

DVB-C

Основные положения
Фреймовая структура
Канальное кодирование
Модуляция
Системы распределения.

EN 300 429 - Структурирование, канальное кодирование и модуляция для кабельных систем

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

В 1994г. были выработаны основные положения стандарта **DVB-C** (C – cable, кабель) для кабельного телевизионного вещания и стандарта **DVB-S** (S – Satellite, спутник) для спутникового телевизионного вещания. Ра бота над стандартом наземного вещания **DVB-T** (Terrestrial, наземный) бала закончена позже, 1996г. Там как столкнулись с наиболее серьезными сложностями.

Главные особенности цифрового телевидения:

- Существенное **увеличение количества каналов** на одной несущей частоте
- **Единый подход к кодированию** и передаче телевизионных сигналов с различной четкостью картинки
- **Интеграция с другими видами информации** при передаче по цифровым сетям связи
- **Обеспечение защиты** передаваемых телевизионных программ и другой информации от несанкционированного доступа, что дает возможность создавать системы платного ТВ-вещания

DVB-C

Основное

- Структура системы DVB-C (по стандарт DVB-C) максимально совместима со структурой любой системы построенной на основе DVB в части организации транспортного потока TS.
- В основе стандартов DVB (в том числе и стандарта DVB-C) лежит стандарты кодирования движущихся изображений и звукового сопровождения MPEG



Стандарты трансляции телевизионных цифровых сигналов

Спутниковое вещание



- DVB-S
- DirecTV - DSS
- ISDB-S

Кабельная трансляция



- DVB-C
- ITU-T J83

Наземное вещание



- DVB-T
- ATSC
- ISDB-T

ATSC : Advanced Television Systems Comittee (US)

DVB : Digital Video Broadcasting (EU)

DSS : Direct Satellite System (US)

ISDB : Integrated Services Digital Broadcasting (JP)

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

В основе стандартов лежит стандарт кодирования движущихся изображений и звукового сопровождения **MPEG-2**.

Синтаксис транспортного потока DVB **расширен** **по** сравнению с транспортным потоком MPEG-2. Предусмотрены новые типы пакетов, имеющие свои особые идентификаторы – **PID**. Среди них пакеты **SI** (Service Information – сервисная информация, в которых передаются сведения об источнике ТВ программы, параметры канала связи, классификация содержания программы, EPG (теле гид) и т.д.

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

Основным достоинством стандарта DVB, является то, что используя один **транспортный контейнер, пакет DVB**, вещатель может предоставить пользователю мультисервисные услуги. Именно это свойство DVB стандарта, а также надежность и простота устройств делает его все популярнее в мире и в России.

Транспортный контейнер DVB.

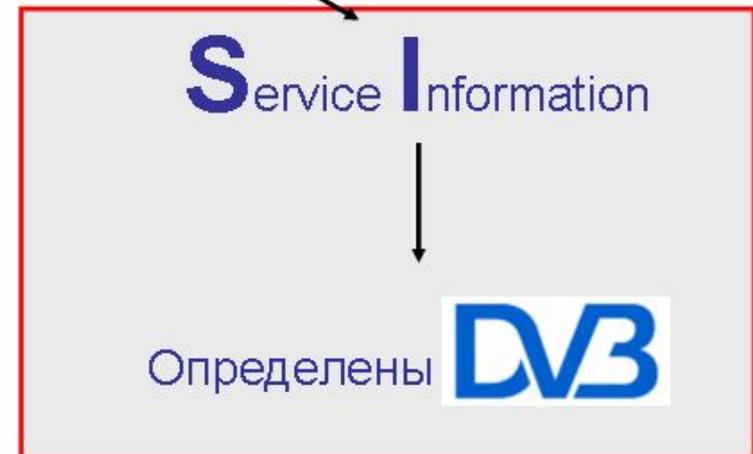


Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB** **Таблицы сервисной информации**

При передаче сигналов цифрового телевидения *сервисная информация* - **SI** встраивается в каждый транспортный поток вещаемого мультимплекса в качестве независимого сигнала. Данные служебной информации - **PSI** и **SI** организованы в виде ряда таблиц. Каждая таблица содержит данные, относящиеся к определенной функции, которая может потребоваться в приемнике для решения поставленной задачи.

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB** **Таблицы сервисной информации**

Два вида информационных таблиц



Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

Для того чтобы интерпретировать содержание транспортного потока, приемник-декодер должен, в первую очередь, декодировать данные SI, содержащиеся в пакетах с особым идентификатором **PID**. Широкий набор данных SI описывает среду передачи, компоненты служб, соотношения между службами, переносимыми конкретным транспортным потоком, а также между службами остальных транспортных потоков сети.

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

Специфическая информация о программах **PSI** предоставляет информацию, требуемую для автоматического конфигурирования приемника, декодирующего и демультимплексирующего различные потоки программ в мультимплексе; она состоит из четырех таблиц.

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

Четыре таблицы **PSI**

- **PMT** (Program Map Table): *таблица структуры программы*
- **PAT** (Program Association Table): *таблица взаимосвязи (ассоциации) программ*
- **CAT** (Conditional Access Table): *таблица ограниченного доступа*
- **NIT** (Network Information Table): *таблица сетевой информации*

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

Данные **SI** структурированы в десять таблиц:

- | | |
|--------|-----------|
| 1. SDT | 2. EIT |
| 3. TDT | 4. BAT |
| 5. RST | 6. TOT |
| 7. ST | 8. SIT |
| 9. BIT | 10. TSDDT |

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

- **SDT** (**S**ervice **D**escription **T**able) - таблица описания службы
- **EIT** (**E**vent **I**nformation **T**able) - таблица информации о событиях
- **TDT** (**T**ime and **D**ate **T**able) - таблица дат и времени
- **TOT** (**T**ime **O**ffset **T**able) - таблица смещения времени
- **BAT** (**B**ouquet **A**ssociation **T**able) - таблица группы служб
- **RST** (**R**unning **S**tatus **T**able) - таблица текущего статуса
- **ST** (**S**tuffing **T**able) - таблица байтов стаффинга
- **SIT** (**S**election **I**nformation **T**able) - таблица выбираемой информации
- **DIT** (**D**iscontinuity **I**nformation **T**able) - таблица неоднородности информации
- **TSDT** (**T**ransport **S**tream **D**escription **T**able) - таблица описания транспортного потока.

