

DVB – T (digital video broadcasting – terrestrial)



История DVB - T

- Стандарт **DVB-T** для цифрового эфирного ТВ-вещания в диапазоне ДМВ для Европы и других стран был принят в 1996 г. — на два года позже аналогичных стандартов для спутниковых ([DVB-S](#)) для цифрового эфирного ТВ-вещания в диапазоне ДМВ для Европы и других стран был принят в 1996 г. — на два года позже аналогичных стандартов для спутниковых (DVB-S) и кабельных ([DVB-C](#)) каналов связи. Эта задержка была вызвана необходимостью применения более сложных технических методов передачи цифровой информации при сохранении приемлемой стоимости цифрового эфирного телевизора, а также из-за не очень высокой коммерческой конъюнктуры ввиду отсутствия свободных ТВ-каналов в диапазоне ДМВ для

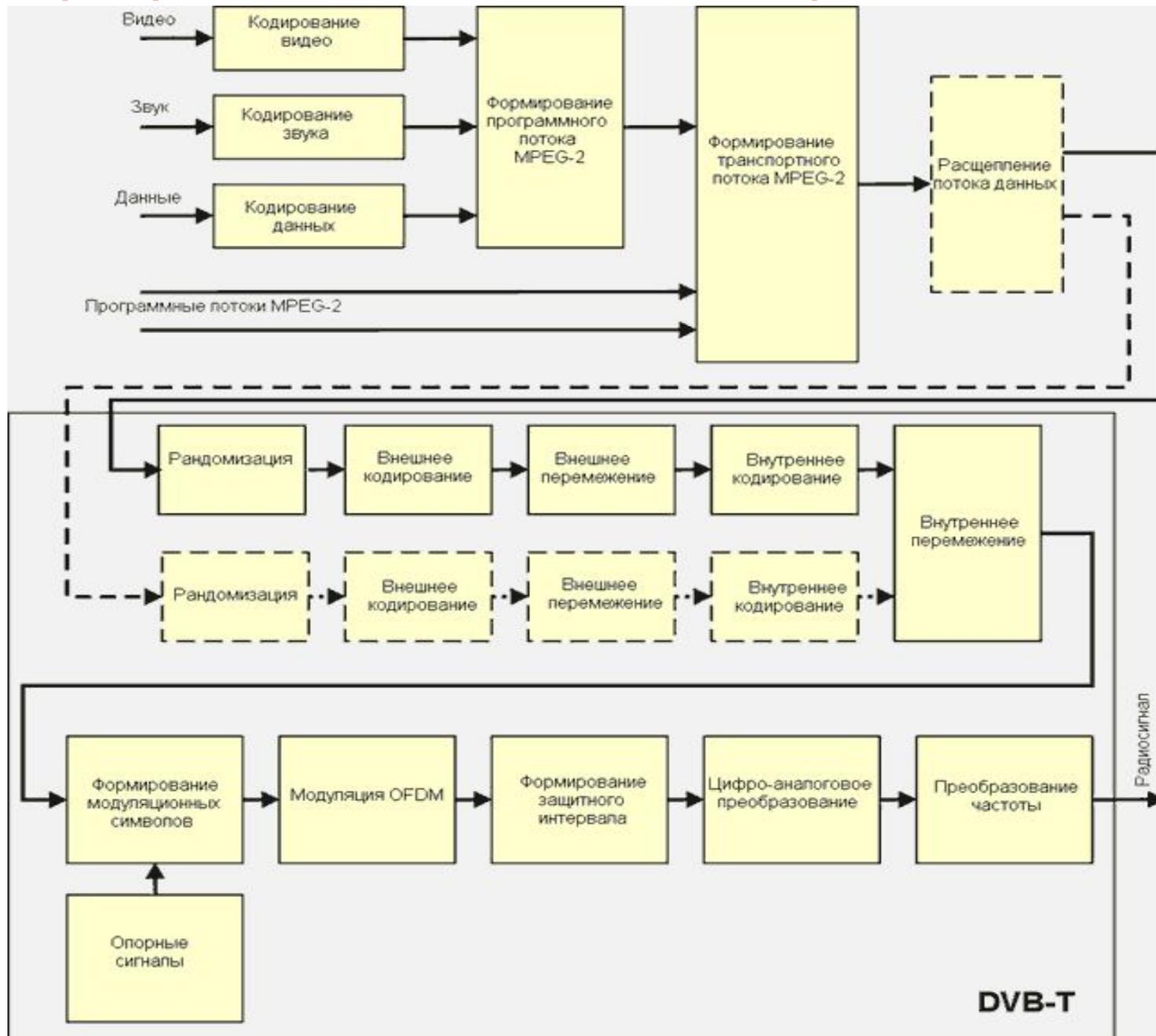
Причины перехода к цифровому телевидению

- Отсутствие единого телевизионного стандарта. На сегодняшний день их три: **NTSC**, **PAL** и **SECAM**.
- Частоты, выделяемые для телеканалов, ограничены. На каждой полосе можно разместить только 1 аналоговый канал или 4 цифровых.
- Неудовлетворительное качество аналогового телевидения. Отсортировать чистый сигнал от помех позволяет только цифровое кодирование.

