

УДК.: 006.039:621.397.132.5 (575.2)

СТАНДАРТЫ ЦНТВ: ВЫБОР ДЛЯ КЫРГЫЗСТАНА

КУЦЕВ Е. В., УРДАЛЕТОВА С.Б., ЖУМАБАЕВ М.Ж.

КГТУ им. И. Раззакова

izvestiya@ktu.aknet.kg

В данной статье рассмотрены основные проблемы аналоговой телевизионной сети Кыргызстана и преимущества цифрового наземного телевизионного вещания. На основе сравнительного анализа цифровых стандартов наземного телевизионного вещания предлагается наиболее прогрессивный вариант для Кыргызстана.

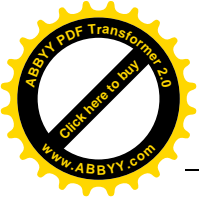
In this article the main problems of an analog television network of Kyrgyzstan and advantage of a digital terrestrial television broadcasting are considered. On the basis of the comparative analysis of digital standards of a terrestrial television broadcasting the most progressive option for Kyrgyzstan is offered.

Существующая аналоговая сеть ТВ в Кыргызстане охватывает практически всю территорию республики, но развитие и доступность многопрограммного вещания для населения оставляет желать лучшего. Одной из основных причин данного факта является дефицит радиочастотного спектра для ТВ вещания. В результате происходит неравномерное распределение ТВ программ в различных населенных пунктах Кыргызстана: 1-2 ТВ программы в сельских районах и 12-15 ТВ программ в столице.

Переход на цифровое ТВ вещание способствует увеличению количества ТВ программ, т. к. в одном канале 8 МГц возможно передавать от 3 до 10 ТВ программ стандартной четкости и 1-2 ТВ программы высокой четкости, а также дополнительно передавать сигналы радиовещания и данные. Высвобожденные частоты можно использовать для увеличения числа ТВ программ (как платных, так и бесплатных), либо использовать для нужд других служб.

Еще одной немаловажной причиной перехода КР на цифровое ТВ вещание является тот факт, что в основном все страны мира переходят на цифровое ТВ вещание к июню 2015 года согласно плану «Женева-06».

Следующей причиной перехода на цифровое вещание является задача обеспечения максимальной помехоустойчивости при многолучевом приеме сигналов. При трансляции аналоговых ТВ сигналов по эфиру, на качество приема помимо атмосферных и промышленных помех сильно влияют переотраженные радиоволны и помехи от других радиопередатчиков, работающих в этом же частотном диапазоне в соседних местностях.



Применение цифрового телевидения снижает влияние выше перечисленных помех и обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с аналоговым телевидением:

Повышение помехоустойчивости трактов передачи и записи телевизионных сигналов;

Уменьшение мощности передатчиков;

Существенное увеличение числа ТВ программ, передаваемых в том же частотном диапазоне;

Повышение качества изображения и звука в ТВ приёмниках;

Создание ТВ систем с новыми стандартами разложения изображения (телевидение высокой чёткости);

Расширение функциональных возможностей студийной аппаратуры;

Передача в ТВ сигнале различной дополнительной информации;

Создание интерактивных ТВ систем, при пользовании которыми зритель получает возможность воздействовать на передаваемую программу (например, видео по запросу);

Введение дополнительных функций, таких как выбор языка и субтитров, архив ТВ-передач и запись ТВ-передач и т.д.

В данной статье произведен сравнительный анализ основных стандартов цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) ISDB-T, ATSC, DTMB, DVB-T, DVB-T2.

ISDB-T (англ. *Integrated Service Digital Broadcasting*) — интегрированные услуги в цифровое телевидение - используется в Японии и странах Южной Америки (Бразилия), экспериментально на Филиппинах.

