

Лекция 9

9 КАБЕЛЬНОЕ ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

9.1 Общие сведения о системах кабельного телевидения

Кабельное телевидение (CATV – Community Antenna Television) – телевизионное вещание, которое осуществляется посредством высокочастотных сигналов, передаваемых через проложенный к потребителю кабель. Кабельное телевидение является весьма удобной помехозащищенной альтернативой обычному наземному и спутниковому телевидению.

Первоначально основой кабельных телесетей являлся коаксиальный кабель. Успешное развитие технологий оптической передачи данных привело к внедрению оптического волокна в сети кабельного телевидения в виде гибридных *волоконно-коаксиальных (HFC–hybrid fibre-coaxial)* сетей, в которых сочетаются волоконно-оптические линии (магистральные линии) и коаксиальные кабели (внутридомовая разводка). Волоконно-оптическая технология позволяет создавать интерактивные широкополосные сети пригодные для передачи и распределения цифровой информации. В кабельной сети отношение сигнал шум значительно выше чем в спутниковой. По стандарту оно должно быть не ниже 43дБ. Это позволяет более широко использовать многопозиционную модуляцию для увеличения пропускной способности кабельной сети.

9.2 Структура цифровой мультисервисной сети кабельного телевидения

Обобщенная функциональная схема цифровой мультисервисной сети кабельного телевидения изображена на рис.6.1. Головная станция осуществляет прием как аналоговых, так и цифровых эфирных телевизионных сигналов, конвертирование в соответствие с частотным

планом, преобразование аналоговых сигналов в цифровые стандарта DVB-C и передачу цифровых телевизионных сигналов в распределительную кабельную сеть. Спутниковая антенна обеспечивает прием сигналов цифровых телевизионных программ в стандарте DVB-S. После преобразования и суммирования с другими цифровыми потоками они также поступают в распределительную сеть [1,5].

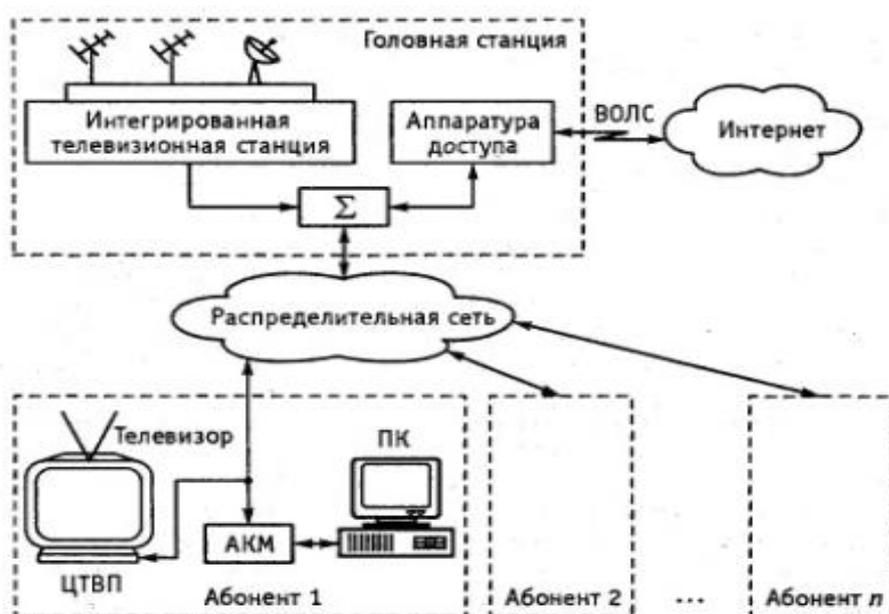


Рисунок 9.1 – Функциональная схема цифровой сети кабельного телевидения

Интерактивный режим обеспечивается специальной аппаратурой доступа, содержащей оптоэлектронный преобразователь и стационарный кабельный модем (СКМ). Через оптоэлектронный преобразователь головная станция имеет широкополосный доступ в сеть Интернет (со скоростью до 155Мбит/с).

Распределительная кабельная сеть с обратным каналом обеспечивает передачу в прямом канале цифровых ТВ программ в диапазоне 47,5...862МГц и передачу цифровых сигналов по обратному каналу в диапазоне 5...30МГц.

Абонентские места содержат аналоговые телевизионные приемники с приставками – абонентскими устройствами (STB – Set-Top-Box) для приема цифровых телевизионных программ в стандарте DVB-C или цифровые телевизоры, поддерживающие данный стандарт.

Для обеспечения работы в интерактивном режиме в состав абонентского оборудования может быть включен абонентский кабельный модем (АКМ) и персональный компьютер (ПК) с соответствующим программным обеспечением, зависящим от предоставляемых абоненту информационных услуг.

