

ЛОВИМ ЦИФРУ!



Александр Серов

Статья посвящена описанию особенностей приема сигналов цифрового телевидения DVB-T по сравнению с сигналами привычного аналогового телевидения. Вследствие использования модуляции COFDM прием цифровых сигналов характеризуется несколькими интересными особенностями, которые рассматриваются ниже. В частности, размер зоны обслуживания цифрового телевидения зависит от режима модуляции и числа передаваемых телевизионных каналов, которые в цифровом телевидении именуется сервисами.

В аналоговом телевидении стандарта SECAM размер зоны определялся напряженностью электромагнитного поля «в воздухе». Например, по ГОСТ7845 для 41...61 каналов всякая точка местности, в которой на высоте 10 м уровень напряженности составляет 68 дБмкВ/м, принадлежит зоне приема (обслуживания).

В стандартах цифрового телевидения (ETSI EN 300744) не приводятся значения для напряженности электромагнитного поля, однако указаны отношения сигнал/шум для разных режимов модуляции COFDM и, со-

ответственно, для разных скоростей потоков данных. Таким образом, если ориентироваться на стандарты, то зона приема аналогового сигнала определяется уровнем сигнала, а зона приема цифрового сигнала DVB – отношением сигнал/шум. То есть сигнал DVB-T может быть и слабым, но если при этом шумов в эфире мало, то прием будет!

На рис.1 показаны относительные размеры зон приема (обслуживания) для сигналов DVB-T для разного количества передаваемых каналов. Из рисунка хорошо видно, что зависимость проста: чем больше каналов, тем меньше зона приема. И еще: зона приема для аналогового и цифрового телевидения совпадут, если цифровое телевидение передает примерно 8 программ (ну а аналоговое всегда передает одну). Можно сказать, что цифровое телевидение стандарта DVB-T примерно в 8 раз эффективнее аналогового, потому что позволяет передавать 8 программ на ту территорию, на которую аналоговое телевидение может передавать только одну программу, причем при той же ширине частотного канала. Все приведенные выше рассуждения верны для идеальной плоской поверхности и для скорости сервиса около 2,5 Мбит/сек, что соответствует компрессии H.264.

В 2009 г. появился стандарт DVB-T2, который в два раза эффективнее DVB-T и в 16 раз эффективнее аналогового телевидения (по части использования спектра частот). То есть в идеальном случае DVB-T2 позволяет передавать 16 программ на ту территорию, на которую DVB-T передает 8 программ, а аналоговое – одну. Разумеется, конкретные условия сложнее

идеальных, и точные зоны приема определяются расчетами.

Сигнал DVB-T и сигнал аналогового телевидения ведут себя по-разному по мере удаления от телевизионной передающей станции. Давайте представим, что у нас есть абсолютно ровная местность без деревьев и строений, а на ней – телевизионная башня, на которой установлены два передатчика – аналоговый и цифровой DVB-T. Оба передатчика работают на одну антенну (на соседних частотах), отдавая в нее одинаковую среднюю мощность. При этом цифровой передатчик передает 8 телепрограмм, а аналоговый – одну. Стало быть, их зоны приема должны совпадать.

Также представим, что у нас есть автомобиль, в котором установлены цифровой и аналоговый телевизоры, имеющие одинаковые радиочастотные характеристики и осуществляющие прием на одну антенну. Кроме того, предположим, что от телевизионной башни идет прямая дорога. Как будет меняться сигнал, если мы поедем по этой дороге на автомобиле, удаляясь от передающей станции, и будем смотреть цифровой и аналоговый телевизоры?

До достижения границы зоны приема цифровое телевидение будет работать стабильно, независимо от того, едет машина или стоит на месте. Если разогнаться до скорости 100



Рис.1. Относительные размеры зон приема (обслуживания) для сигналов DVB-T в зависимости от числа сервисов

MrCable

Провода в бухтах:
видео, аудио,
комбинированные,
DMX,
триаксиальные

www.mrcable.ru
(495) 741-24-52

реклама

км/час, то в этом случае иногда могут наблюдаться срывы картинки. Аналоговое же телевидение будет работать хорошо только в случае, если машина стоит. При этом изображение может иногда становиться мутным, происходит раздвоение вертикальных линий, есть вероятность возникновения других дефектов. После пересечения границы зоны приема мы обнаружим, что цифровой сигнал пропал и на экране видны сплошные «квадратики». Аналоговое же телевидение можно будет принимать, но чем дальше мы будем находиться от башни, тем сигнал будет становиться все хуже и хуже – на изображении появятся белые «искры», начнет пропадать цветность и т.п.