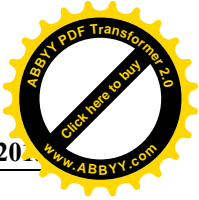
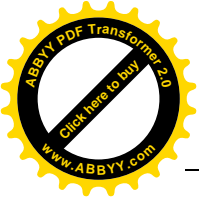
Данный стандарт использует полосу частот 6, 7 или 8 МГц. Применяется модификация схемы многочастотной модуляции с ортогональным частотным распределением (OFDM), которая допускает передачу цифрового потока в нескольких полосах частот и называется BST-OFDM (частотно-сегментированная передача по схеме OFDM).

В качестве первичной модуляции несущих используются DQPSK, QPSK, 16-QAM и 64-QAM, в качестве помехоустойчивого кодирования используется сверточное кодирование и код Рида-Соломона, число несущих 1405, 2809, 5617, длительность защитного интервала 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 от общей длительности кадра.

Одной из особенностей данного стандарта является возможность широкополосного или узкополосного приема.

Широкополосный прием используется в основном для телевизионного вещания и/или при передаче больших объемов данных, при этом используется несколько базовых сегментов.

Частичный прием является оригинальным свойством ISDB-T. При частичном приеме узкополосный приемник, выполненный по упрощенной схеме, рассчитан на прием только одного сегмента OFDM в полосе частот и может быть выполнен в носимом варианте для приема звуковых программ и/или телематической информации.



При частичном приеме абонент получает часть транспортного потока рассредоточенного по сегментам OFDM.

В результате вышесказанного можно сделать вывод, что узкополосный приемник может принимать некоторые службы из одного базового сегмента, а широкополосный – все службы из всех сегментов в данной полосе частот.

В зависимости от требований условий приема система ISDB-T может работать в 3 режимах:

Прием сигналов подвижными приемниками (мобильный прием);

Прием сигналов как подвижными, так и стационарными приемниками (комбинированный прием);

Прием сигналов стационарными приемниками одночастотных сетей (одночастотный фиксированный прием).

ATSC (Advanced Television Systems Committee) – Комитет передовых телевизионных систем - является основным на территории США, Канады, Мексики, Аргентины, Тайваня и Южной Кореи.

Полоса частот занимает 6, 7 или 8 МГц. В стандарте ATSC используется метод 8-уровневой модуляции с частичным подавлением боковой полосы частот и называется 8-VSB (Vestigal Side-Band). Для передачи используется 1 несущая частота.

Характерной особенностью стандарта является то, что для получения всего набора частот используется эталонная частота 27 МГц. Также частота 27 МГц используется для получения цифровых отсчетов частоты длиной 42 бита, первые 33 битов которой являются базовыми эталонными метками времени, а следующие 9 бит – расширенными метками времени.

Выше названные метки времени используются в аудио- и видеокодерах для формирования меток времени отображения и декодирования, которые выполняют функцию синхронизации.

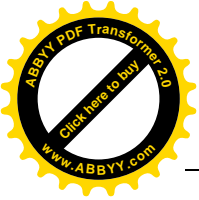
В стандарте ATSC используется кодирование с прямым исправлением ошибок путем введения избыточного кода Рида-Соломона, сигналов синхронизации и, затем, сверточное решетчатое кодирование сформированного группового сигнала и формирование модулированного сигнала 8-VSB.

Для повышения помехоустойчивости в кодирующем устройстве применяется внутрисегментное перемежение.

Еще одной особенностью является то, что процессы рандомизации и прямого исправления ошибок не применяются к синхробайту транспортного пакета, который при передаче представлен сигналом синхронизации сегмента данных.

Частоты в подсистемах кодирования источников и формирования передаваемого сигнала могут быть асинхронными. Для компенсации частотных сдвигов в транспортный поток вводятся специальные пустые пакеты (ноль-пакеты).

Транспортный кодер является мультиплексором системы 8-VSB ATSC, которая объединяет кодированные потоки источников информации и сервисной информации. На его



выходе действует поток транспортных пакетов с частотой $f_{тр}$. К выходу транспортного кодера подключены устройства цикловой синхронизации, кодовой защиты и однополосной модуляции, входящие в состав подсистемы адаптации к каналу.