Кроме доставки абонентам эфирных и спутниковых цифровых телевизионных программ в стандарте DVB-C кабельная мультисервисная сеть обеспечивает также высокоскоростной выход в Интернет с предоставлением доступа к различным информационно поисковым службам, услугам голосовой и видеосвязи, организацию услуг IP-телефонии. Все это позволяет обеспечить, например, дистанционное обучение в интерактивном режиме, медицинские консультации на дому с возможностью передачи в медицинский центр данных о состоянии здоровья (кардиограмм, энцефалограмм и др.), необходимых для оперативного принятия решения квалифицированными специалистами, а также создать охранные и противопожарные системы видеонаблюдения.

9.3 Система кабельного цифрового телевидения стандарта DVB-C

9.3.1 Принципы построения головной станции системы цифрового кабельного телевидения стандарта DVB-C

В основе цифрового телевизионного вещания по кабелю DVB-C как и других стандартов DVB лежит стандарт кодирования движущихся изображений и звукового сопровождения MPEG-2. В настоящее время используется основной профиль без масштабирования [2].

Внедрение цифрового телевидения в системы кабельного телевидения (СКТ) требует оценки их пригодности для этой цели и необходимости доработки. В правильно спроектированной аналоговой СКТ отношение сигнал/шум (SNR - Signal to Noise Ratio) не менее 43 dB [5]. Такое высокое SNR обеспечивает малую вероятность ошибок при передаче цифровых потоков и позволяет обойтись одной ступенью помехоустойчивого кодирования. Однако пакетные ошибки не исключены, поэтому перемежение остается составной частью помехоустойчивого кодирования. Анализ помех и искажений, типичных для линейного тракта, позволяет предположить, что цифровые сигналы окажутся менее чувствительными к интермодуляционным искажениям (CSO и CTB), чем аналоговые, благодаря значительно меньшему требуемому защитному отношению S/D (цифровой сигнал/цифровая помеха) в совпадающем и соседних каналах и более гладкому спектру. В то же время цифровые QAM сигналы более чувствительны к амплитудным и особенно фазовым искажениям в тракте, поэтому вопросы согласования, коррекции характеристик остаются достаточно острыми. В литературе еще не достаточно данных о взаимном влиянии большого числа цифровых потоков в кабельной сети, т.к. благодаря эффективному сжатию, в одном частотном канале удастся передать до 4-6 ТВ программ, и после перевода на цифровой формат даже очень загруженная сеть с 25-35 транслируемыми программами переходит в категорию сетей с 5-7 реально занятыми физическими каналами, в которых проблемы взаимных помех не столь актуальны. В построении головных станций (ГС) переход на цифровой формат предъявляет новые требования к аппаратуре обработки и формирования сигналов. Появляется возможность формировать многопрограммные цифровые потоки, не декодируя принятые MPEG-2 сигналы, а выделяя в них нужные компоненты на уровне транспортного потока и ремультимплексируя эти компоненты в новый транспортный поток. Также на уровне транспортного потока могут решаться вопросы скремблирования, смены системы условного доступа.

Принятый в стандартах DVB единый подход к каналному кодированию существенно облегчает обработку и преобразование сигналов DVB, т.к. число дополнительных операций при преобразованиях оказывается минимальным. В этом смысле стандарт DVB-C достаточно близок к спутниковому стандарту DVB-S. Структура системы DVB-C максимально гармонизирована со структурой спутниковой системы DVB-S, но в качестве типа модуляции в ней используется не QPSK, а M-QAM с числом позиций M от 16 до 256 (т.е. от 16 QAM до 256 QAM).

На рис.9.2 приведена функциональная схема кодера стандарт DVB-C головной станции кабельной линии, а рис.6.3 абонентского приемника-декодера для такой линии.