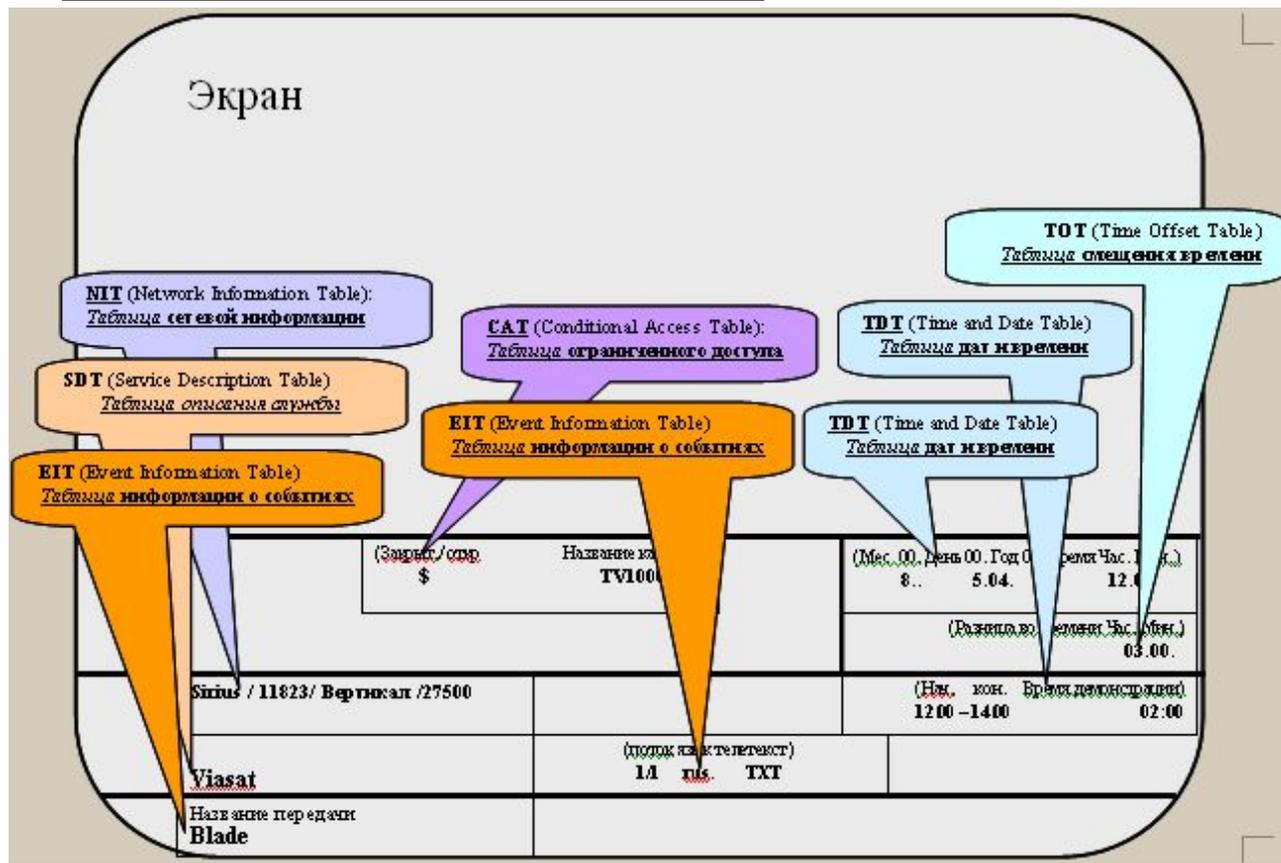
DVB-C

Основное

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB** (основные таблицы)

PAT	Program association table	MPEG-2 PSI Program specific information
PMTs	Program map table	
CAT	Conditional access table	
(NIT)	Network information table	
Private tables		
NIT	Network information table	DVB SI Service information
SDT	Service descriptor table	
BAT	Bouquet association table	
EIT	Event information table	
RST	Running status table	
TDT	Time and date table	
TOT	Time offset table	
ST	Stuffing table	

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**



Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

Стандарты DVB допускают возможность **ВВОДИТЬ дополнительные**, не описанные в стандарте, **пакеты данных с особыми идентификаторами**. В этих пакетах ведущая вещание телевизионная компания может передавать ключи к шифрам условного доступа, так называемые навигаторы или гиды (EPG – Electronic Program Guide), т. е. системы меню и таблиц для поиска нужной передачи и программирования включения телевизионного приемника для просмотра и записи выбранной передачи или другой информации.

Европейский стандарт цифрового телевидения **DVB**

С целью реализации интерактивных режимов работы **в стандартах DVB описаны:**

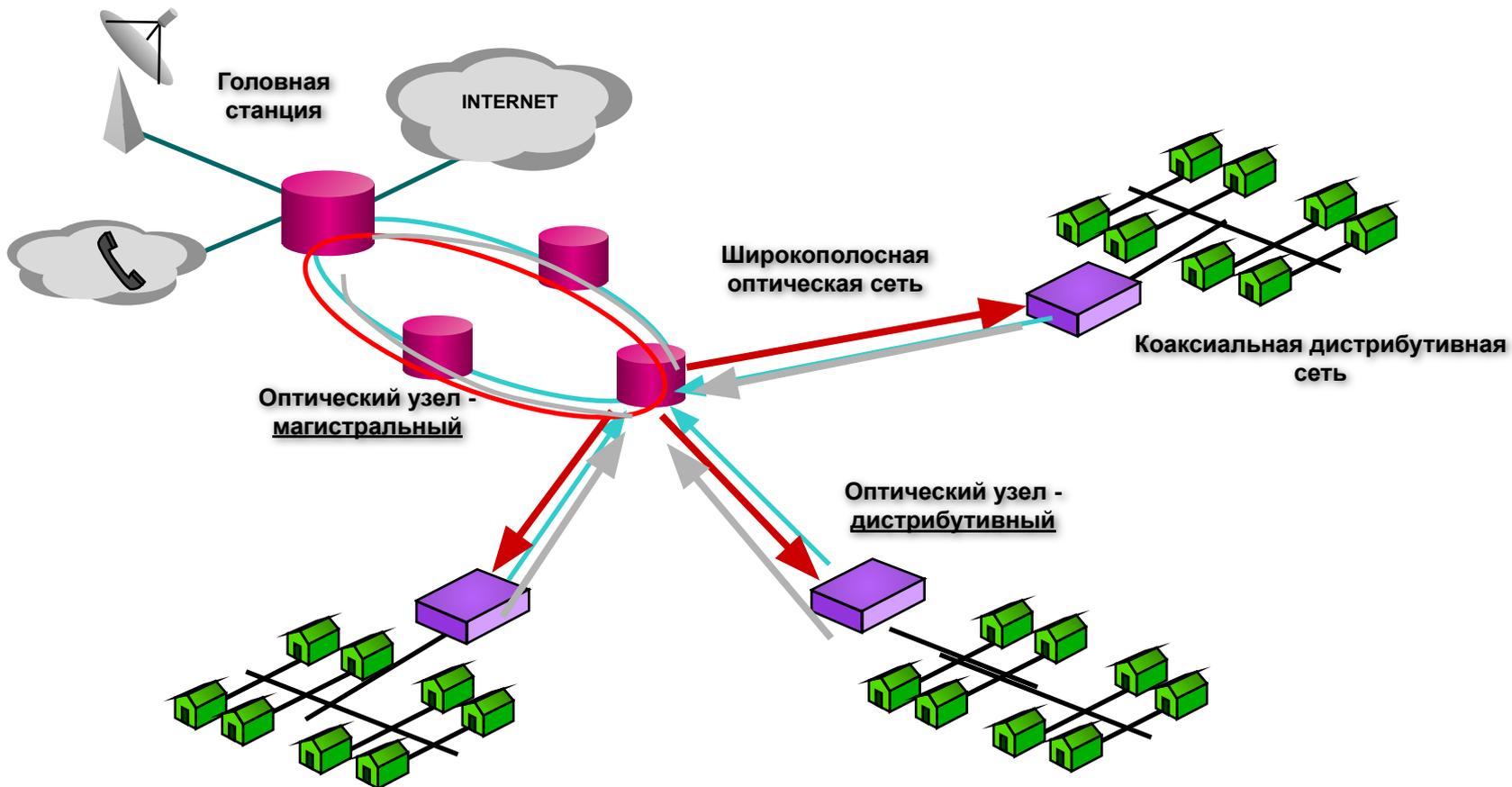
- Независящие от вида используемой сети протоколы обмена данными
- Средства обеспечения интерактивности для некоторых конкретных видов сетей (обычная телефонная сеть, сеть ISDN, сеть кабельного ТВ)