DTMB GB20600-2006 (англ. *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*) – цифровое наземное мультимедийное вещание - стандарт ЦНТВ, разработанный Китаем.

Используется полоса частот 6, 7 и 8 МГц. В качестве первичной применяются методы модуляции 4-QAM-NR, 4-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, в качестве помехоустойчивого кодирования применяется код с низкой проверкой на четность и код Боуза-Чоудхури-Хоквингема, который является разновидностью кода Рида-Соломона.

В стандарте DTMB применяется модуляция OFDM, с числом ортогональных несущих 3780 (4k) или 1 несущая. Но в нем применена не частотная, а временная синхронизация, поэтому данный способ модуляции называется TDS-OFDM (Time Domain Synchronous-OFDM – OFDM с временной синхронизацией).

При проектировании данный стандарт был ориентирован на устойчивый мобильный прием на сотовый телефон и портативные приемники при движении со скоростью более 200 км/ч, что соответствует приему в автомобилях и поездах, благодаря тому, что допускается Допплеровский сдвиг частоты 110 Гц.

Еще одной особенностью стандарта является возможность построения одночастотных и многочастотных сетей, а также работа в каналах, смежных с аналоговым телевизионным вещанием.

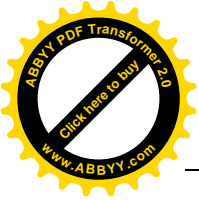
В одночастотных и многочастотных сетях скорость передачи потоков лежит в пределах 4,81...32,486 Мбит/с, используются защитные интервалы 1/9, 1/6, 1/4. В качестве защитного интервала используется заголовок кадра.

Для повышения помехоустойчивости используются код с низкой плотностью проверок на четность и код Боуза-Чоудхури-Хоквингема.

Также немаловажным преимуществом является тот факт, что для стандарта DTMB Китай выпускает более дешевые демодуляторы и MPEG-декодеры.

DVB-T (англ. *Digital Video Broadcasting — Terrestrial*) — европейский стандарт эфирного (наземного) цифрового телевизионного вещания.

В системе DVB-T используется ортогональная частотная модуляция (OFDM модуляция) совместно с помехоустойчивым канальным кодированием и многопротокольным кодированием MPE-FEC. Благодаря которой появляется возможность построения одночастотных сетей (SFN – Single Frequency Network), возможности обеспечения низкого требуемого отношения несущая/шум (C/N_{min}), высокой защиты от отраженных объектов и низкой чувствительности к эффекту Доплера (при приеме в движении). Что позволяет осуществлять прием телевизионных программ на мобильные и стационарные приемники, а также обеспечивает стойкость к



многократным переотражениям при равенстве основного и отраженного сигналов за счет введения защитного интервала.

В канальном кодировании используется сверточное кодирование совместно с кодом Рида-Соломона. Помимо основных видов модуляции (QPSK, 16 QAM и 64 QAM) в стандарте DVB-T используется также иерархическая модуляция, позволяющая в потоке с высоким приоритетом передавать меньшее число программ и даже с более худшим качеством, но со значительным увеличением зоны покрытия, позволяя вести прием на комнатные антенны.

Для системы DVB-T предусмотрены два режима модуляции OFDM, называемые режимами 2k или 8k, для каждого из которых предусмотрены 4 варианта защитных интервалов, равные 1/4, 1/8, 1/16 и 1/32 длительности рабочего интервала.

Общая ширина спектра группового сигнала при всех режимах модуляции равна 7,61 МГц для 8 МГц частотного канала, также используются частотные каналы шириной 6 и 7 МГц.

В DVB-T используется помехоустойчивое канальное кодирование с относительными скоростями 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.

В результате канального кодирования информационная скорость цифрового потока уменьшается обратно пропорционально скорости кода.

