



DVB-T2: второе поколение эфирной «цифры»

Александр Серов

Итак, свершилось – 7 июля 2011 года правительственная комиссия по телерадиовещанию под председательством И. Шувалова одобрила введение DVB-T2 в России. Это решение позволит эффективнее использовать радиочастотный ресурс для передачи телевизионных и звуковых сервисов и тем самым освободить больше места для иных сервисов, которые можно развивать в дециметровом диапазоне, например, для широкополосного доступа.

Насколько же эффективнее DVB-T2 по сравнению с DVB-T? Как показатель эффективности уместно использовать количество передаваемых сервисов при одинаковых условиях приема. Не будем забывать, что в цифровом телевидении количество передаваемых программ зависит от зоны радиопокрытия – чем больше сервисов, тем эта зона меньше. Поэтому будем сравнивать, сколько телевизионных сервисов можно передать с использованием DVB-T и DVB-T2 на одну и ту же территорию.

Ответ будет краток – в два раза больше. Цифровое телевидение DVB-T2 обеспечивает возможность передачи потока вдвое большей скорости, чем DVB-T, при той же самой зоне радиопокрытия.

За счет чего это достигается? Краеугольных камней, лежащих в основе этой технологии, несколько: увеличенное количество несущих COFDM, новые виды модуляции отдельных несущих, введение «расширенного» режима COFDM, использование помехозащищенных кодов LDPC,

применение различных «хитростей» типа «вращающихся созвездий», перемежения по времени и т.п.

Рассмотрим вкратце (и очень упрощенно) некоторые из этих технических ухищрений для того чтобы получить представление о том, как удалось добиться такой впечатляющей производительности.

Сначала рассмотрим увеличение количества несущих. Как известно, в DVB-T основным режимом модуляции является режим с примерно 8000 несущих. В DVB-T2 количество несущих увеличено до 32000. Спрашивается, почему нельзя было сделать это раньше? Ответ прост: потому что в DVB-T использовались коды коррекции

Помимо использования 32000 несущих, в DVB-T2 вводятся дополнительные режимы модуляции каждой отдельной несущей. В DVB-T можно модулировать каждую отдельную несущую модуляцией QPSK, 16QAM или 64QAM, что позволяло добиться передачи на одну несущую 2, 4 или 6 бит информации.

В DVB-T2 вводится режим 256QAM, что позволяет увеличить количество бит, передаваемых каждой несущей, до 8. Введение режима 256QAM стало возможным также благодаря кодам LDPC. Если бы использовались старые коды DVB-T, то не удалось бы обеспечить хорошую помехоустойчивость передачи.

Таблица 1. Некоторые характеристики DVB-T и DVB-T2

Параметр	DVB-T	DVB-T2
Количество несущих	2000, 4000, 8000	2000, 4000, 8000, 32000
Коды коррекции ошибок	Конволюционный + Ридд-Соломона	LDPC
Расширенный режим	Нет	Есть
Модуляция несущих	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Количество транспортных потоков	Не более 2	Много
«Вращающиеся созвездия»	Нет	Есть
Перемежение по времени	Нет	Есть
Интерфейс модулятора	MPEG2 TS через ASI или IP	T2-MI через ASI или IP

ошибок (конволюционный код и код Ридд-Соломона), которые не смогли бы обеспечить хорошую помехоустойчивость для 32000 несущих. В DVB-T2 используются коды LDPC, которые настолько эффективны, что их применение позволяет обеспечить помехоустойчивость на уровне DVB-T, но добиться при этом передачи цифровых данных с двукратной скоростью.

Итак, становится ясно, что коды LDPC – это одно из самых важных нововведений. К сожалению, в рамках данной статьи невозможно рассказать о том, что представляют собой коды LDPC – для этого потребуются серьезные математические выкладки.

Коды LDPC были изобретены еще в 50-х годах XX века, но не использовались из-за того, что их сложно декодировать – для это-

го требуются существенные вычислительные ресурсы. То есть использование кодов LDPC потребовало бы наличия в приставке мощного процессора. Мощного – значит дорогого! Однако прогресс не стоит на месте, и мощные и дешевые процессоры появились. К тому же в настоящий момент идет интенсивное развитие алгоритмов декодирования кодов LDPC, что со временем приведет к тому, что программное обеспечение приставки будет менее ресурсоемким.

