

DVB-T

Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. История стандарта 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**) 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 большинства стран Европы.

Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. 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 несколько цифровых.
- Неудовлетворительное качество аналогового телевидения. Отсортировать чистый сигнал от помех позволяет только цифровое кодирование.

Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. Причины перехода к цифровому телевидению.



Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. Причины перехода к цифровому телевидению.

Охват населения телевизионными и радиовещательными программами



Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. Причины перехода к цифровому телевидению.

Российская телевизионная и радиовещательная сеть (РТРС)



- Федеральное государственное унитарное предприятие создано во исполнение Указа Президента РФ от от 13 августа 2001 года №1031
- Более 9000 антенно-мачтовых сооружений
- В эксплуатации 11750 телевизионных (86 % от общего числа в РФ) и 2583 (95 % от общего числа в РФ) радиопередатчиков
- Более 11300 приемных спутниковых станций
- 19300 сотрудников

Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. Причины перехода к цифровому телевидению.

Этапы перехода от аналогового к цифровому ТВ



I этап (2008–2009 гг.)

Разработка и утверждение нормативной правовой базы, включая национальные стандарты ЦТВ; Утверждение перечня обязательных общедоступных ТВ и РВ каналов для каждого субъекта РФ; Создание цифровых наземных сетей для эфирного вещания пакетов обязательных общедоступных каналов в ряде регионов

II этап (2010–2012 гг.)

Продолжение развертывания сетей ЦТВ за счет высвобождения частот в результате конверсии; Определение предельного срока (не свыше 6 месяцев) прекращения аналогового вещания после достижения 100 % охвата цифровым вещанием каждого региона.

III этап (2013–2015 гг.)

Завершение развертывания сетей цифрового ТВ вещания во всех регионах; Прекращение аналогового вещания после достижения 100 % охвата цифровым вещанием населения каждого региона.



Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. Причины перехода к цифровому телевидению.

Переход на цифровое вещание предполагает разработку и принятие ряда нормативных документов



- ✓ Порядок разработки, экспертизы и утверждения системных проектов ЦТВ;
- ✓ Порядок разработки и проведения государственной экспертизы проектно-сметной документации;
- ✓ Подготовка и обоснование проекта решения ГКРЧ о выделении РТРС частотных выделений для сети цифрового вещания;
- ✓ Утверждение национальных стандартов системы цифрового телевидения в России;
- ✓ Разработка нормативных документов по формированию тарифов на услуги цифрового вещания;
- ✓ Разработка порядка выделения земельных участков для расположения новых АМС;
- ✓ Разработка основ исчисления норм амортизации, вводимых при переходе на цифровое вещание и др.

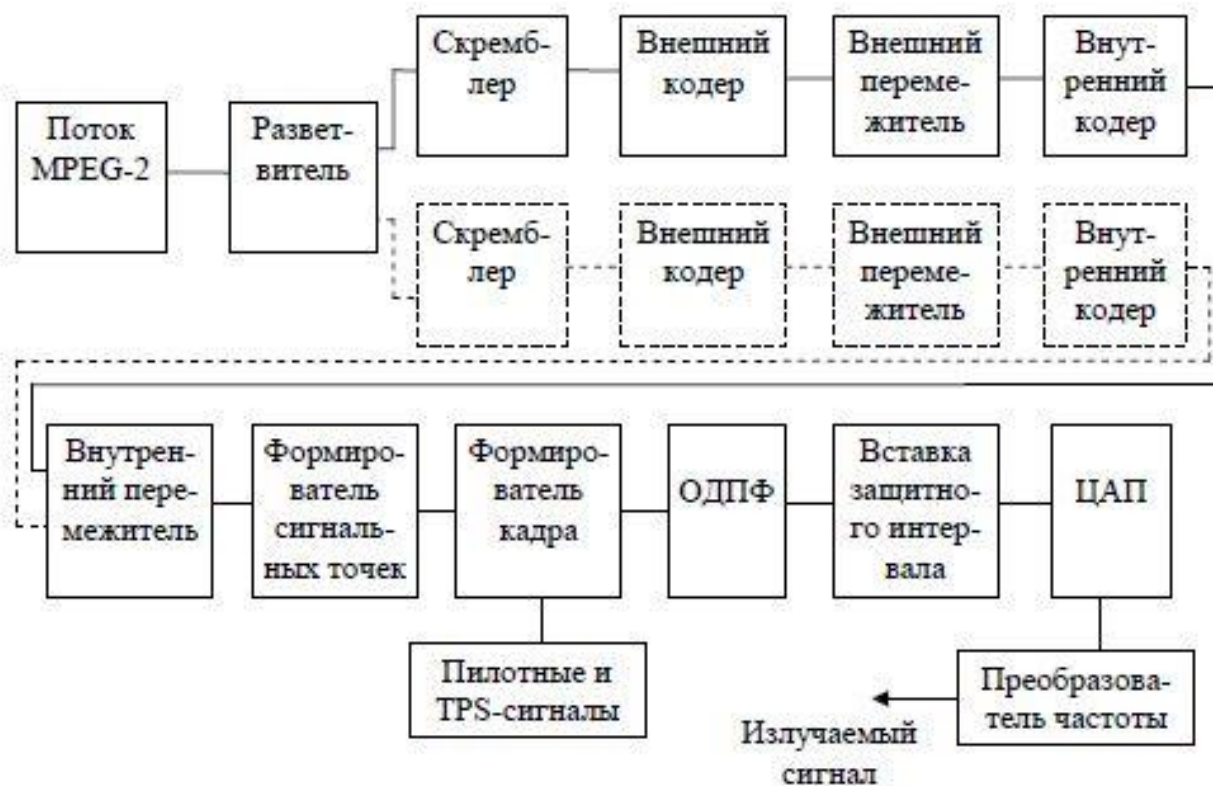
Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009 - 2015 годы