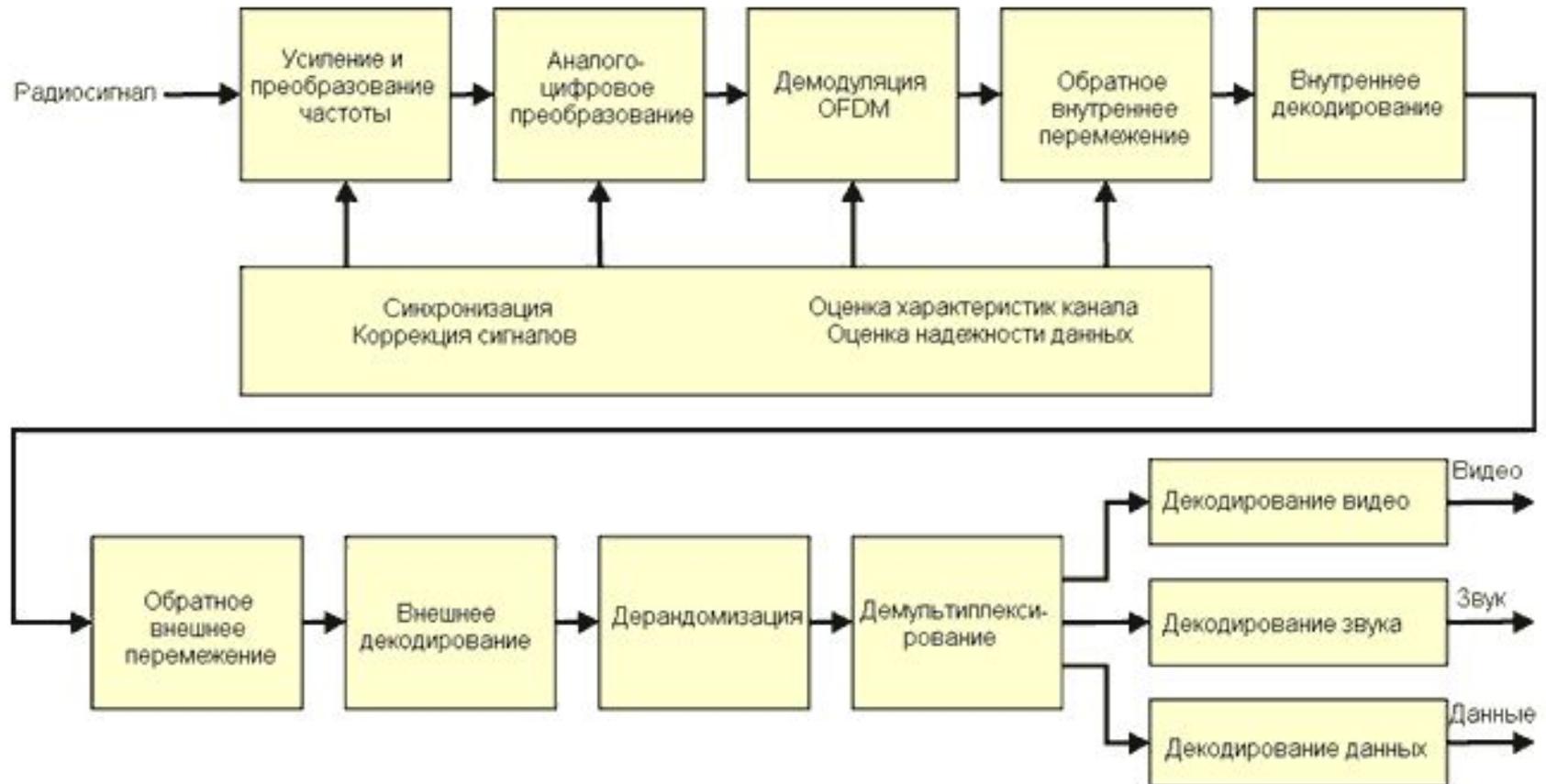
Характеристики DVB-T

- DVB-T характеризуется высоким разрешением в 625 строк, использует чересстрочную развертку, при этом частота полукадров составляет 50 Гц.
- DVB-T поддерживает звук в формате Dolby AC-3, используя для передачи аудиосигнала стандарт **MUSICAM**.
- В современном цифровом телевидении используется стандарт MPEG-2
- Для борьбы с эффектом переотражениями в DVB-T используется специальный алгоритм: информация посылается с передатчика не непрерывным потоком, а разбивается на небольшие пакеты и передается с перерывами.
- Стандарт DVB-T хорошо «прячется» от помех, создаваемых аналоговым телевидением, что делает его особенно ценным для стран с большой территорией

Преобразование данных и сигналов в передатчике DVB-T



Преобразование сигналов и данных в приемнике DVB-T



Метод модуляции

- При цифровом эфирном ТВ-вещании основным разрушающим фактором для цифрового канала являются помехи от многолучевого приема.
- Радикальным решением этой проблемы является применение в эфирных каналах ТВ-вещания модуляции COFDM (Coded Orthogonal Division Multiplexing), которая специально разработана для борьбы с помехами при многолучевом приеме.