Системами кабельного телевидения называются системы распределения вещательных и не вещательных сигналов, а также разнообразных спутниковых и других сигналов, посредством коаксиальных кабельных и волоконно-оптических линий связи. Тракты передачи в современных системах кабельного телевидения строятся, как правило, по гибридной волоконно-коаксиальной схеме (HFC), когда протяженные отрезки от головных станций выполнены в виде волоконно-оптической линии, а подводка к домам и внутридомовая разводка выполнены с помощью коаксиального кабеля.

Кабельные ТВ сети могут быть или однонаправленными, служащими исключительно для распределения программ от головной станции, или интерактивными, позволяющими вести диалог с провайдером. Применительно к цифровому ТВ вещанию наибольший интерес представляют сети, допускающие интерактивный режим. Архитектура всей системы кабельного вещания при этом отвечает общей структурной схеме интерактивной системы.

DVB-C

Введение



DVB-C

Помехоустойчивое кодирование

DVB-C

Помехоустойчивое кодирование

Помехоустойчивое кодирование передаваемой информации позволяет в приемной части системы обнаруживать и исправлять ошибки. Коды, применяемые при помехоустойчивом кодировании, называются корректирующими кодами или кодами исправляющими ошибки

DVB-C

Помехоустойчивое кодирование

Две ступени помехоустойчивого кодирования.

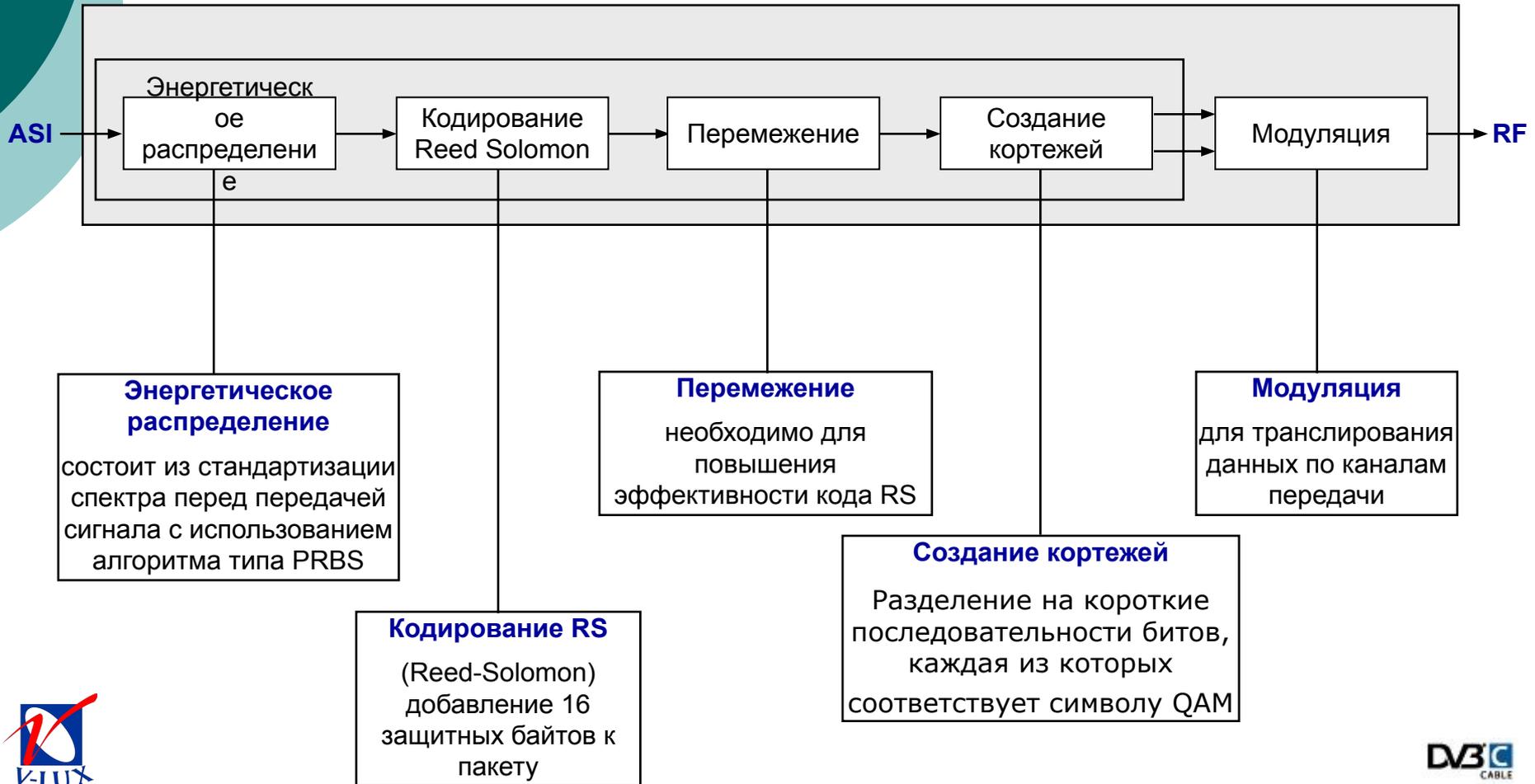
1. **Внешняя ступень** – осуществляется кодирование цифровой информации с помощью кодов Рида-Соломона.
2. **Внутренняя ступень** – используется канальное кодирование, совмещенное с модуляцией

DVB-C

Реализация канального кодирования и модуляции

DVB-C

Диаграмма структуры модулятора



DVB-C

Источники сигналов для DVB-C

В качестве источников сигналов могут использоваться:

- спутниковые программы стандарта DVB-S/S2
- программы, принимаемые по IP-сети
- программы эфирного вещания
- программы собственного производства в аналоговом или цифровом форматах



DVB-C

Asynchronous Serial Interface

ASI

Определяющие параметры DVB для интерфейса TS.