- Цели Программы - развитие информационного пространства Российской Федерации; обеспечение населения многоканальным вещанием с гарантированным предоставлением общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов заданного качества; повышение эффективности функционирования телерадиовещания
- Задачи Программы - модернизация инфраструктуры государственных сетей телерадиовещания; перевод государственных сетей телерадиовещания на цифровые технологии; обеспечение потребностей распределения телерадиоканалов спутниковым ресурсом; обеспечение возможности повсеместного регионального цифрового вещания; развитие сетей радиовещания; развитие новых видов телевизионного вещания, включая телевидение высокой четкости, мобильное и с элементами интерактивности

Федеральная программа развития цифрового телевизионного вещания в РФ. Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009 - 2015 годы

- Срок и этапы реализации Программы: первый этап - 2009 год; второй этап - 2010 - 2018 годы
- Ожидаемые конечные результаты реализации Программы и показатели ее социально-экономической эффективности: обеспечение 98,4 процента населения Российской Федерации возможностью приема цифровых эфирных общедоступных телеканалов и радиоканалов и телерадиооповещением о чрезвычайных ситуациях в местах постоянного проживания; обеспечение 98,1 процента населения Российской Федерации возможностью приема 20 цифровых телеканалов свободного доступа в местах постоянного проживания; высвобождение и последующее рациональное использование ограниченного радиочастотного ресурса в масштабах страны; рост доли отрасли телерадиовещания в валовом внутреннем продукте страны

Структурная схема передающей части DVB-T



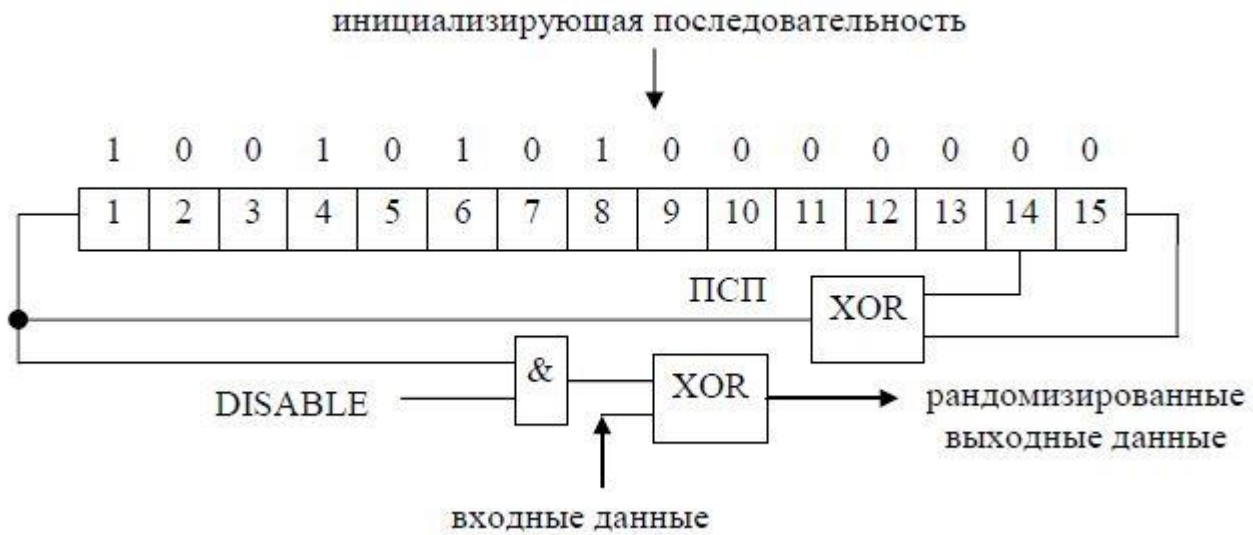
Подготовка к кодированию.