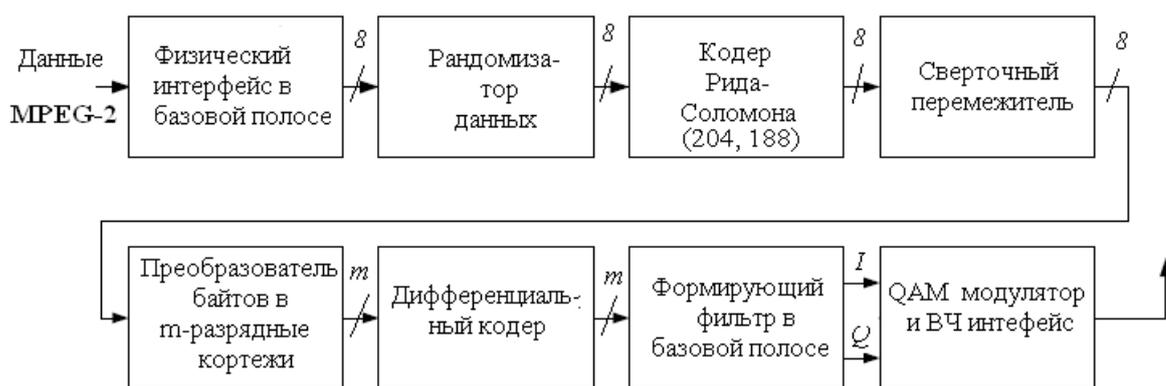


Рисунок 9.2 – Функциональная схема кодера головной станции кабельной системы стандарта DVB-C

Входными сигналами на ГС являются транспортные пакеты MPEG-2 и тактовые сигналы, получаемые через интерфейс в основной полосе от: спутниковой линии, технологических линий, локальных программных источников и т.п. Методы инверсии каждого восьмого байта для цикловой синхронизации, рандомизации, перемежения и кодирования RS-кодом не имеют отличий от аналогичных методов и устройств в системах DVB-S и DVB-T. Преобразователь байтов и кортежи (короткие последовательности

битов, равные значности модулирующего кода) осуществляет формирование битовых структур, удовлетворяющих условию последующего получения символов QAM. Длина кортежа $m = \log_2(M)$, где M – число позиций QAM сигнала. С целью получения созвездия, не зависящего от скорости вращения вектора несущей (частоты несущей), к двум старшим разрядам каждого символа QAM применяется дифференциальное кодирование. На этом формирование кортежей заканчивается и осуществляется найквистовская согласованная фильтрация для формирования спектра в квадратурных каналах I и Q. Затем сигналами I и Q модулируются квадратурные несущие, и сигнал QAM переносится по спектру в полосу рабочего кабельного канала, для сопряжения с которым служит физический интерфейс.

9.3.2 Особенности приемников-декодеров абонентов цифрового кабельного телевидения стандарта DVB-C

На приемной стороне (рис. 6.3) в соответствующем порядке выполняются обратные операции по демодуляции и декодированию сигналов в цифровой приставке Set-Top-Box (STB). Характерной особенностью рассмотренного тракта адаптации является отсутствие внутреннего сверточного кодека и формирования спектра в основной полосе. Защита от пакетированных ошибок производится исключительно за счет перемежения на выходе кодера Рида-Соломона.



Рисунок 9.3 – Функциональная схема приемника - декодера кабельной системы стандарта DVB-C

После сверточного перемежения непрерывную последовательность байтов необходимо разделить на короткие последовательности битов – кортежи, каждая из которых соответствует символу QAM, т.е. определенной точке на квадратурной диаграмме модулированного сигнала. Циклическая задача отображения байтов в кортежи для одного цикла может быть выражена формулой: $8k = n \cdot m$, где: k – число преобразуемых байтов по 8 бит; n – число кортежей длиной m бит. Различным вариантам модуляции QAM соответствуют значения коэффициентов, показанные в табл.9.2.

Таблица 9.2– Число байт в кортежах для различных вариантов QAM

Модуляция	m	n	k	$8k = n \cdot m$
16QAM	4	2	1	8
32QAM	5	8	5	40
64QAM	6	4	3	24
128QAM	7	8	7	56
256QAM	8	11	1	8

Минимальный цикл преобразования в 1 байт соответствует вариантам модуляции 16 QAM и 256 QAM. При 256 QAM байты и кортежи совпадают. В табл.9.3 приведены примеры расчетных значений символьной и информационной скоростей при разных кратностях модуляции в канале с полосой 8МГц. Максимальная скорость достигает 38,1Мбит/с, что соответствует пропускной способности ствола спутникового ретранслятора с полосой 33 МГц в типовом режиме $F_{симв} = 27,5 \text{ Мсимв/с}$, $CR = 3/4$.

Таблица 9.3– Значения символьной и информационной скоростей

Полезная информационная скорость (транспортный уровень Мбит/с	Общая скорость, включая RS (204, 188), Мбит/с	Кабельная символьная скорость, Мбод/с	Занимае -мая полоса частот, МГц	Вид Моду- ляци
38,1	41,34	6,89	7,92	64QAM
31,9	34,61	6,92	7,96	32QAM
25,3	27,34	6,84	7,86	16QAM
18,9	20,52	3,42	3,93	64QAM
16	17,4	3,48	4	32QAM
12,8	13,92	3,48	4	16QAM
9,6	10,44	1,74	2	64QAM
8	8,7	1,74	2	32QAM
6,4	6,96	1,74	2	16QAM

9.4 Основные выигрыши кабельных операторов при внедрении стандарта DVB-C

Что несет с собой стандарт DVB-C? Такой вопрос наиболее часто задают кабельные операторы при переходе на цифровые технологии. При внедрении стандарта DVB-C реализуются следующие преимущества.

