822-2010 «Цифровое телевизионное вещание. Цифровое звуковое вещание. Термины и определения»;

- СТБ 2143-2011 «Система цифрового телевизионного вещания. Оборудование кодирования, мультиплексирования и приема. Основные параметры и методы измерений»;

- СТБ 1697-2010 «Радиопередатчики телевизионные цифровые. Основные параметры, технические требования и методы измерений»;

- СТБ 1630-2010 «Система наземного цифрового телевизионного вещания. Сигналы и тракты. Основные параметры и методы измерений»;

- СТБ П 2226-2011 «Система цифрового телевизионного вещания. Оценка качества изображения. Основные положения и методы проведения»;

- СТБ П 2127-2010 «Система цифрового телевизионного вещания. Тракт формирования и передачи цифровых телевизионных сигналов. Звенья тракта, основные параметры и измерительные сигналы».

Развитие цифрового вещания на территории Кыргызской Республики является приоритетной задачей. Реализация этой задачи лежит как в плоскости развития аудиовизуального продукта, так и в плоскости развития телекоммуникационной инфраструктуры.

Факторы, способствующие успешной реализации Программы:

- интерес к цифровому вещанию частных операторов;

- потребность населения в новых интересных программах и услугах цифрового телевидения.

Факторы, требующие внимания:

- реализация потребует значительных инвестиций и государственной поддержки;

- для успешного перехода на цифровое вещание требуются согласованные и своевременные действия различных государственных органов и бизнес-структур.

Список литературы:

1. CCIR. Study Group 11. Summary Record of the first meeting // Doc. 11 / 173, 4 November 1987.
2. CCIR. Draft new Report - A Global Approach to HDTV // Doc. 11 / 245, 12 November 1987.
3. Кривошеев М.И. Международные тенденции в телевидении высокой четкости // Техника кино и телевидения. - 1991. - № 2.
4. CCIR. Task Group 11-1. Draft new Recommendation «Digital TV terrestrial broadcasting in the VHF / UHF bands» // Doc. 11-1 / TEMP/19 (Rev. 1), 15 November 1991.
5. ITU-R. Chairman, Study Group 11. Report by the Chairman // Doc. 11 / 122, 31 March 1992.
6. Baron S. N., Krivocheev M. I. Digital Image and Audio Communications. Toward a Global Information Infrastructure. - Van Nostrand Reinhold, 1996.
7. Зубарев Ю.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. - М.: Научно-исслед. институт радио (НИИР), 2001.
8. Krivocheev M. I. The first twenty years of HDTV: 1972-1992 // SMPTE. - 1993.

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент Султанов Р.К.