- Транспортный поток MPEG-2 состоит из пакетов по 188 байт. Каждый пакет начинается с синхробайта 47 hex (01000111 bin).
- Байты поступают на канальный кодер, начиная со старшего разряда. Каждые восемь пакетов образуют *группу пакетов*.
- Синхробайт первого пакета группы инвертируется, в результате чего его значение оказывается равным B8 hex (10111000 bin). Это делается в целях обеспечения инициализации работы дескремблера в приемнике.

Рандомизатор.

- Рандомизатор

Порождающий полином ПСП : $P_{PRBS}(x) = 1 + x^{14} + x^{15}$



Канальный кодер. Кодер Рида — Соломона.

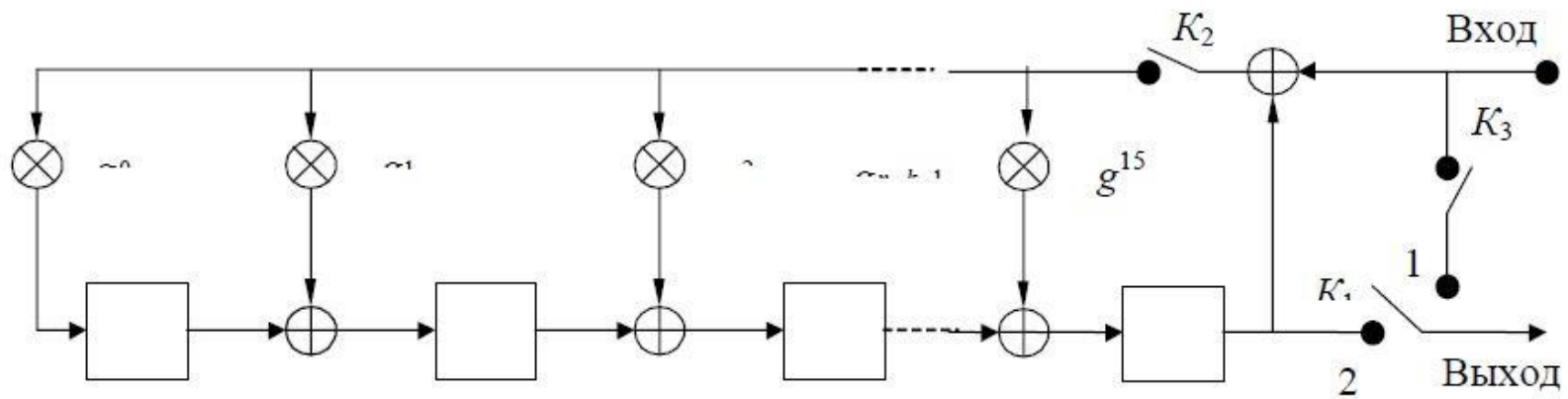
- *Кодер Рида — Соломона* RS(204, 188, 8) способен исправить до восьми любых ошибочных байт в 188 байтовом входном пакете.
- Данный кодер реализует укороченный (на 51 байт) вариант полного кода Рида — Соломона RS(255, 239, 8) применительно к транспортному пакету.