Такова особенность приема цифрового телевидения: оно или есть, или нет. Если аналоговое телевидение пропадает постепенно, то цифровое перестает работать сразу после достижения границы зоны приема.

Если мы проведем тот же мысленный эксперимент для случая, когда цифровое телевидение передает одну-две программы, то увидим, что они будут приниматься даже тогда, когда

от аналоговой программы на экране телевизора не останется и следа.

Нарисованная выше картинка, конечно, является крайне упрощенной – в реальном мире присутствуют горы и холмы, деревья и строения, движущиеся автомобили и т.п. Все это приводит к тому, что передаваемый сигнал будет испытывать отражения. Все перечисленные препятствия представляют собой своеобразные зеркала для радиосигналов. На экране аналогового телевизора при приеме отраженных сигналов мы обнаружим раздвоения и размыв изображения, причем искажения могут быть настолько сильными, что смотреть такое изображение будет невозможно. При этом, заметьте, эта ситуация может возникнуть даже внутри зоны приема аналогового телевидения! То есть уровень сигнала по ГОСТ будет достаточным, но при этом изображение окажется некачественным. Отсюда вывод: правила вы-

числения зоны приема аналогового телевидения действуют только для идеального случая.

Для цифрового же телевидения отраженные сигналы не страшны, поскольку модуляция COFDM устроена таким образом, что позволяет их «отбрасывать» (см. ниже о защитном интервале). Тем не менее, отраженные сигналы приводят к искажению формы сигнала COFDM. Поговорим об этом чуть подробнее. При распространении сигнала цифрового телевидения между приемником и передатчиком в зависимости от условий местности могут образоваться три типа каналов распространения радиоволн: канал Гаусса, канал Райса и канал Рэлея. Канал Гаусса – это условия, близкие к идеальным: отраженных сигналов не существует, в канале связи есть только тепловой шум. Канал Райса – это канал Гаусса плюс наличие отраженных сигналов от статичных объектов. Канал Рэлея – это канал Райса плюс наличие отраженных сигналов от подвижных объектов.

Эти три типа каналов грубо соответствуют трем типам телевизионного приема: на наружную антенну, на комнатную антенну и на антенну мобильного устройства. Аналоговое телевидение будет работать хорошо только в том случае, если между передатчиком и приемником – канал Гаусса, а проще говоря – нет отраженных сигналов. Цифровое телевидение будет качественно работать при любом типе канала.

В реальных условиях очень трудно понять, в каком месте какой канал образуется при приеме. В квартире среднестатистического телезрителя, если расположить антенну на шкафу, может получиться канал Райса, а если на подоконнике – то канал Рэлея и т.п.

Почему так важно знать, когда и какой канал образуется? Потому что разным типам каналов в цифровом телевидении соответствует разное отношение сигнал/шум и, соответственно, у них будут разные зоны приема.

Для канала Гаусса зона приема будет максимальной, для канала Рэлея – минимальной при одинаковых параметрах передатчиков и приемников. Как видите, ситуация усложнилась (рис. 2).

Рассмотрим пример: пусть у нас есть передатчик DVB-T, который установлен на башне и работает. Сначала представим, что башня находится

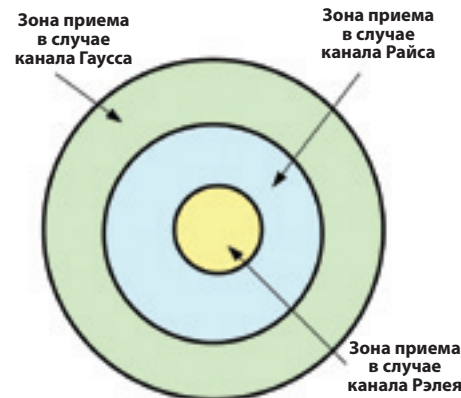


Рис. 2. Размер зоны приема в зависимости от типа канала

в сельской местности. В этом случае прием осуществляется на наружную антенну, высоких зданий нет, поэтому с большой степенью вероятности повсюду будет канал Гаусса. И размер зоны приема окажется максимальным.