Система DVB-T должна успешно бороться с типичными для наземного телевидения эхо-сигналами и обеспечивать устойчивый прием в условиях многолучевого распространения радиоволн. Является желательным создание условий для приема в движении и на комнатные антенны. Все эти требования были выполнены в DVB-T благодаря применению новой системы модуляции OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex- частотное уплотнение с ортогональными несущими).

OFDM отличается передачей сигнала с использованием большого количества несущих колебаний. Несущие являются ортогональными, что делает возможной демодуляцию модулированных колебаний даже в условиях частичного перекрытия полос отдельных несущих. Однако многолучевое распространение радиосигнала в точку приема (довольно типичное для наземного телевидения) приводит к ослаблению и даже полному подавлению некоторых несущих вследствие интерференции прямого и задержанного сигналов. Решению этой проблемы помогает кодирование с целью обнаружения и исправления ошибок в канале передачи данных.

Применение какой-либо одной системы кодирования не дает желаемого эффекта в условиях наземного телевидения, для которого типично проявление разнообразных шумов, помех и искажений, приводящих к возникновению ошибок с разными статистическими свойствами. В таких условиях необходим более сложный алгоритм исправления ошибок.

В системе DVB-T используется сочетание двух видов кодирования - внешнего и внутреннего, рассчитанных на борьбу с ошибками различной структуры, частоты и статистических свойств и обеспечивающих при совместном применении практически безошибочную работу (такой подход типичен и для других сфер, например, для цифровой видеозаписи).

Кодирование обязательно связано с введением в поток данных некоторой избыточности и соответственно с уменьшением скорости передачи полезных данных, поэтому наращивание мощности кодирования за счет увеличения объема проверочных данных не всегда соответствует требованиям практики.

Для увеличения эффективности кодирования, без снижения скорости кода, применяется перемежение данных.

Кодирование позволяет обнаруживать и исправлять ошибки, а перемежение увеличивает эффективность кодирования, поскольку пакеты ошибок дробятся на мелкие фрагменты, с которыми справляется система кодирования.

В системе OFDM данные передаются с использованием некоторого количества несущих колебаний. Если таких несущих много, то поток данных, переносимых одной несущей, характеризуется сравнительно небольшой скоростью, то есть частота модуляции каждой несущей невелика. Однако межсимвольные искажения проявляются и при малой скорости следования модуляционных символов.

Для того, чтобы избежать межсимвольных искажений, перед каждым символом вводится защитный интервал. Но надо отметить, что защитный интервал - это не просто пауза между полезными символами, достаточная для угасания сигнала символа до начала следующего.

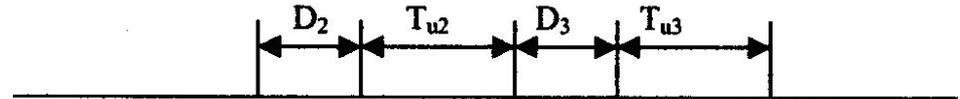
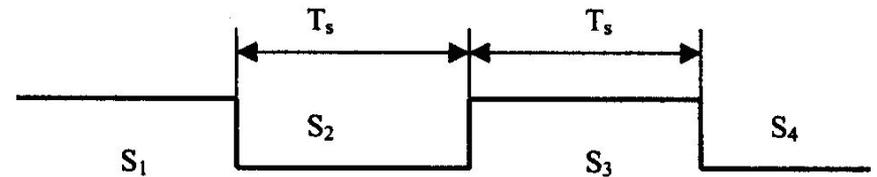
В защитном интервале передается фрагмент полезного сигнала, что гарантирует сохранение ортогональности несущих принятого сигнала (но только в том случае, если эхо-сигнал при многолучевом распространении задержан не больше, чем на длительность защитного интервала).

Величина защитного интервала зависит от расстояния между передатчиками в одночастотных сетях вещания или от задержки естественного эхо-сигнала в сетях вещания с традиционным распределением частотных каналов. Чем больше время задержки, тем больше должна быть длительность защитного интервала. С другой стороны, для обеспечения максимальной скорости передаваемого потока данных защитный интервал должен быть как можно короче. Одна четвертая часть от величины полезного интервала является, видимо, разумной оценкой максимального значения длительности защитного интервала. Предварительные исследования показали, что если одночастотные сети будут строиться в основном с использованием существующих передатчиков, то абсолютная величина защитного интервала должна быть около 250 мкс. Это позволяет создавать большие одночастотные сети регионального уровня.

Если защитный интервал в 250 мкс составляет четвертую часть полезного интервала, то длительность самого полезного интервала должна быть установлена на уровне около 1 мс. Величина шага частот несущих связана с шириной основного лепестка спектра одного модулированного несущего колебания и определяется величиной, обратной длительности полезного интервала, поэтому расстояние между соседними несущими будет равно примерно 1 кГц. При ширине полосы частот канала 8 МГц и шаге 1 кГц число несущих должно быть равно 8000.