- Порождающий полином кода равен :

$$G(x) = (x + \lambda^0) * (x + \lambda^1) * (x + \lambda^2) \dots (x + \lambda^{15}),$$

где $\lambda = 2_{16}$

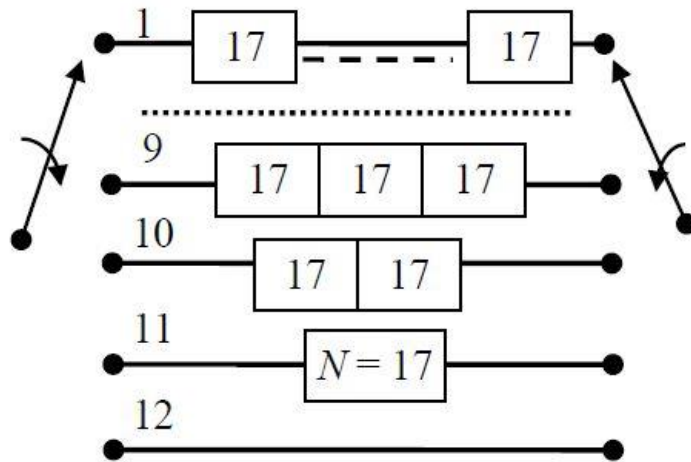
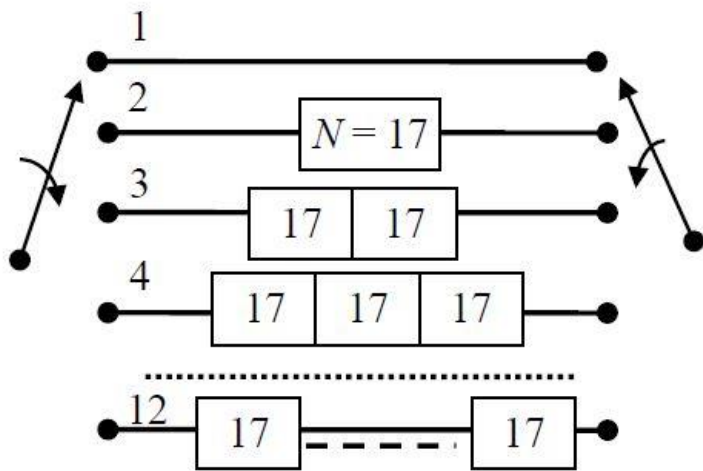
Канальный кодер. Упрощенная структурная схема кодера Рида — Соломона.



Внешний перемежитель.

- Рандомизированные 188 байт транспортных пакетов, подвергнутые блочному кодированию, образуют 204-байтные помехозащищенные блоки, и следующей операцией канального кодирования является *байтовое перемежение*, результатом которого является рас-сеяние байт одного блока по 12-ти последовательным блокам.
- Используемое в системе DVB-T устройство перемежения классифицируется как *сверточный (J, N)-перемежитель Рамси третьего типа*, и он построен по схеме *Форни*, содержащей набор из $J = 12$ сдвиговых регистров и пары ключей, синхронно, с частотой следования байт, подключающих регистры к входному и выходному потокам. При этом каждый последующий регистр хранит на $N = 17$ байт больше, чем предыдущий.