Скорость передачи в системе DVB-T не зависит от режима модуляции (2K или 8K), так как при изменении режима модуляции с уменьшением числа поднесущих несущих одновременно увеличивается скорость передачи данных на каждой поднесущей и составляет максимум 19,9 Мбит/с..

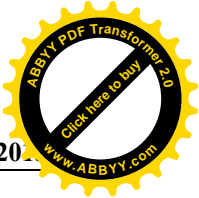
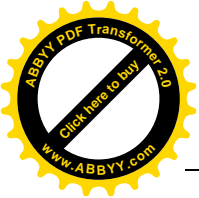
Отношение сигнал/шум C/N_{\min} DVB-T (12-18 dB), снижено по отношению с аналоговым вещанием (≥ 43 dB), что позволяет снижать мощность передатчика, при той же зоне обслуживания, за счет снижения отношения сигнал/шум C/N_{\min} .

В стандарте DVB-T используется модель SISO (Single Ins-Single Outs-одна антенна на передачу, одна на прием).

Преимуществом DVB-T является возможность приема ТВ программ в случае наложения зон уверенного приема нескольких телецентров, работающих на одной частоте. Синхронизация телецентров происходит по эталону частот любого доступного спутника. Все передатчики передающие программы на одной несущей, должны передавать пакет программ сразу и идентично.

DVB-T2 – второе поколение стандарта DVB-T, который широко использует инфраструктуру DVB-T, разработан Великобританией и США.

В DVB-T2 используется метод модуляции OFDM с режимами 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k и относительными защитными интервалами 1/4, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128, которые по абсолютному значению не превышают значения защитных интервалов DVB-T, ширина полосы частот составляет 1.7, 5, 6, 7, 8, 10 МГц, первичная модуляция QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM.



В канальном кодировании используются эффективные коды LDPC (низкая плотность проверки на четность) совместно с кодом BCH (код Боуза-Чоудхури-Хоквингема).

Для противодействия импульсным помехам в DVB-T2 дополнительно вводится временное перемежение (различные компоненты информации перемежаются по оси времени с периодом около 70 мс). Благодаря этому информация, потерянная в один период времени, может быть восстановлена с использованием информации, передаваемой в другой период времени.

В DVB-T2 было введено вращающееся созвездие – после формирования сигнала OFDM производится вращение созвездия в комплексной плоскости для восстановления отсутствующей комплексной составляющей по имеющейся.

Изменения также коснулись системы пилот-сигналов – специально выделенных несущих в спектре OFDM для определения параметров канала передачи. В DVB-T2 введено 8 способов – PP1 – PP8 (PP –Pilot Pattern).

В стандарте DVB-T2 используется модель MISO (Multiple Ins-Single Outs- множество антенн на передачу, одна на прием).

Чтобы зарезервировать место для информации, которая может появиться в будущем и передаваться в COFDM, в DVB-T2 наравне с кадрами DVB-T2 вводятся кадры FEF (future extension frames – кадры перспективного расширения). Для этих кадров определена только структура заголовка, а содержимое не регламентируется.

В результате нововведений (по сравнению с DVB-T) достигнуты следующие преимущества:

увеличение на 30-70 % пропускной способности канала и улучшение характеристик одночастотной сети, благодаря введению MISO;

новые режимы FFT (количество несущих) позволяет увеличить емкость канала на 1-2%;

оптимальный выбор способа передачи пилот сигнала позволяет уменьшить объем передаваемой служебной информации на 1-2%;

применение новых значений защитных интервалов совместно с режимами FFT позволяет получить выигрыш 2-17% емкости канала и увеличить максимальное расстояние между передатчиками;

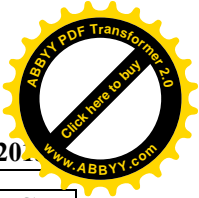
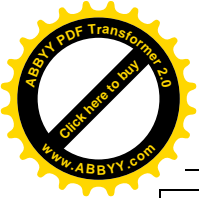
DVB-T2 даёт большую зону покрытия, чем DVB-T в 1,5 -1,8 раз.