- Стандарт ETSI EN 50083-9
- MPEG-2 до 270Мбит/с
- Коаксиальный кабель с волновым сопротивлением -75 Ом; низкие потери за счет двойной экранировки, BNC разъем, максимальная дистанция трансляции – 100м.
- TS или 188 или 204 байт (с корректирующими кодами RS) на пакет.

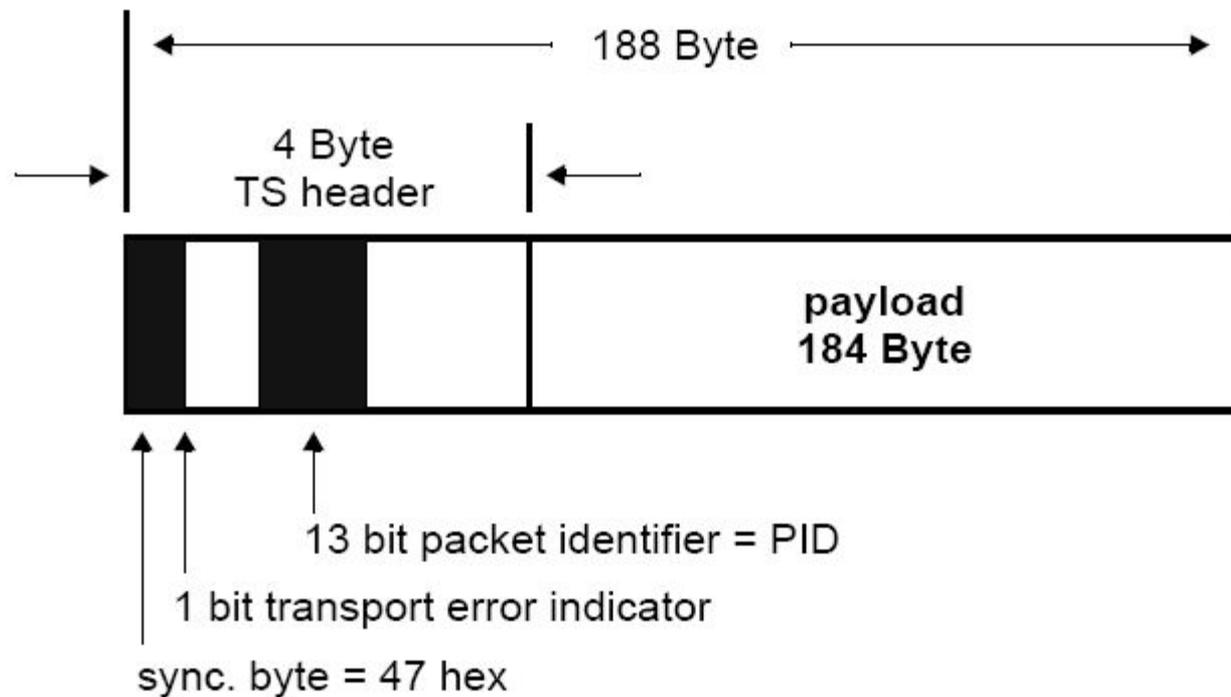


DVB-C

Транспортные пакеты

TS ASI

Структура TS пакетов.



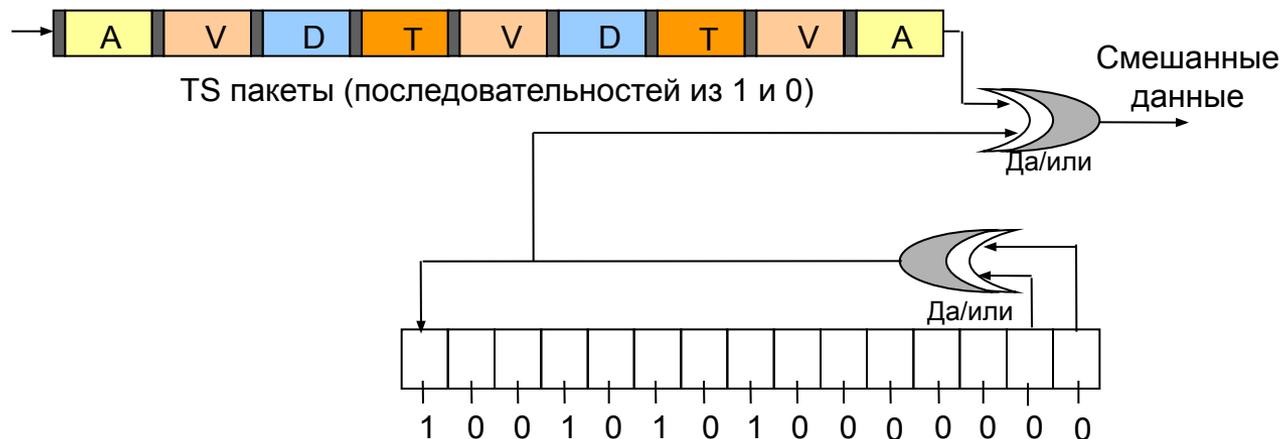
DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Энергетическое распределение организуется с помощью рандомизации. Проводится разбиение длинных последовательностей нулей и единиц на сигналы одного уровня.

Рандомизация выполняется с помощью псевдо произвольного генератора (PRBS).



PRBS генератор стандартизирован в [DVB](#).

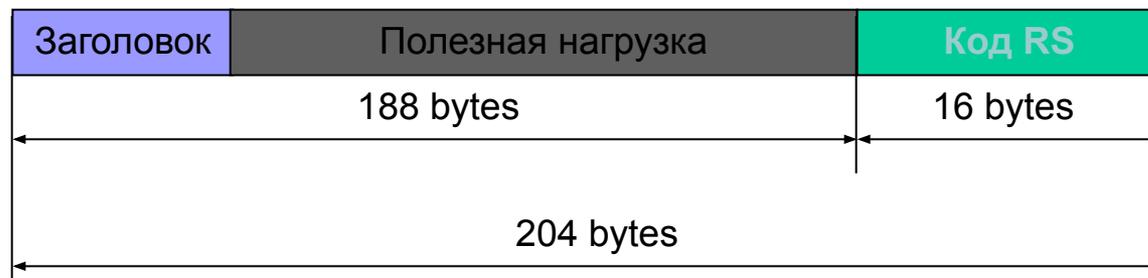
DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Этот этап еще более усиливает пакет добавляя код Reed-Solomon. Этот код имеет размер 16 байтов и может корректироваться вплоть до 8 ошибочных байтов на пакет независимо от позиции этих ошибочных байтов.