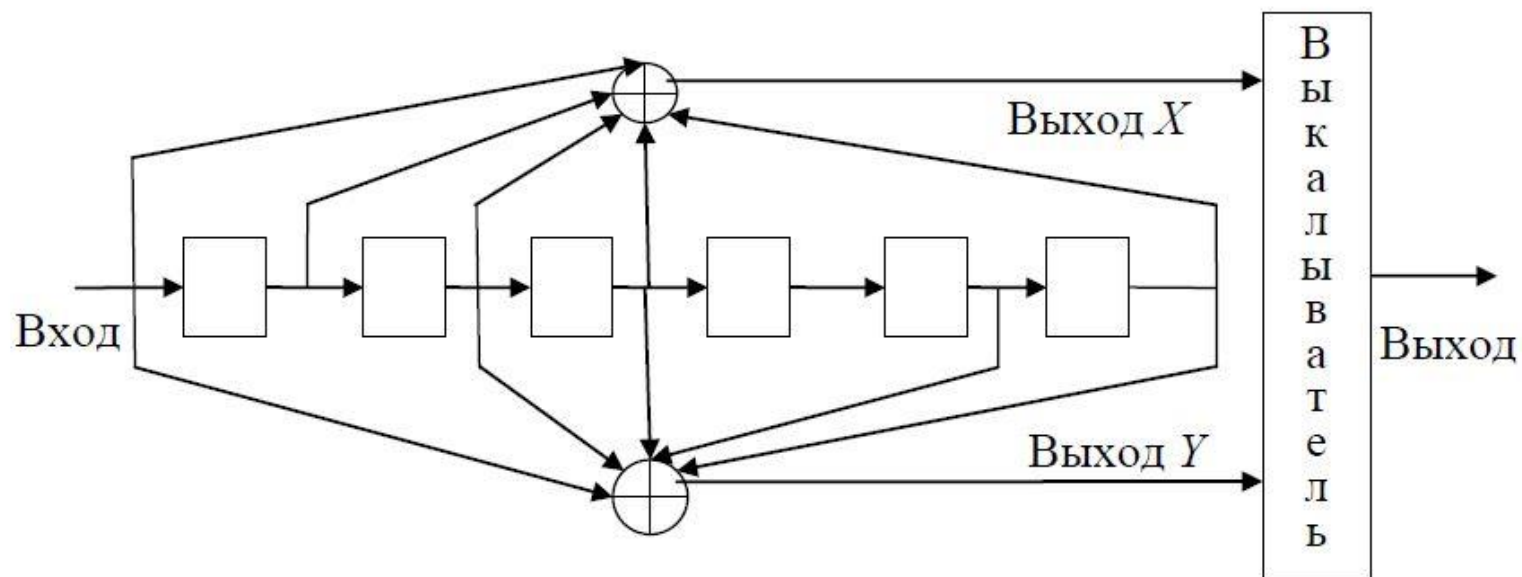
Внешний переключатель.



Внутренний сверточный кодер.

- *Внутренний сверточный кодер* в системе DVB-T имеет пять скоростей: $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$ и $7/8$. Реализация требуемых скоростей осуществляется на основе базового, “материнского” кодера, скорость которого равна $1/2$, а формирование выходных последовательностей описывается в восьмеричной системе порождающими полиномами $G1 = 1718$ и $G2 = 1338$, а также набором шаблонов выкалывания.

Внутренний сверточный кодер. Упрощенная структурная схема сверточного кодера.



Внутренний сверточный кодер.

- Каждому входному биту кодер ставит в соответствие два бита на выходах X и Y , образуя таким образом два параллельных потока, которые затем подвергаются параллельно-последовательному преобразованию. Для скоростей, больших, чем $1/2$ в выходном потоке часть битов изымается — “выкалывается”. В общем случае, когда скорость сверточного кодирования равна

$$R = \frac{n}{m},$$

- блоку из n входных бит ставится в соответствие блок из m выходных бит

Внутренний сверточный кодер.

- Рассмотрим, например, случай $R = 5/6$.

При поступлении на вход материнского кодера очередного блока из $n = 5$ бит выходная последовательность, состоящая изначально из $2n = 10$ бит

$X_1 Y_1 X_2 Y_2 X_3 Y_3 X_4 Y_4 X_5 Y_5$,

путём выкалывания бит X_2, Y_3, X_4, Y_5 преобразуется в последовательность из $m = 6$ бит

$X_1 Y_1 Y_2 X_3 Y_4 X_5$

Кодовая скорость $R_{\text{вых. св. код}}$	Шаблон выкалывания	Передаваемая последовательность
1/2	X: 1 Y: 1	$X_1 Y_1$
2/3	X: 1 0 Y: 1 1	$X_1 Y_1 Y_2$
3/4	X: 1 0 1 Y: 1 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 X_3$
5/6	X: 1 0 1 0 1 Y: 1 1 0 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 X_3 Y_4 X_5$
7/8	X: 1 0 0 0 1 0 1 Y: 1 1 1 1 0 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 X_5 Y_6 X_7$

Внутренний перемежитель.