Если же предположить, что башня стоит в большом городе, то ситуация станет сложной – на последних этажах зданий будет канал Райса, на нижних – канал Рэлея. То есть для верхних этажей зона приема будет больше, чем для нижних.

Эта картина будет меняться в случае, если прием ведется в кварталах с разной высотой застройки, при наличии рядом улиц с движущимися машинами, высоких зданий и т.п. А вот на окраинах города в частных домах и коттеджах может опять образоваться канал Гаусса и тогда на окраинах прием будет лучше, чем в центре!

Эта ситуация совершенно непривычна для аналогового телевидения и выглядит парадоксально, ведь получается, что передатчик цифрового телевидения находится в центре города, а прием на окраинах и в городах-спутниках может быть лучше, чем в самом городе! Именно такая картина наблюдается в Екатеринбурге. В некоторых районах города прием может осуществляться только на наружную антенну, в то время как существуют населенные пункты в 20 км от города, где прием осуществляется на комнатную антенну. Как теперь стало понятно, все зависит от того, какой тип канала связи образовался между приемником и передатчиком, а это в свою очередь зависит от характера отраженных сигналов, которые присутствуют в эфире.

Значения отношения сигнал/шум для каждого типа канала связи можно найти в стандарте ETSI EN 300744 (приведены в табл. 1).

MrCable

Соединительные видеокабели
всех известных форматов

www.mrcable.ru
(495) 741-24-52

реклама

Cinema
PRODUCTION
SERVICE

СИНЕМА

PRODUCTION SERVICE

7-я международная выставка
услуг для кино и телепроизводства

27–29 апреля 2010

Москва, Центр международной торговли
(Краснопресненская наб., 12)

ВНИМАНИЕ!!!
ИЗМЕНИЛАСЬ
ДАТА
ПРОВЕДЕНИЯ
ВЫСТАВКИ!

услуги по организации производства фильмов
киносъемочная аппаратура

обработка пленок

профессиональные СМИ

семинары

спецэффекты

декорации и реквизит

студии звукозаписи

локейшны

монтажные студии

юридические и консалтинговые услуги

ПОСТПРОДАКШН

павильоны для съемок

киносъемочная аппаратура

ПРЕПРОДАКШН

осветительная техника

актерские агентства

компьютерная графика

расходные материалы

ПРОДАКШН

операторская техника

презентации новинок

образование

конференция по цифровому кино

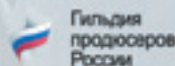
Встречайтесь с профессионалами!

Все новости выставки на www.rosinex.ru

Организатор:



Стратегический партнер:



Технический партнер:



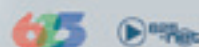
Креативный партнер



Отраслевой
медиа-партнер



Генеральные
информационные партнеры:



Информационная поддержка:

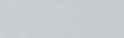
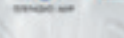
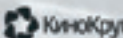
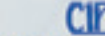
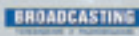


Таблица 1

Модуляция	FEC	Отношение сигнал/шум, дБ		
		Канал Гаусса	Канал Райса	Канал Рэля
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4
	2/3	4,9	5,7	8,4
	3/4	5,9	6,8	10,7
	5/6	6,9	8,0	13,1
	7/8	7,7	8,7	16,3
16QAM	1/2	8,8	9,6	11,2
	2/3	11,1	11,6	14,2
	3/4	12,5	13,0	16,7
	5/6	13,5	14,4	19,3
	7/8	13,9	15,0	22,8
64QAM	1/2	14,4	14,7	16,0
	2/3	16,5	17,1	19,3
	3/4	18,0	18,6	21,7
	5/6	19,3	20,0	25,3
	7/8	20,1	21,0	27,9

Из таблицы хорошо видно, что для одного и того же типа модуляции (и, соответственно, для одной и той же скорости цифрового потока) требуются разные отношения сигнал/шум. Допустим, для режима 64QAM с FEC=7/8 разница между каналами Гаусса и Рэля составляет

почти 8 дБ! Это означает, что данный тип модуляции будет работать в городских условиях значительно хуже, чем в сельских.