Этот код определен как **RS (204, 188, 8)** и использует полиномиальный алгоритм $P(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ с генерацией пакетов величиной 204/188.



DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Для борьбы с пакетированием ошибок применяют перемежение (перестановку) символов передаваемой последовательности на передаче и восстановление ее исходной структуры на приеме. Благодаря перемежению на входе декодера ошибки распределяются во времени более равномерно, в идеале преобразуясь в поток независимых ошибок.

Устройства перемежения подразделяются на *периодические* и *псевдослучайные*.

- Периодические перемежители проще, поэтому они используются в большинстве случаев.
- Псевдослучайные сложнее, но их характеристики лучше, они применяются в некоторых специальных случаях.

DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Периодические устройства перемежения делятся, в свою очередь, на блоковые и сверточные.

- *Блоковые* устройства представляют собой матрицу памяти. Входные блоки данных записываются в столбцы матрицы. После ее заполнения производят считывание по строкам. Тем самым изменяется структура передаваемых данных. На приеме производят запись и считывание в обратном порядке, восстанавливая первоначальную структуру.
- *В системах цифрового телевидения* получили распространение периодические сверточные устройства перемежения.

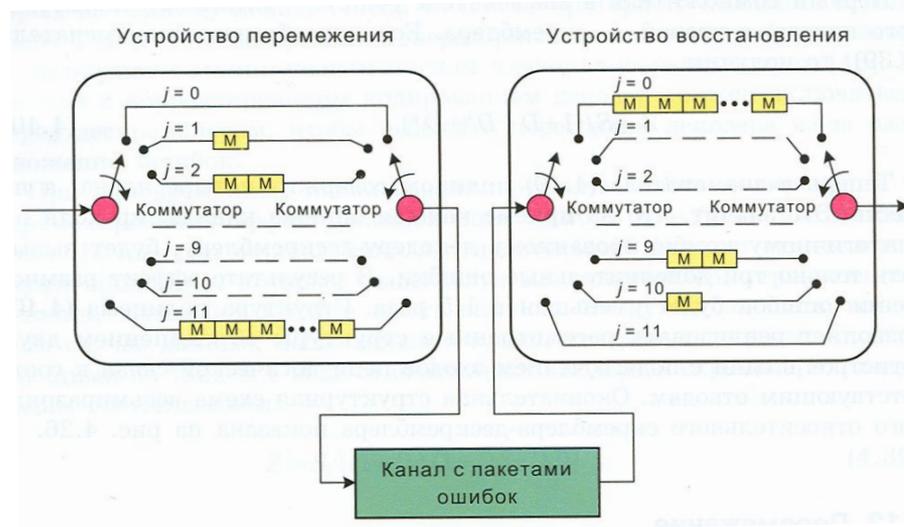
DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Ниже представлен сверточный байтовый перемежитель-восстановитель Фурни с глубиной перемежения $l = 12$.

Глубина перемежения — это полное число ветвей перемежителя, каждая из которых (за исключением первой $l = 0$) представляет собой регистр сдвига обратного магазинного типа (FIFO)



DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Этот этап имеет предназначен для распределения появляющихся ошибок при трансляции, с целью увеличения возможности кодовой коррекции RS.

Данные на трансляцию

D I G I T A L B R O A D C A S T I N G

Не перемеженные данные

D I G I T A L B R O A D C A S T I N G

Восстановление после приема

D I G I T A L B R O A D C A S T I N G

Перемежение данных

D I L R O T G I A C S G E I T A A N D

Восстановление после приема

D I G I T A L B R O A D C A S T I N G

DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



После сверточного перемежения непрерывную последовательность байтов необходимо разделить на короткие последовательности битов, каждая из которых соответствует символу QAM, т.е. определенной точке на квадратурной диаграмме модулированного сигнала. Такие последовательности двоичных символов называются кортежами.

Длина кортежа $m = \log_2(M)$, где M — число позиций сигнала QAM- M .

Циклическая задача отображения байтов в кортежи для одного цикла может быть выражена формулой

$$8k = n - m,$$

где k — число преобразуемых байтов по 8 бит; n — число кортежей длиной m бит.

DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Минимальный цикл преобразования в 1 байт соответствует видам модуляции 16 и 256-QAM. При 256-QAM байты и кортежи совпадают.

Различным вариантам модуляции M-QAM соответствуют значения коэффициентов, показанные в таблице.

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

Коэффициенты преобразования байтов в кортежи

DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



С целью получения созвездия, не зависящего от вращения несущей, к двум старшим разрядам каждого символа QAM применяется дифференциальное кодирование.

Далее осуществляется найквистовская согласованная фильтрация для формирования спектра в квадратурных каналах I и Q . Затем сигналами I и Q модулируются квадратурные несущие,



Структурная схема дифференциального кодирования

DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Манипуляцией называется модуляция в которой модулируемый параметр несущей может принимать в результате этой модуляции ряд дискретных значений

Амплитудная манипуляция (АМн) заключается в дискретном изменении уровня несущей

Частотная манипуляция (ЧМн) осуществляется путем дискретного изменения частоты несущей при постоянной ее амплитуде

DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Фазовая манипуляция (ФМн или QPSK)

заключается в дискретном изменении фазы несущей

Квадратурно-амплитудная манипуляция КАМн

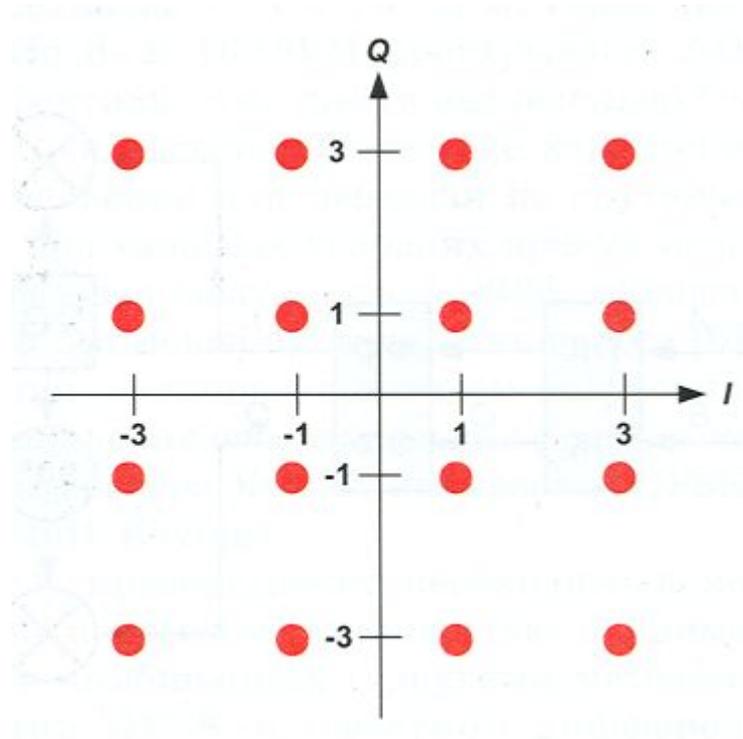
(QAM) заключается в том, что дискретно изменяются амплитуды двух квадратурных составляющих (\sin и \cos) несущей.

DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Сигнальное созвездие 16-QAM показано на рисунке

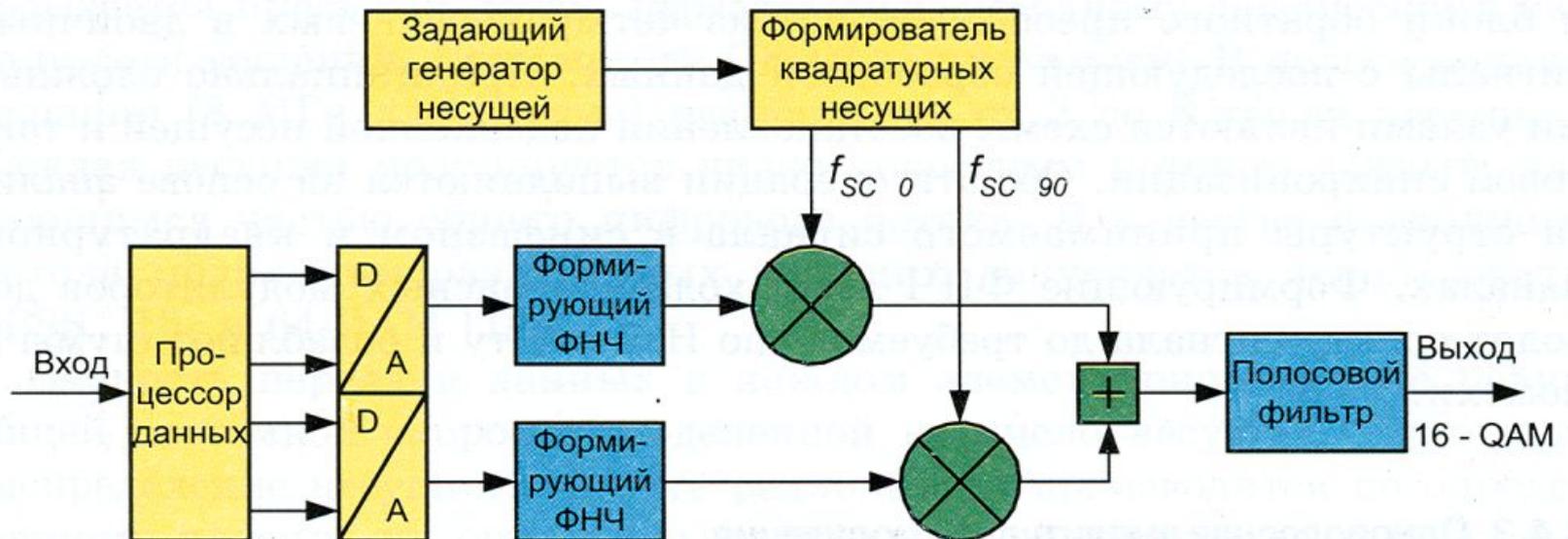


DVB-C

Канальное кодирование и модуляция

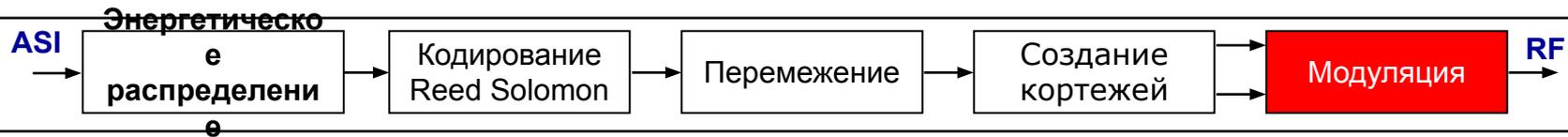


Структурные схемы модулятора 16-QAM и демодулятора 16-QAM показаны на рисунке.



DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Сигнал QAM переносится по спектру в полосу рабочего кабельного канала, для сопряжения с которым служит физический интерфейс.

Стандартным является Fкон. с волновым сопротивлением 75Ом.

DVB-C

Канальное кодирование и модуляция



Вид модуляции	Полная скорость передачи, Мбит/с	Скорость передачи полезных данных, Мбит/с
QAM 16	27,34	25,2
QAM 32	34,61	31,9
QAM64	41,34	38,1

Зависимость скорости передачи информации от вида модуляции

DVB-C

Принципы построения системы DVB-C

DVB-C

Принципы построения системы Основное

Структура системы DVB-C максимально гармонизирована со структурой спутниковой системы DVB-S, но в качестве типа модуляции в ней используется QAM-M с числом позиций M от 16 до 512.

Далее показана структура как оборудования головной станции кабельной линии, так и абонентского приемника-декодера для такой линии.