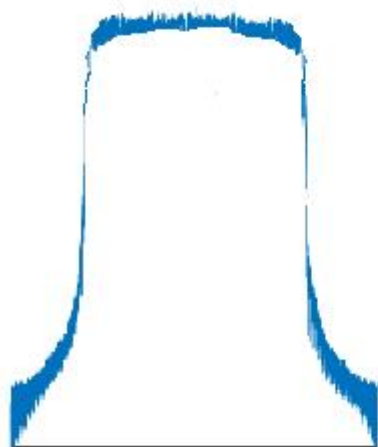
- Поток данных с выхода сверточного кодера поступает на вход *внутреннего перемежителя*, предназначенного для перемежения информационных бит по поднесущим частотам внутри OFDM-символа.

Сигналы с ортогональным частотным разделением

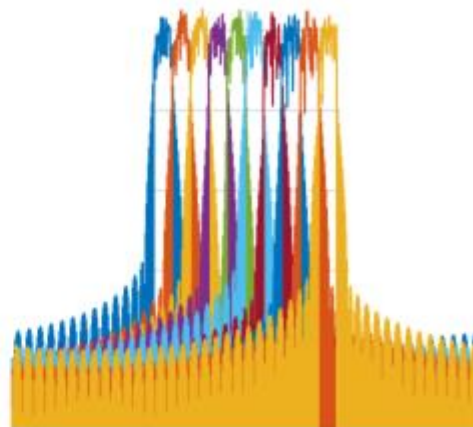
- OFDM — ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием).
- Это схема модуляции, использующая множество несущих. Канал делится на несколько субканалов (поднесущих).
- В OFDM высокоскоростной поток данных конвертируется в несколько параллельных битовых потоков меньшей скорости, каждый из которых модулируется своей отдельной несущей. Все это множество несущих передается одновременно.
- Главное преимущество OFDM заключается в том, что продолжительность символа во вспомогательной несущей значительно больше в сравнении с задержкой распространения, чем в традиционных схемах модуляции. Это делает OFDM гораздо устойчивее к межсимвольной интерференции.

Сигналы с ортогональным частотным разделением. Спектр сигнала.