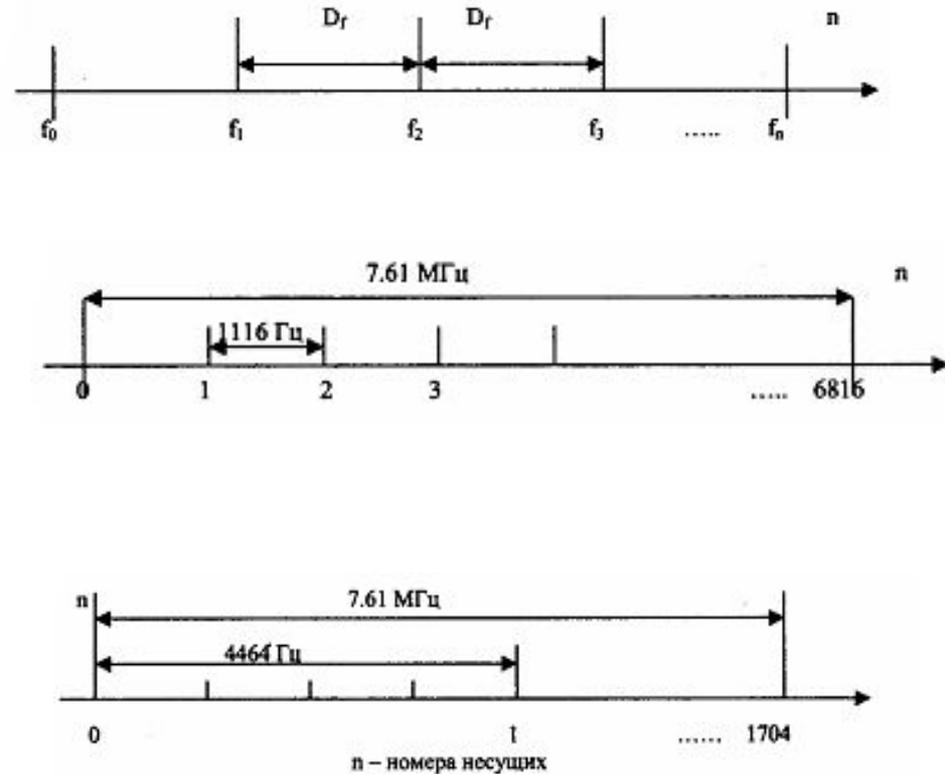
Временные интервалы

- Временной интервал OFDM-символа субпотока T_s делится на две части — защитный интервал D , в течение которого оценка значения символа в декодере не производится, и рабочий интервал символа T_u , за время которого принимается решение о его значении



Групповой спектр радиосигнала OFDM

- Частотный разнос D_f между соседними несущими $f_1, f_2 \dots f_n$ в групповом радиоспектре OFDM выбирается из условия возможности выделения в демодуляторе индивидуальных несущих.
- Возможно применение двух методов частотного разделения (демультиплексирования) несущих. Во-первых, с помощью полосовых фильтров и, во-вторых, с помощью ортогональных преобразований сигналов.



Особенность системы DVB-T - возможность иерархической передачи и приема. Данные на выходе мультиплексора транспортного потока расщепляются на два независимых транспортных потока MPEG-2 которым присваиваются разные степени приоритета.

Поток с высшим приоритетом кодируется с целью обеспечения высокой помехозащищенности, поток с низшим приоритетом (обозначен пунктиром) - с целью обеспечения высокой скорости передаваемых данных. Затем оба кодированных потока объединяются и передаются вместе. Таким образом появляется возможность передачи по одному каналу двух различных программ или одной телевизионной программы в двух версиях.

Первая версия характеризуется высокой помехозащищенностью, но ограниченной четкостью, вторая - высокой четкостью, но ограниченной помехозащищенностью.

Рандомизация данных является первой операцией, выполняемой в системе DVB-T.

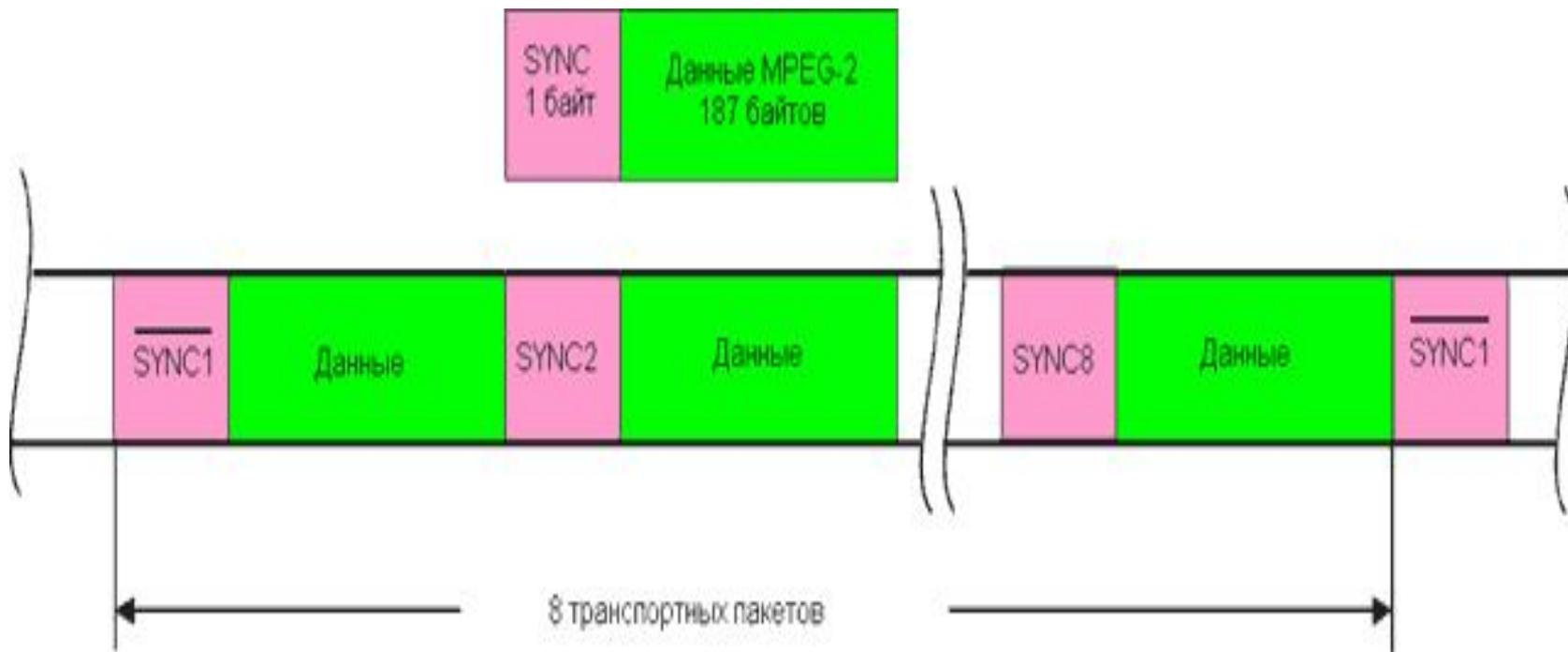
Ее цель- превратить цифровой сигнал в квазислучайный и тем самым решить две важные задачи.