1. Обеспечивается существенная экономия частотного ресурса. Действительно, если в одном физическом канале размещаются 4-8 ТВ программ, то это означает, что для передачи 60-ти программ требуется всего

около 10-ти каналов. Такой частотный выигрыш особенно ощутим при внедрении стандарта DVB-C на устаревших сетях с полосой пропускания до 240...300 МГц. В таких сетях легко размещаются свыше 100 цифровых каналов, а при активизации реверсного канала – и услуги интерактивного сервиса.

2. Существенно повышается качество транслируемых программ. Действительно, трансляция аналоговых сигналов неизбежно влечет за собой снижение их качества в части неизбежного накопления искажений (шумы, интермодуляционные искажения, фоновая помеха, наводимые сигналы, кросс-модуляция и т.д.). Цифровые же сигналы (DVB-C) сохраняют свое качество вне зависимости от протяженности магистрали. Для них достаточно превышения требуемого уровня сигнала (что всегда выполняется на практике в силу более высокой чувствительности STB в сравнении с телевизором) и порогового значения C/N , которое много ниже регламентируемых 43 dB согласно ГОСТ Р 52023-2003.

3. При использовании стандарта DVB-C появляется возможность значительно увеличить зону обслуживания СКТ за счет более низкого шумового порога (не более 36 dB). Расчеты показывают, что при использовании стандарта DVB-C возможно увеличение зоны обслуживания в 10 и более раз. Причем, такое увеличение зоны охвата наиболее эффективно именно на устаревших сетях с верхней частотой 240...300 МГц. На таких частотах погонные потери коаксиального кабеля почти в 2 раза меньше, чем на частоте 862 МГц, с которой проектируются современные СКТ. При меньших погонных потерях требуется меньшее число усилителей, что и гарантирует поддержание высокого значения SNR. Более того, снижение числа физических каналов снижает энергетическую нагрузку самой СКТ, что эквивалентно значительному улучшению SNR.

4. Появляется возможность эффективного кодирования пакетов программ сформированным по тем или иным экономическим соображениям,

что позволяет операторам СКТ получать дополнительные прибыли за счет формирования платных каналов.

5. При использовании DVB-C облегчается возможность использования фильтров пакетирования. Уменьшение физической реально используемой полосы частот обеспечивает появления частотных пробелов, которые и необходимы при использовании фильтров пакетирования.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое кабельное телевидение?
2. Изобразите функциональную схему цифровой мультисервисной сети кабельного телевидения.
3. Каковы основные особенности стандарта кабельного телевидения DVB-C.
4. Изобразите функциональную схему кодера головной станции кабельной системы стандарта DVB-C и поясните назначение ее основных элементов.
5. Изобразите функциональную схему приемника – декодера кабельной системы стандарта DVB-C и поясните назначение ее основных элементов.
6. Назовите виды многопозиционной модуляции, используемой в стандарте DVB-C. Какова их спектральная эффективность?
7. Назовите основные выигрыши кабельных операторов от внедрения стандарта DVB-C.
8. За счет чего обеспечивается существенная экономия частотного ресурса?
9. Что позволяет увеличить зону обслуживания системы кабельного телевидения?
10. За счет чего значительно повышается качество приема транслируемых программ?

11. Что позволяет операторам систем кабельного телевидения формировать пакеты платных программ?

Список литературы

1. Телекоммуникационные системы и сети : Уч. пособие в 3 томах. Том 2-Радиосвязь, радиовещание, телевидение/ Катунин Г.П. и др. под ред. проф. В.П.Шувалова.-Изд. 2-е, испр и доп.-М.: Горячая линия–Телеком. 2005.-672с.
2. Hervé Benoit. Digital television : satellite, cable, terrestrial, iptv, mobile tv in the dvb framework / Hervé Benoit. – 3rd ed. 2008. -290 p.
3. The Michael Aldrich Archive - Cable Systems. Retrieved 2012-02-14. [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aldricharchive.com>.
4. Eisenmann T. R. Cable TV: From Community Antennas to Wired Cities. Harvard Business School Weekly Newsletter, July 10, 2000.
5. Телевидение: Учебник для вузов, под ред. В.Е. Джаконии. - М.: Горячая линия, 2002.