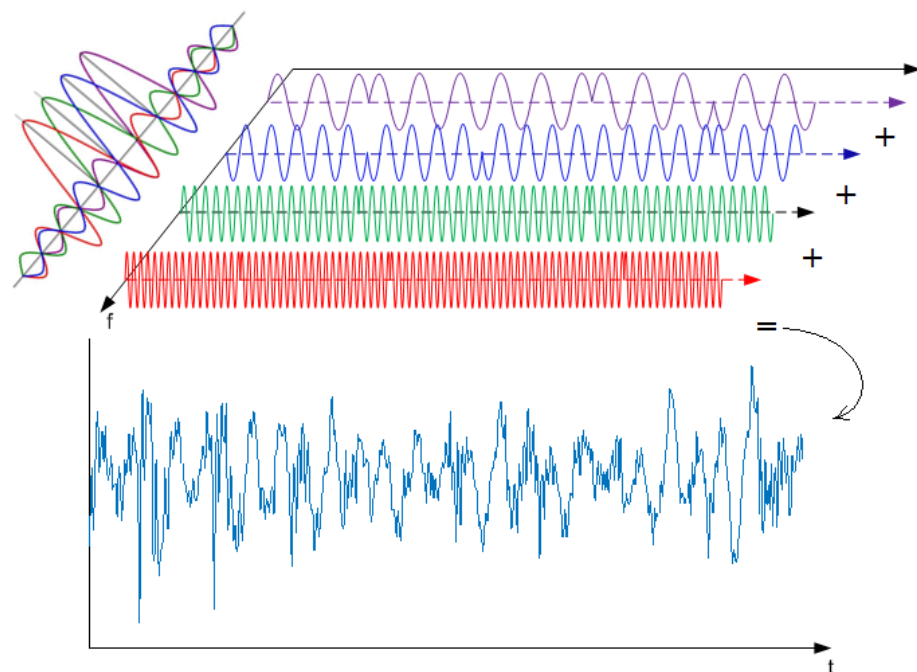
Одна несущая



OFDM

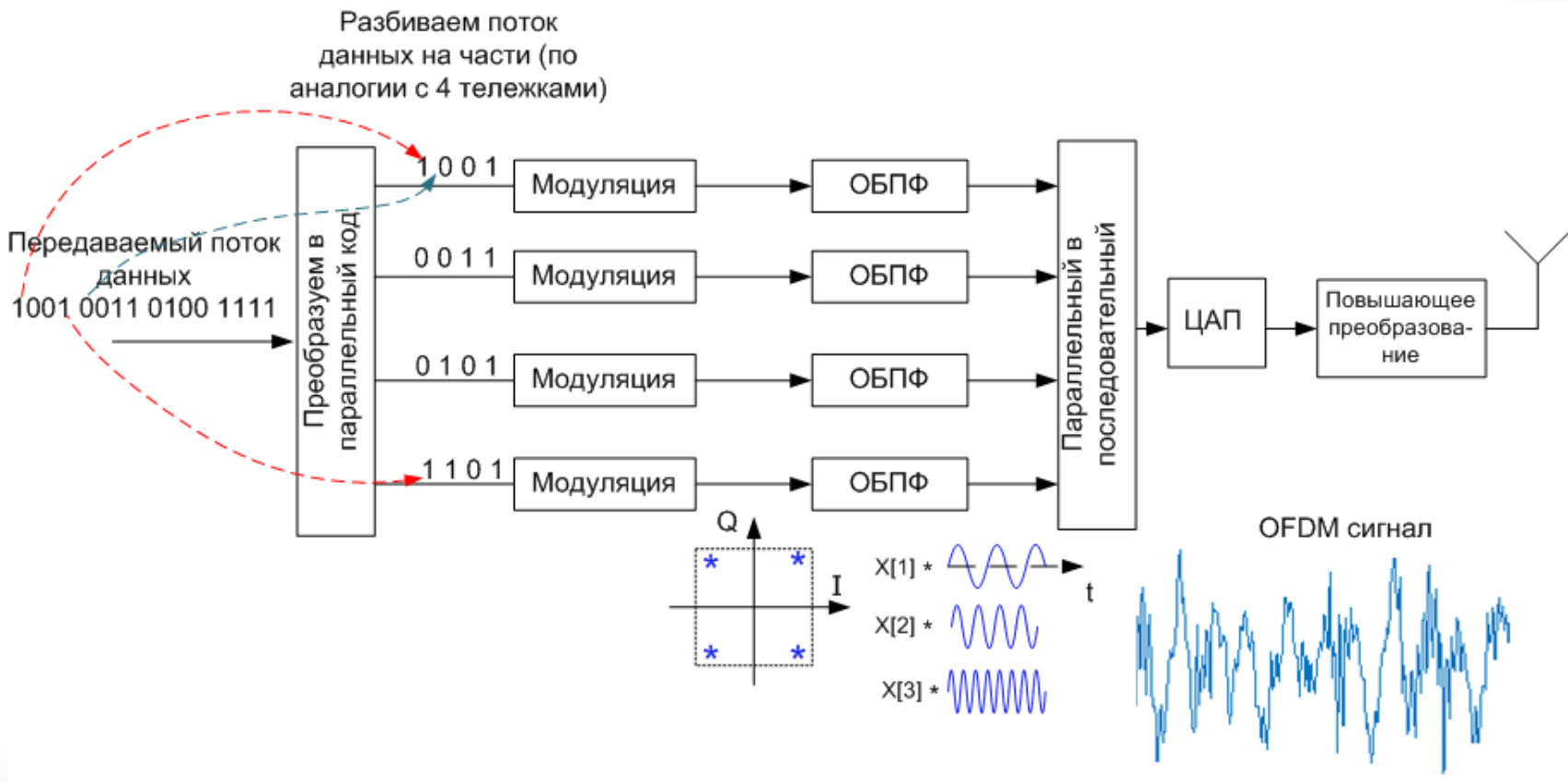


Сигналы с ортогональным частотным разделением.



- Как видно из рисунка, каждая поднесущая представлена отдельным пиком. Обратите внимание, что в точке пика каждой поднесущей значение остальных поднесущих равно нулю. На оси времени каждой кривой соответствует свой модулированный сигнал. Сумма всех этих сигналов дает сложный по форме OFDM-сигнал.

Сигналы с ортогональным частотным разделением. Упрощенная схема формирования OFDM сигнала.



- В данной упрощенной схеме представлены не все блоки, имеющиеся в реальных системах с OFDM. Здесь для упрощения схемы не приведены блоки добавления защитных бит и циклического префикса, являющегося неотъемлемой частью технологии.

Сигналы с ортогональным частотным разделением.