Во-первых, это позволяет создать в цифровом сигнале достаточно большое число перепадов уровня и обеспечить возможность выделения из него тактовых импульсов (такое свойство сигнала называется самосинхронизацией).

Во-вторых, рандомизация приводит к более равномерному энергетическому спектру излучаемого радиосигнала (как известно, спектральная плотность мощности случайного шума постоянна на всех частотах, поэтому превращение сигнала в квазислучайный способствует выравниванию его спектра).

Благодаря равномерному спектру повышается эффективность работы передатчика и минимизируется мешающее действие радиосигнала цифрового телевидения по отношению к аналоговому телевизионному сигналу, излучаемому другим передатчиком в том же канале.

Рандомизации предшествует операция адаптации цифрового потока, представляющего собой последовательность транспортных пакетов MPEG-2 . Пакеты, имеющие общую длину 188 байтов (синхробайт, записываемый как число 47 в шестнадцатеричной форме или 01000111 - в двоичной, и 187 байтов передаваемых данных), объединяются в группы по восемь пакетов. Синхробайт первого пакета группы инвертируется, образуя число 10111000 = V816.



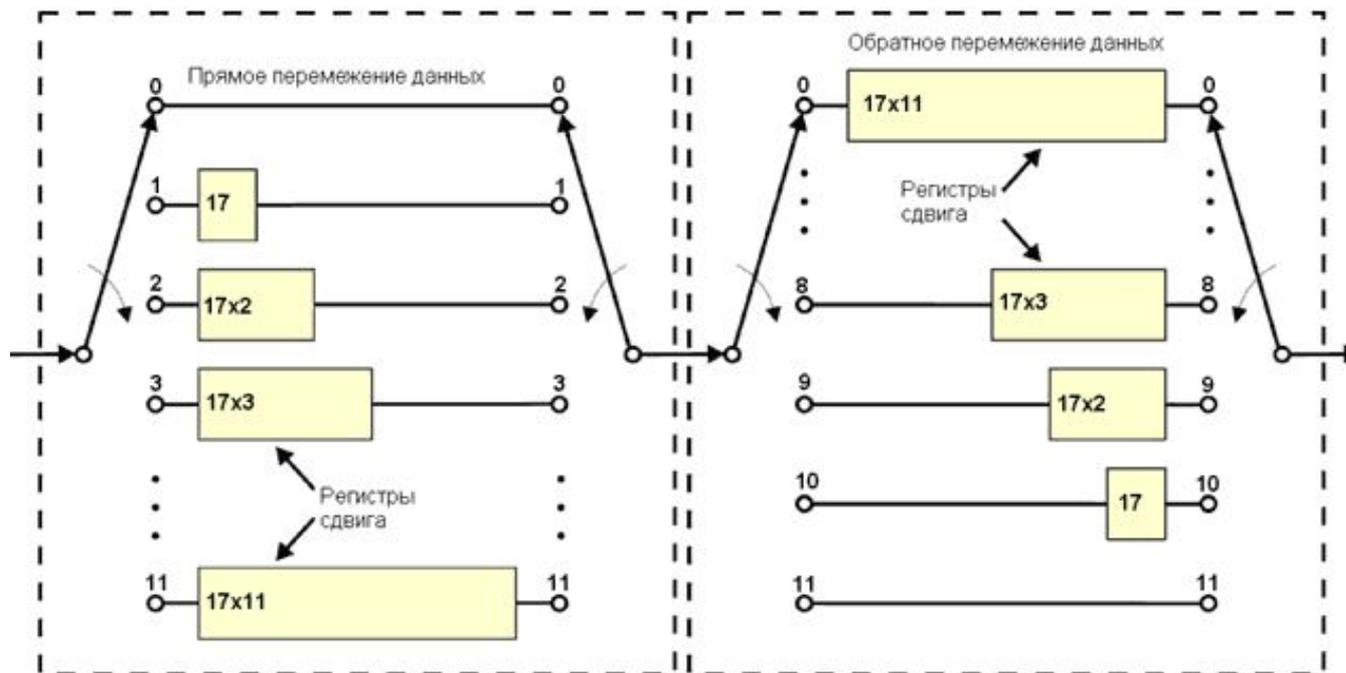
Адаптация транспортных пакетов MPEG-2

Внешнее кодирование и перемежение



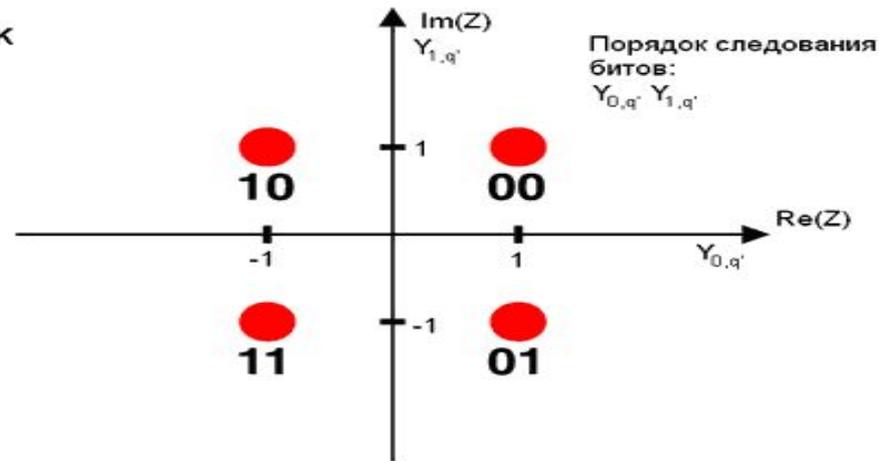
- В системе внешнего кодирования для защиты всех 188 байтов транспортного пакета (включая байт синхронизации) используется код Рида-Соломона. В процессе кодирования к этим 188 байтам добавляется 16 проверочных байтов. При декодировании на приемной стороне это позволяет исправлять до восьми ошибочных байтов в пределах каждого кодового слова длиной 204 байта.

Внешнее перемежение данных

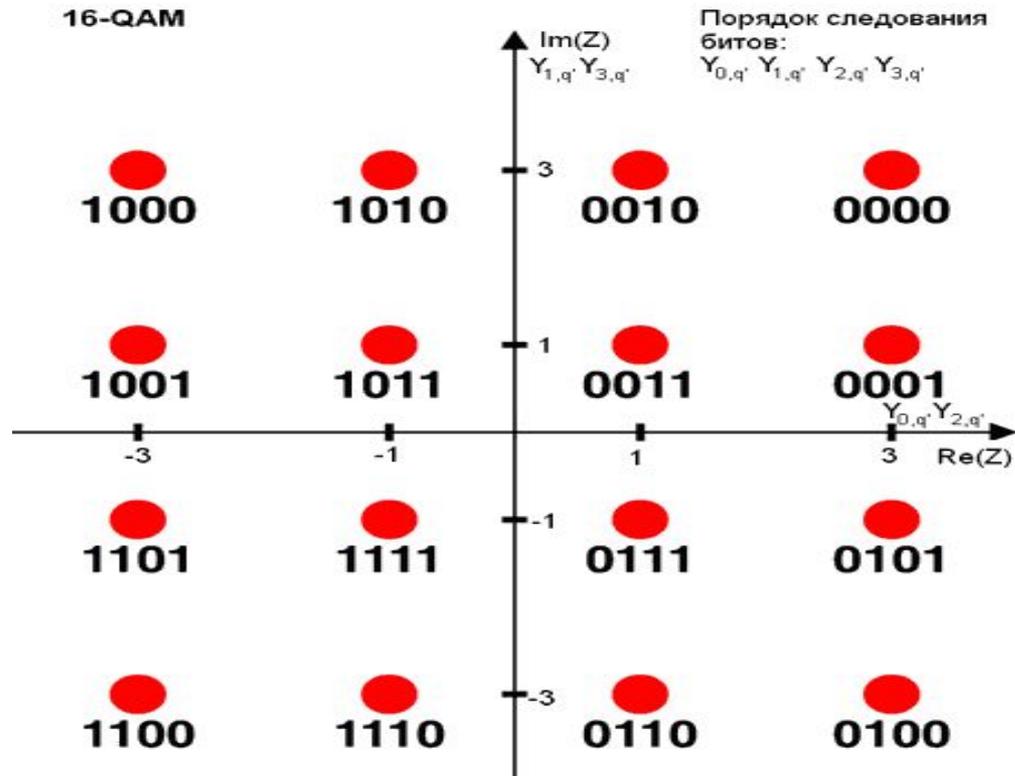


- Перемежение является временным перемешиванием байтов данных, в приемнике исходный порядок следования байтов данных восстанавливается.
- Полезным в перемежении является то, что длинные пакетные ошибки, обусловленные шумами и помехами в канале связи распределяются по разным кодовым словам кода Рида-Соломона.