DVB-C

Принципы построения системы

Основное

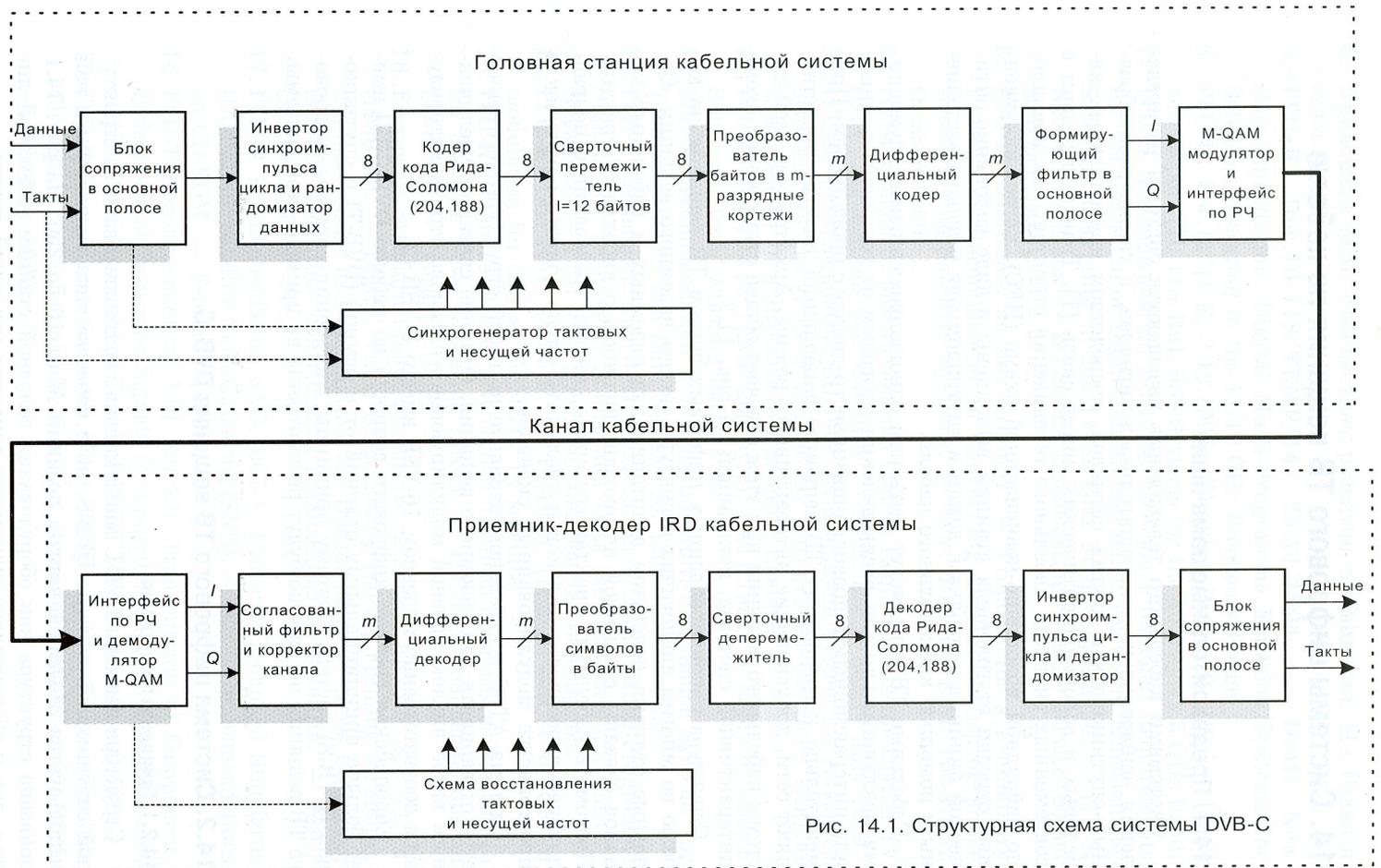


Рис. 14.1. Структурная схема системы DVB-C

DVB-C

Принципы построения системы Основное

Характерной особенностью рассмотренного тракта адаптации является отсутствие внутреннего сверточного кодека и наличие формирования спектра в основной полосе. Защита от пакетированных ошибок производится исключительно за счет перемежения на выходе кодера Рида-Соломона.

DVB-C

Принципы построения системы DVB-C

Особенности интерактивной системы цифрового вещания по кабельным сетям

Принципиальной особенностью интерактивной системы цифрового ТВ вещания по кабелю является передача двух цифровых потоков по прямому интерактивному пути от провайдера к абоненту (нисходящий поток) и по обратному интерактивному пути от абонента провайдеру (восходящий поток).

DVB-C

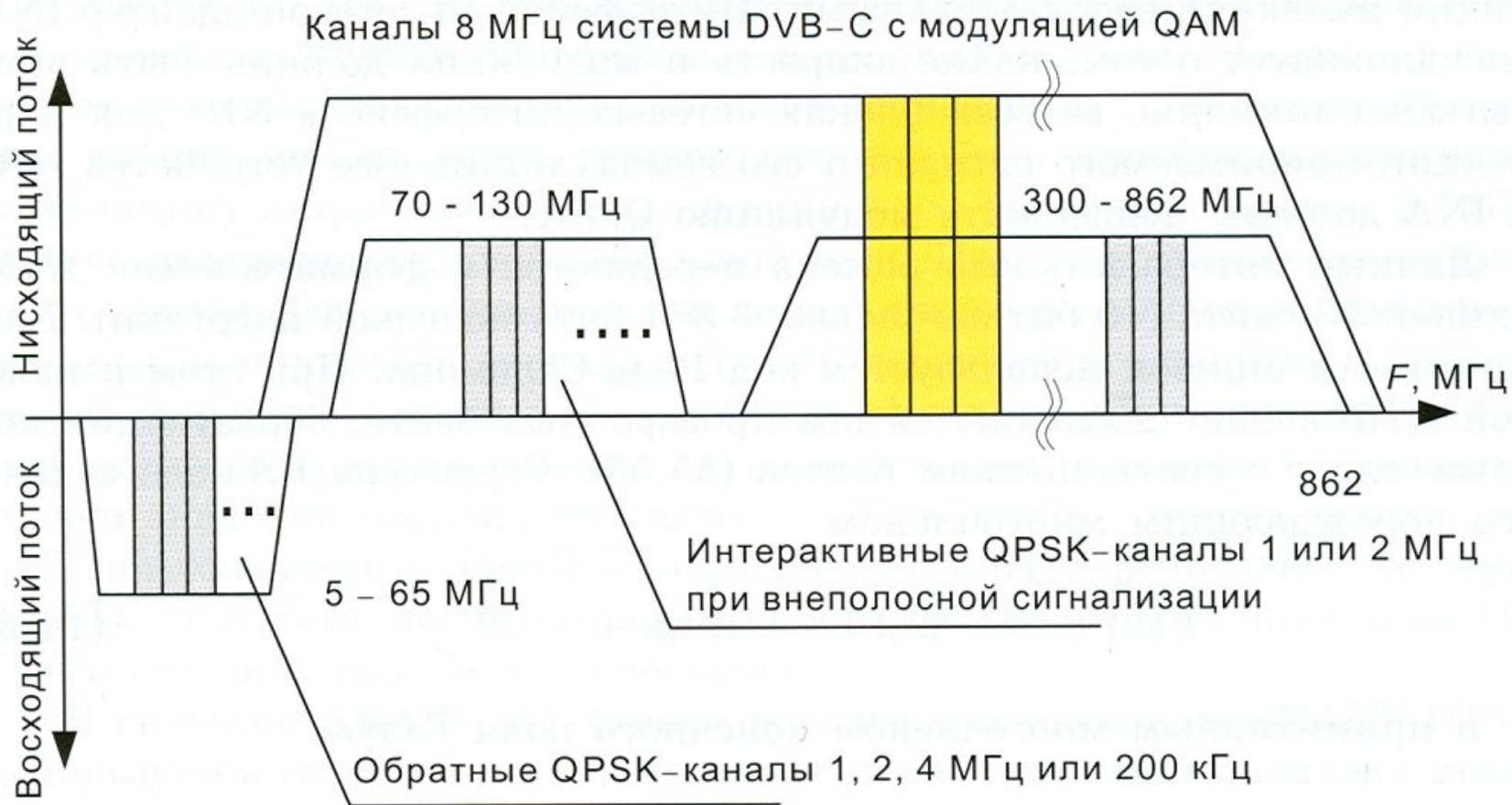
Принципы построения системы DVB-C

Специфика кабельной системы во многом определяется способами организации прямого и обратного интерактивных каналов.