Преимущества OFDM:

- способность противостоять сложным условиям в радиоканале, в первую очередь устранять межсимвольную интерференцию и бороться с узкополосными помехами;
- высокая спектральная эффективность. Если число поднесущих приближается к бесконечности, OFDM системы показывают почти удвоенную спектральную эффективность в сравнении с традиционными системами с частотным разделением каналов.
- адаптивность метода – возможность использования различных схем модуляции для разных поднесущих, что позволяет адаптироваться к условиям распространения сигнала и к различным требованиям к качеству принимаемого сигнала;
- простая реализация методами цифровой обработки (стала простой с развитием мощности вычислительных устройств);
- способность противостоять интерференции между поднесущими, что обуславливает хорошие показатели при многолучевом распространении.

Сигналы с ортогональным частотным разделением.

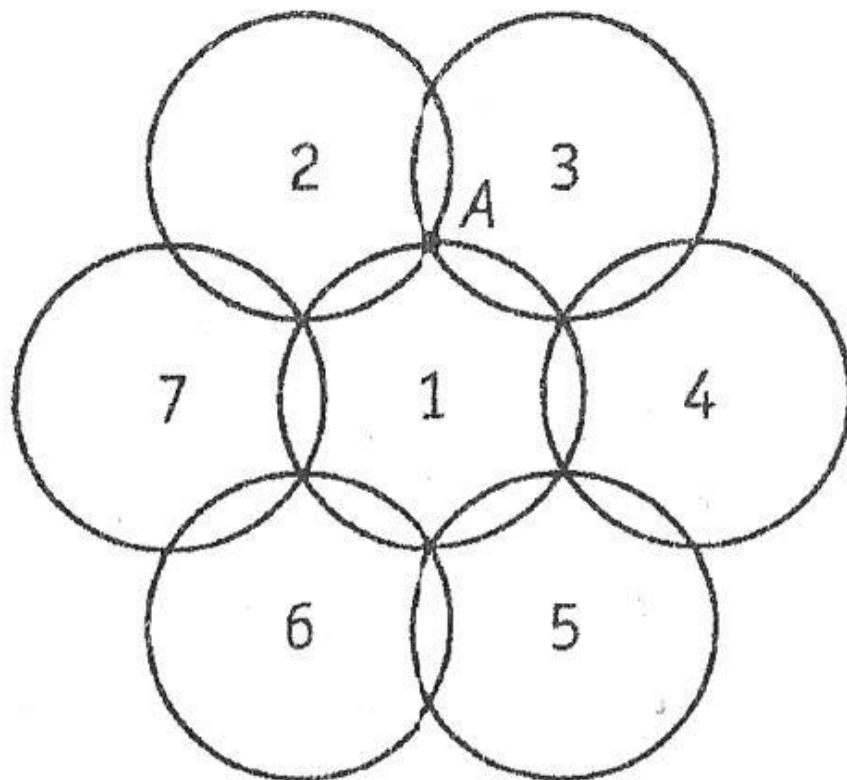
Недостатки OFDM:

- требуется высокоточная синхронизация по времени и по частоте;
- OFDM сигнал имеет относительно высокое значение пик-фактора, что приводит к чрезмерным энергетическим затратам;
- использование защитных интервалов снижает спектральную эффективность метода;
- метод чувствителен к эффекту Доплера, что накладывает дополнительные трудности при его применении в мобильных сетях.

Применение одночастотных сетей цифрового телевидения.

- Анализ особенностей распространения радиоволн отдельных частотных диапазонов, которые используются для наземного телевизионного вещания, показал, что наличие только одного мощного радиопередающего устройства допускает появление участков неудовлетворительного приема телевизионных сигналов даже в зоне уверенного приема. Радикальным способом исключения участков неудовлетворительного приема и расширения, в целом, зоны вещания цифрового телевидения является создание одночастотных сетей вещания (SFN—Single Frequency Network), в которых трансляция телевизионных программ на большую территорию идет параллельно через ряд радиопередатчиков, работающих на одной и той же частоте.

Применение одночастотных сетей цифрового телевидения.



- Пример одночастотной сети

Недостатки системы DVB-T

- Передача только транспортного потока
- Малая гибкость конфигурации системы
- Устаревшие методы кодирования
- Передача сервисов, скоростью до 31 Мбит/с
- Малый разнос между передатчиками