Итак, основная «фишка» DVB-T2 заключается в комбинации режима 32000 несущих, модуляции 256QAM для каждой несущей и использования кодов LDPC. Все остальные изобретения также вносят вклад в увеличение скорости потока DVB-T2, но не такой большой, как эти три. Основной принцип тут – «с миру по нитке»: в одном месте удается выиграть пару процентов пропускной способности, в другом – а в сумме получается очень неплохой результат.

Рассмотрим остальные способы увеличения скорости потока, примененные в DVB-T2.

«Лучший из малых» здесь, наверное, метод «вращающихся созвездий», который позволяет выиграть до 10% полосы для некоторых режимов модуляции. Для того чтобы понять, в чем заключается этот метод, рассмотрим диаграмму, на которой изображено «созвездие» (рис. 1). Для простоты пусть это будет режим QPSK. Обратите внимание, что каждое положение диаграммы кодируется двумя координатами – $\text{Im}(z)$ и $\text{Re}(z)$.

По сути, это реальная и мнимая части комплексного числа, которым кодируется модуляция несущей. Рассмотрим две точки, которые находятся справа

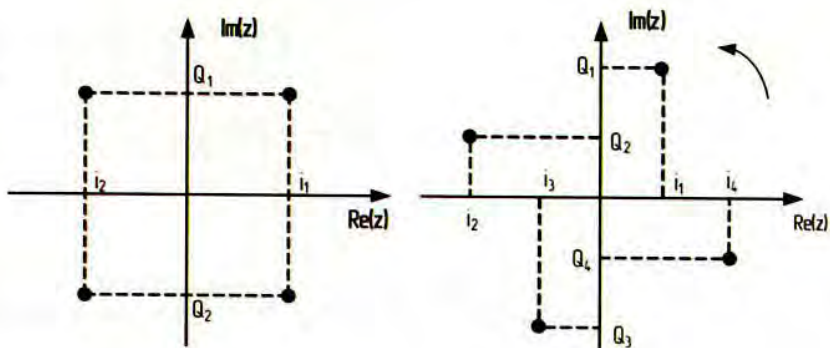


Рис. 1. «Вращающиеся созвездия»

(или слева – неважно). Легко увидеть, что координаты $\text{Re}(z)$ у них имеют одно и то же значение. Представим теперь, что в цифровом потоке произошел сбой и информация о координате $\text{Re}(z)$ была утеряна, осталась только информация о координате $\text{Im}(z)$. Понятно, что у декодера два варианта – либо это точка в верхней полуплоскости, либо в нижней. И выбрать невозможно, так как оба варианта имеют одинаковое право на существование – значит, ошибка неустраняема.

А теперь повернем «созвездие» на небольшой угол. Видно, что теперь каждая точка обладает уникальными координатами и при потере одной из них можно восстановить информацию, имея вторую координату. Вот, вкратце, суть метода «вращающихся созвездий».

Второе место, пожалуй, займет расширенный режим модуляции COFDM. Здесь тоже потребуется иллюстрация (рис. 2), чтобы понять суть. Сигнал COFDM имеет «плечи», которые заезжают на соседние

частотные участки и являются помехой для располагающихся там сигналов. Эти «плечи» – следствие особенностей формирования сигнала COFDM и избавиться от них полностью невозможно. Однако есть такой интересный эффект – чем большее количество несущих используется в сигнале COFDM, тем «плечи» меньше.

Наличие «плеч» ограничивает эффективность использования радиочастотного спектра, поскольку с левой и правой стороны сигнала COFDM приходится предусматривать запас для этих «плеч». В случае использования режима с 32000 несущими размах «плеч» становится незначительным, и запас по радиочастотному спектру можно использовать для размещения дополнительных несущих, что дает также небольшой выигрыш в полосе.

Следующая «хитрость», позволяющая увеличить защищенность от помех – это перемежение по времени. Для того чтобы понять, что такое перемежение, рассмотрим следующий наглядный пример.