В интерактивных кабельных системах могут применяться два режима сигнализации в нисходящем потоке. В первом случае используется сигнализация вне рабочей полосы тракта вещания, а во втором — в пределах полосы. Однако при этом не требуется, чтобы абонентский приемник STB поддерживал оба этих режима. Качество обслуживания в обоих режимах одинаковое. На одной кабельной сети могут существовать оба вида систем при условии, что они используют различные частоты.

DVB-C

Принципы построения системы DVB-C



Распределение спектра в интерактивной системе DVB-C

DVB-C

STB

***Устройства индивидуального
приема.
STB.***

DVB-C

STB

- В основном все STB DVB-C делятся на 2 группы:
 - принимающие сигналы для открытого просмотра
 - работающие с закрытыми сигналами, закодированными различными системами условного доступа.
- Стандарт DVB определяет 2 способа шифрования:
 - **SimulCrypt**: Требуется согласования среди операторов CA, которые используют различные системы CA, но один алгоритма шифрования. Мультиплексный поток должен содержать пакеты для каждой системы.
 - **MultiCrypt**: Доступ к различным системам условного доступа через съемную PCMCIA карту с использованием стандарта интерфейсного подключения DVB-Common interface (**DVB-CI**). Эта система позволяет не зависеть от поставщиков услуг, но является более дорогой, чем simulcrypt.



DVB-C

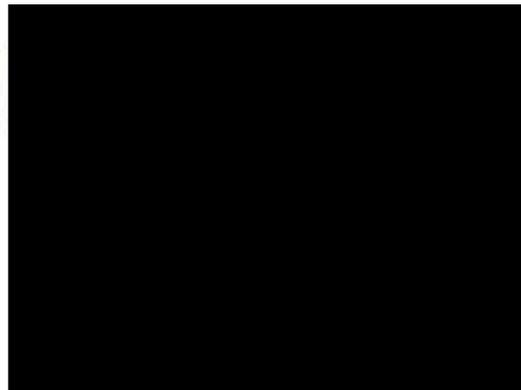
STB

STB DVB-C

Терминалы работающие в кабельных сетях имеют входные параметры соответствующие:

- входные диапазон частот 45-860МГц,
- модуляция QAM
- C/N входного сигнала >12db.

Устойчивость работы терминала определяется работой сети в которой он работает.



1. Существенная экономия частотного ресурса.

Действительно, если в одном физическом канале размещаются 4-8 ТВ программ, то это означает, что для передачи 60-ти программ потребуется всего около 10-ти каналов. Такой частотный выигрыш особенно ощутим при внедрении стандарта DVB-C на устаревших сетях с пропускной способностью 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.

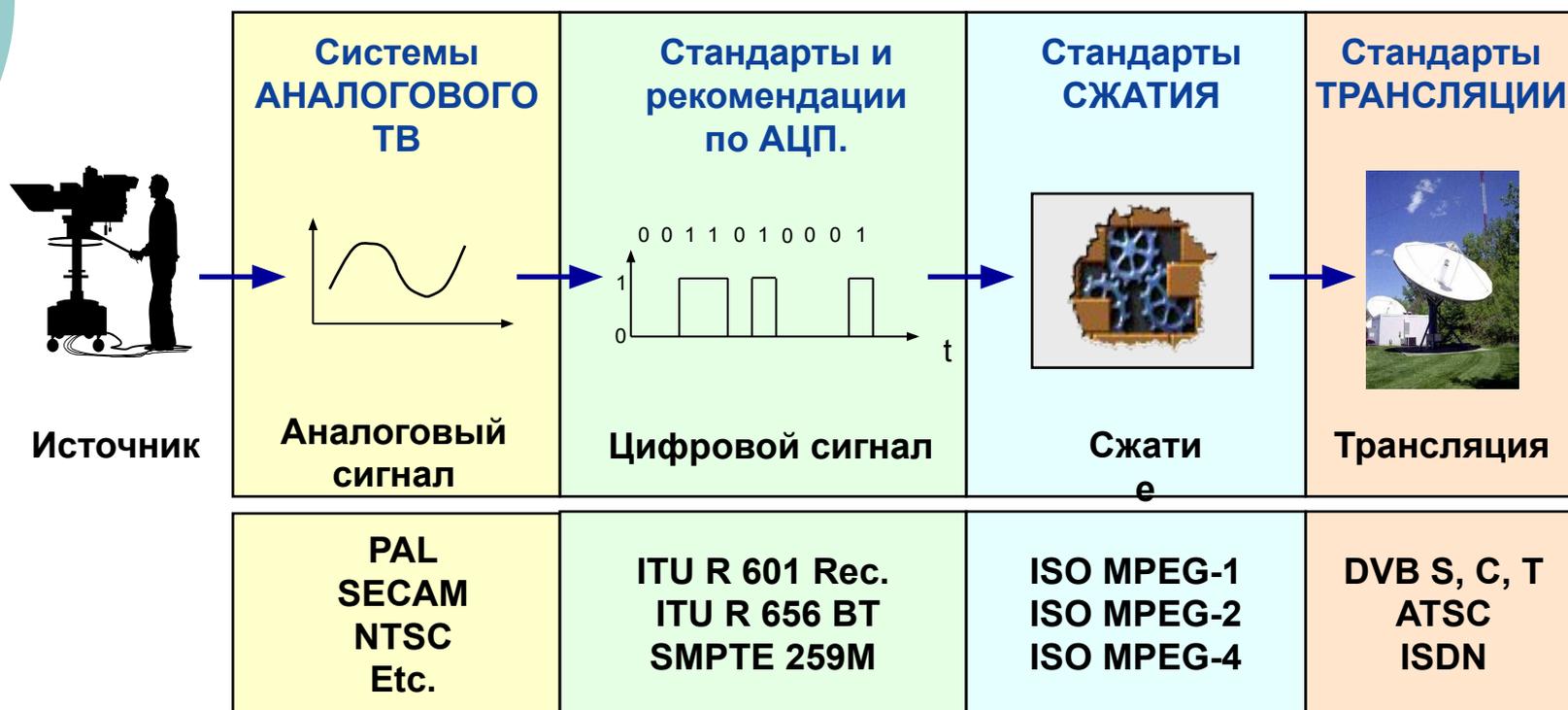
Действительно, трансляция аналоговых сигналов неизбежно влечет за собой снижение их качества в части неизбежного накопления искажений (шумы, интермодуляционные искажения, фоновая помеха, наводимые сигналы, кросс-модуляция и т.д.). Цифровые же сигналы (DVB-C) сохраняют свое качество вне зависимости от 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 S/N. Более того, снижение числа физических каналов снижает энергетическую нагрузку самой СКТ, что эквивалентно значительному улучшению S/N, CTB и CSO.

- 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. При использовании DVB-C так же облегчается и возможность использования фильтров пакетирования за счет снижения физических каналов и появления частотных пробелов, которые и необходимы при использовании фильтров пакетирования.



ТВ стандарты





Спасибо за внимание!