А вот для режима с FEC=1/2 эта разница составляет около 1,5 дБ, то есть качество приема с использованием этого режима в городских и сельских условиях будет отличаться незначительно. Любопытно заметить, что в новом стандарте DVB-T2 разница между

требуемыми отношениями не так велика для разных типов каналов, что делает этот стандарт более совершенным.

Для того чтобы сделать прием цифрового телевидения в каналах Райса и Рэля более устойчивым, применяется канальное кодирование – специальное преобразование цифрового потока с це-

лью повысить его помехоустойчивость. Величина FEC, которая приводится выше, как раз характеризует режим канального кодирования. При этом величина 1/2 обеспечивает наилучшую защиту, а 7/8 – наихудшую. Платой за это является скорость потока: если используется наилучшая защита – скорость потока минимальна, если наихудшая – максимальна.

Кроме того, для защиты от отраженных сигналов, приходящих от дальних объектов, используется так называемый защитный интервал. Защитный интервал – это очень короткий промежуток времени, в течение которого сигнал не передается. Защитный интервал вставляется между порциями цифрового потока. Отраженные сигналы, если они есть, приходят от передатчика к приемнику в течение защитного интервала и таким образом не влияют на полезный сигнал. От величины защитного интервала также зависит полезная скорость цифрового потока. При наилучшей защите она минимальна, при наихудшей – максимальна. Таким образом, выбор параметров канального кодирования (FEC) и величины защитного интервала – это вопрос компромисса между объемом передаваемой информации и качеством передачи.

Зависимость скорости передачи информации от величины FEC, размера созвездия и величины защитного ин-

тервала приведена в табл. 2. Размер созвездия также оказывает влияние на надежность передачи сигнала: режим QPSK дает наилучшую надежность, 16QAM – среднюю, а 64QAM – удовлетворительную.

Помимо влияния отраженных сигналов, возможно влияние импульсных помех, уровень которых в городских условиях может быть очень интенсивным. В общем случае DVB-T не имеет защиты от импульсных помех, поэтому в некоторых случаях канальное кодирование может спасти, а в некоторых – нет. В DVB-T2 эта проблема решена путем использования так называемого перемежения (interleaving) по времени – специального «перемешивания» данных по временной шкале с возможностью последующего восстановления.

Еще одно кардинальное отличие приема цифрового телевидения DVB-T от приема аналогового – это возможность точно определить качество приема. В аналоговом телевидении не существовало широко распространенных и легко измеряемых параметров, характеризующих это качество. В цифровом телевидении такой параметр существует и называется BER (Bit Error Rate – коэффициент битовых ошибок). BER показывает, сколько ошибочных бит было передано относительно количества бит, которые были переданы без ошибки. Считается, что цифровое телевидение работает качественно, если BER равен 10^{-4} , то есть один ошибочный бит на 10 тыс. бит, переданных правильно.

Многие из вас видели в экранном пользовательском интерфейсе устройств приема DVB две полоски – «Уровень» и «Качество». Их длина изменяется в процентах от 0 до 100. Полоса «Качество» как раз и показывает относительное значение BER. Зависимость BER в процентах от абсолютного значения BER определяется разработчиком приемника, но как правило значению полоски «Качество» 50% соответствует значение BER 10^{-4} .

Получив качество 50%, можно быть уверенным в том, что картинка на телевизоре в точности соответствует той, которая подается на вход передатчика. В аналоговом телевидении не было ничего подобного, и качество, чаще всего, оценивалось «на глазок» либо с использованием дорогостоящих измерительных демодуляторов.

В цифровом же телевидении каждый владелец приемника может оценить, насколько хорошо он «поймал цифру».

MrCable

Соединительные мультимедийные кабели



www.mrcable.ru
(495) 741-24-52

реклама

Таблица 2

Размер созвездия	FEC	Защитный интервал			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16QAM	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64QAM	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16