Рис. 2. Расширенный режим

Таблица 2. Пропускная способность для некоторых режимов модуляции DVB-T2

Модуляция	FEC	Скорость потока, Мбит/с
64QAM	1/2	22,3
	3/5	27,0
	2/3	30,1
	3/4	33,8
	4/5	36,1
256QAM	5/6	37,6
	1/2	30,1
	3/5	36,1
	2/3	40,2
	3/4	45,2
	4/5	48,3
	5/6	50,3

LogoVision DD15 скидка **30%**

Условия акции на www.proland.ru

proland

+7 (495) 941-98-69
www.proland.ru

Допустим, в эфир транслируется следующее предложение:

«ВТОРОЕ ПОКОЛЕНИЕ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ»

В канале передачи происходит ошибка, вследствие чего слово «цифрового» теряется. В результате смысл фразы искажается. А теперь давайте перемешаем буквы в предложении и передадим результат через тот же канал связи с той же помехой, а потом вернем буквы на их прежние места. Мы получим что-то наподобие такого:

ВТОРОЕ ПОКОЛЕНИЕ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Вторую фразу «расшифровать» проще, поскольку ни одно слово целиком не потеряно, а потому несложно понять смысл предложения и полностью его восстановить. В этом «перемешивании» и заключается суть перемежения. Только здесь приведен пример со словосочетанием, а в цифровом телевидении передаются цифровые данные. Суть идеи от этого не меняется.

В цифровом телевидении первого поколения использовалось перемежение в пределах одного кадра модуляции. Это позволяло избежать проблем, связанных с интерференцией прямого и отраженного сигналов. А вот противодействия помехам, которые «вышибают» часть сигнала, не было. В стандарте

DVB-T2 с такими помехами позволяет справиться перемежением по времени.

Еще одно отличие «нового» цифрового телевидения от «старого» заключается в возможности использования не только транспортного потока MPEG-2, но и транспортного потока общего назначения (generic transport stream), что позволяет снизить количество передаваемой служебной информации и освободить место для передачи полезной нагрузки. Выигрыш невелик, но это одна из тех маленьких «хитростей», о которых говорилось выше.

Также важной особенностью является возможность передачи нескольких транспортных потоков одновременно, каждого со своей модуляцией. Таким образом в пределах одного частотного участка 8 МГц можно сочетать сервисы с разной зоной радиопокрытия. Похожая вещь была и в DVB-T (так называемая «иерархическая модуляция»), но количество используемых потоков было ограничено двумя.

Ну и напоследок надо упомянуть о входном интерфейсе модулятора DVB-T2. Тут есть одно существенное отличие: в DVB-T сигнал подавался с выхода мультиплексора непосредственно на модулятор через интерфейсы ASI или Ethernet в виде транспортного потока MPEG-2. А в DVB-T2 сигнал подается через интерфейс T2-MI.

T2-MI представляет собой последовательный цифровой интерфейс с форматом представления данных, описанных в «голубой книге» A136 консорциума DVB. Сигнал данного интерфейса формируется не мультиплексором, как в DVB-T, а специальным устройством, которое называется «шлюз T2» (T2 gateway). Это устройство на входе принимает сигналы транспортных потоков, а на выходе формирует поток T2. Шлюз T2 может являться составной частью модулятора.

Поскольку преимущества DVB-T2 перед DVB-T очевидны, новый стандарт сейчас используется при строительстве новых сетей связи в различных странах, в частности, в Великобритании. В настоящий момент появляется большой ассортимент абонентского оборудования, поддерживающего как DVB-T, так и DVB-T2, причем стоимость микроэлектроники для приема DVB-T2 совсем незначительно превосходит цену чипсетов для DVB-T. Это обстоятельство вселяет дополнительную уверенность в успехе DVB-T2 в мире и России.

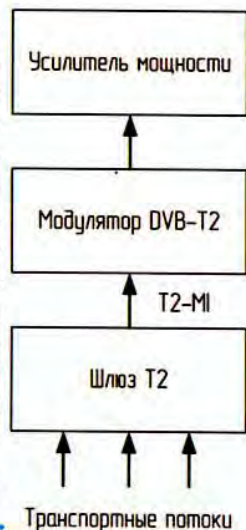


Рис. 3 Шлюз T2