DVB-T2 меньше зависит от типа канала связи, то есть меньше зон невидимости. В таблице 1 приведены сравнительные характеристики стандартов ЦНТВ.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики стандартов ЦНТВ

Характеристика	DVB	DVB-T2	DTMB	ISDB-T	AT
Полоса	6, 7,	1, 7, 5, 6, 7,	6, 7, 8	6, 7, 8	6,



Помехоустойчивое кодирование	Сверточное кодирование	Код с низкой плотностью проверок на	Код с низкой плотностью проверок на	Сверточное кодирование	Сверточное решетчатое
Модуляция	QPSK, 16QAM.	QPSK, 16-QAM,	4QAM, 4QAM-NR,	DQPSK, QPSK, 16-QAM,	8-VSB
Защитный интервал	1/4, 1/8, 1/16	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/9, 1/6, 1/4	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	—
Размер FFT	2к,	1к, 2к, 4к,	4к,	(1405,	(1)

Несмотря на то, что стандарт DVB-T используется как пилотный проект на юге Кыргызстана, данный стандарт не является предпочтительным. На основе характеристик можно сделать вывод, что стандарты ЦНТВ DVB-T, ATSC, ISDB-T являются относительно неэффективными и не могут конкурировать со стандартами DVB-T2 и DTMB.

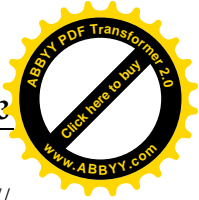
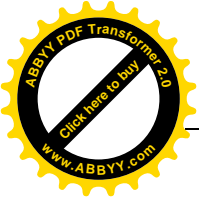
Из сравнения стандартов DVB-T2 и DTMB следует, что оба стандарта имеют схожие характеристики: кодирование сигнала, модуляцию, полосу частот, но стандарт DVB-T2 является более гибким, чем стандарт DTMB, поскольку используется больше вариантов длительности защитного интервала, более улучшенный режим модуляции (256-QAM), возможность большего выбора режимов FFT и тем самым более адаптирован для телевизионного вещания в горной местности.

Также одной из важных особенностей стандарта DVB-T2 является применение полосы частот 1,7 МГц, в которой можно передавать 2-3 программы стандартной четкости. Такая полосы частот может быть использован для местных вещателей. В то время, как DTMB изначально был ориентирован в основном на мобильный прием (на сотовый телефон) и портативные приемники, которые находятся в движении со скоростью до 200 км/ч., что применительно для Кыргызстана не является необходимым условием.

На основе сравнительного анализа следует, что наиболее предпочтительный вариант для Кыргызстана является стандарт DVB-T2.

Литература

1. Гельгор А.Л., Попов Е.А. Система цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T, Санкт-Петербург 2011;
2. Локшин Б. А. Цифровое вещание: от студии к телезрителю. — М., 2000 г.;
3. Серов В. А. . Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010;



4. Хлебородов В.. Олимпиада-2008, Китай и его технологические возможности // «625», № 8, 2009;
5. Государственная программа перехода на цифровое вещание в Кыргызской Республике (проект), Бишкек 2010;
6. Маковеев Д. Внедрение стандарта цифрового телевизионного вещания DVB-T2 в Кыргызстане. ВЕЩАНИЕ.KG №2, 2011;
7. Кривошеев М., Федунин В. Система цифрового наземного ТВ-вещания DTMB. ТЕЛЕ-СПУТНИК, апрель 2010;
8. Зубарев Ю.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. Цифровое телевизионное вещание основы, методы, системы, Москва 2001 г.
9. B21C DVB-T2 Network planning;
10. DVB Document A133, February 2012;
11. White Paper on Latest Development of Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting (DTMB) Technologies Chung-yen Ong Hong Kong Applied Science and Technology Research Institute (ASTRI), August 6, 2009.