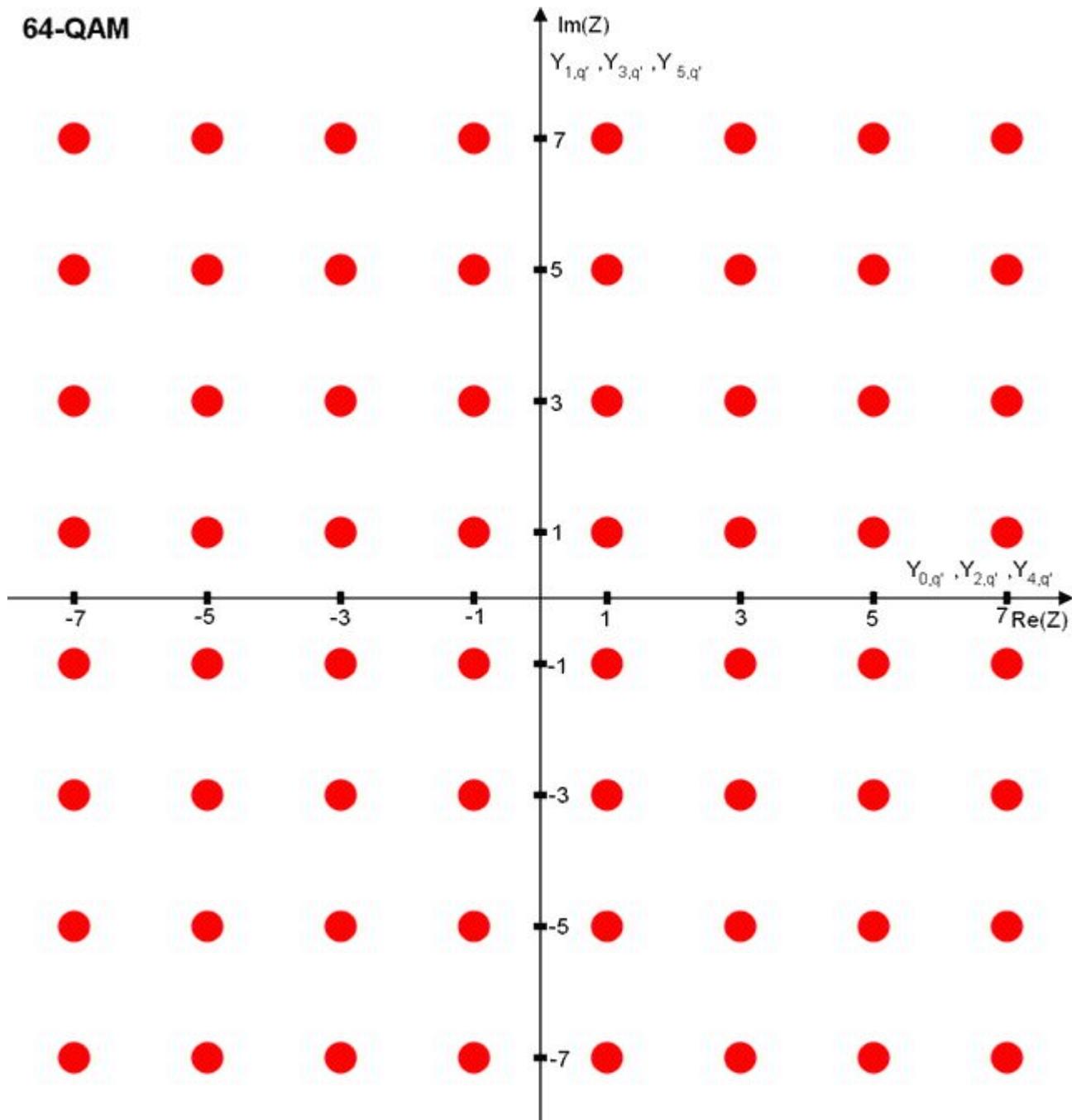
QPSK



16-QAM



64-QAM



Федеральная целевая программа по цифровому телевидению

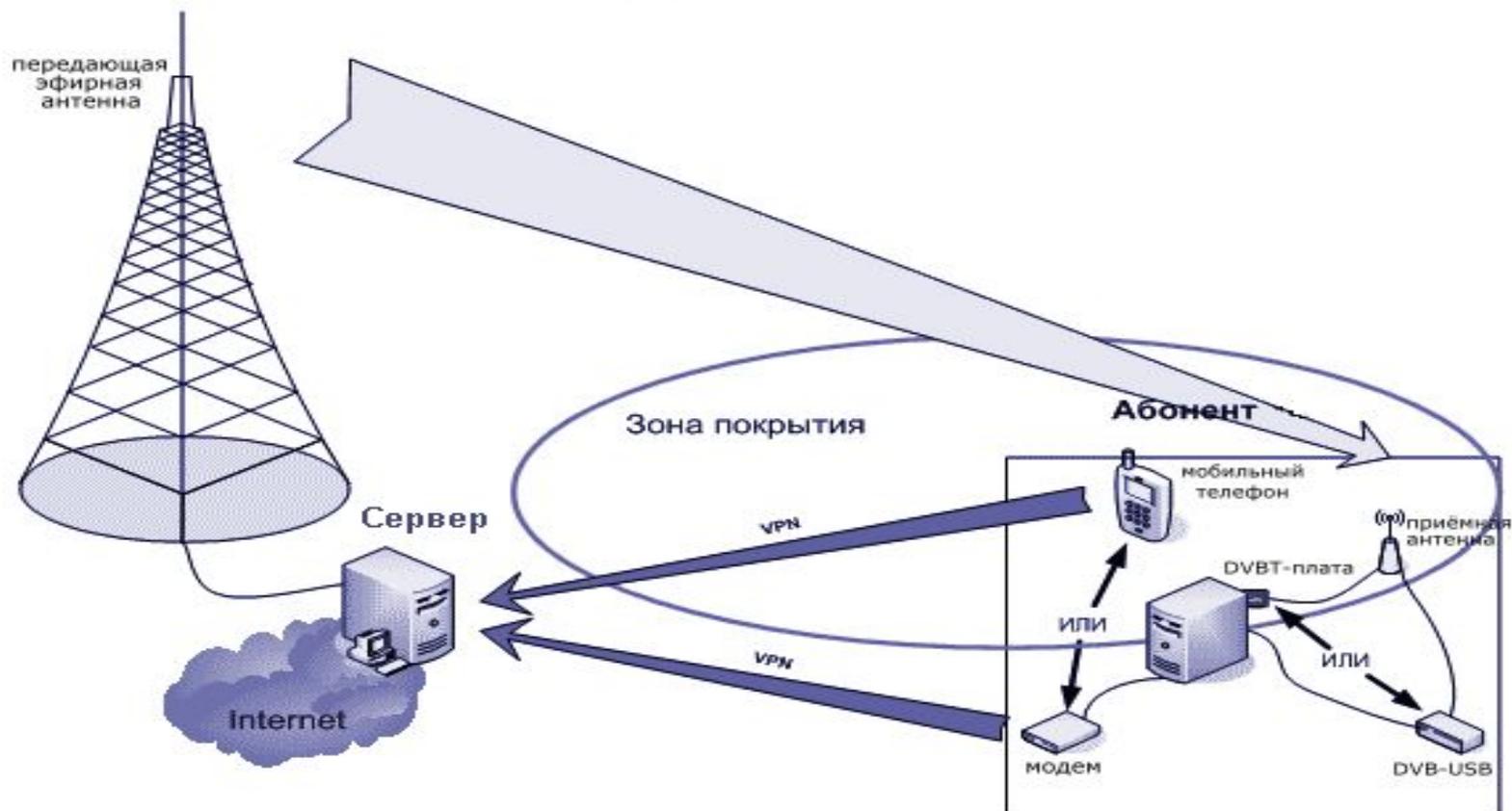
Целевые индикаторы и показатели	2007-2009 гг.	2010-2012 гг.	2013- 2015 гг.
Минимальное количество принимаемых ТВ-программ в цифровом формате на всей территории РФ	10-12 (1 пакет)	10-24 (1-2 пакета)	48-70 (не менее 4 пакетов)
Процент охвата населения цифровым ТВ	10	70	99,8
Процент обеспечения населения цифровыми приставками, приемниками (телевизорами)	25-30	30-65	65-98,8

Оборудование

- Для того чтобы обеспечить хороший прием, владельцам обычных телевизоров потребуется только специальная приставка, которая будет декодировать цифровой сигнал в аналоговый. А современные телевизоры уже заранее оснащают встроенными DVB-T тюнерами.



Доступ в интернет по стандарту DVB-T



- Скорость канала DVB-T: в одном потоке можно передавать данные со скоростью до 31 Мбит/с. Это значит, что 5 000 пользователей смогут обслуживаться со скоростью до 128 Кбит/с.
- В сравнении со спутниковым интернетом, работа через DVB-T более комфортна, так как в этом случае задержки на передачу и приём пакетов намного меньше

Прогноз на 2015 год

№	Среда (тип) распространения (вещания)	На июнь 2009 г.		На конец 2015 г.	
		Количество абонентов, млн.	Доля абонентов, %	Количество Абонентов / приставок, млн.	Доля абонентов, %
1	Эфирное ТВ (DVB-T)	0,01	0,5	9,9 / 7,9	27,5
2	Кабельное ТВ (DVB-C)	0,03	1,5	4,5 / 3,6	12,5
3	Спутниковое ТВ (DVB-S2)	0,07	3,4	5,4 / 4,3	15
4	IPTV (multicast)	0,04	2,0	4,5 / 3,6	12,5
5	Интернет-ТВ (unicast)	1,9	92,6	11,7 / 9,4	32,5
6	Итого:	2,05	100	36 / 28,8	100

В мире: в 2004 г. было 2 млн. пользователей IPTV, в 2008 г. – 13 млн., а к 2010 г. – 65 млн. Всего реализовано 40 IPTV-проектов. Самая большая сеть IPTV создана во Франции.

В России: на конец 2007 г. абонентская база услуг IPTV составляла 150 тыс., проникновение по домохозяйствам – 0,3%. По прогнозу J&P, к 2010 г. число пользователей IPTV увеличится до 630 тыс.