

Василий Федоров (г. Липецк)

Общие принципы передачи и приема сигналов по системе DVB-S

Копирование, тиражирование и размещение данных материалов на Web-сайтах без письменного разрешения редакции преследуется в административном и уголовном порядке в соответствии с Законом РФ.



В настоящее время спутниковые системы связи стали неотъемлемой частью теле- и радиовещательной (ТВ и РВ) мировой инфраструктуры. Являясь промежуточным звеном между производителем ТВ и РВ программ и потребителем данной продукции, они стали интернациональным мостом между всеми жителями земного шара. Несомненно, телевидение несет культуру в наши дома и не последнюю роль в данном процессе играет спутниковое телевидение (СТВ).

Наблюдая за эволюцией развития СТВ можно отметить гигантский прогресс в данном процессе. Многие помнят, что изначально СТВ использовалось для передачи информации нескольких десятков государственных каналов. Операторы спутниковой связи по сути дела были только государственные. Передача и прием сигналов на спутники и с них осуществлялись посредством гигантских параболических антенн диаметром более трех метров. Принимаемые программы далее распределялись по эфирным каналам или по кабельным сетям. Об индивидуальном приеме речи фактически быть не могло. Исключение составляли энтузиасты, конструирующие индивидуальные приемные установки с антеннами меньшего диаметра. Качество приема при этом оставляло желать лучшего.

Первым прорывом в области непосредственного СТВ-вещания стала программа DTH (direct-to-home) частной компании SES (Societe Europeene des Satellites). Суть программы DTH заключалась в том, что любой житель Западной Европы мог принимать сигналы 16-ти ТВ и множества РВ программ (с FM-качеством), ретранслируемых спутником ASTRA 1A на небольшую параболическую антенну диаметром всего 60 см.

Именно запуск этого спутника положил начало бурному развитию индивидуального приема программ.

Увеличивалось количество спутников на орбитальных позициях, при этом увеличивалось количество ретранслируемых программ. На небольшую антенну со спутников ASTRA и HOT BIRD можно было принимать в аналоговом виде около сотни ТВ программ. Однако возросшие потребности телезрителей требовали еще большего количества получаемой информации.

В середине 90-х годов прошлого века бурное развитие цифровых методов обработки сигналов привело к созданию систем DVB-S (Digital Video Broadcasting Satellite) и DSS (Digital Subscriber System), предназначенных для передачи ТВ и РВ программ через спутниковые транспондеры в цифровом виде. Это позволило транслировать вместо одного аналогового канала до десятка цифровых программ. Количество ретранслируемых программ возросло в несколько раз.

Появление массы поставщиков ТВ контента, предлагающих свои услуги по доставке ТВ программ зрителю, привело к развитию сектора продажи оборудования для приема СТВ. Увеличение рейтинга продаж в данном направлении по-

рождает спрос на обслуживание и сервис данной техники.

В настоящее время трансляция аналоговых программ в СТВ практически не ведется. Естественно, принципы обработки принимаемых аналоговых и цифровых программ существенно отличаются. Принципиально новыми являются устройство и работа цифровых СТВ приемников. К сожалению, в современной литературе очень мало информации по этой теме. Данный материал поможет решить эту проблему.

Проект DVB был основан в сентябре 1993 года как консорциум общественных и частных организаций ТВ индустрии. Его целью стало создание цифровых ТВ служб на основе стандарта цифрового сжатия MPEG-2. В настоящее время он включает свыше 200 организаций из 25 стран. Стандарт DVB-S для цифрового СТВ-вещания был принят 15 августа 1994 года [1] в рамках проекта DVB.

Функциональная блок-схема передающей части ТВ сигнала и звукового сопровождения стандарта DVB-S показана на рис. 1. Система определена как преобразователь выходного сигнала с транспортно-мультиплексора MPEG-2 (ISO/IEC DIS 13818-1) в спутниковый радиочастотный канал. Этот

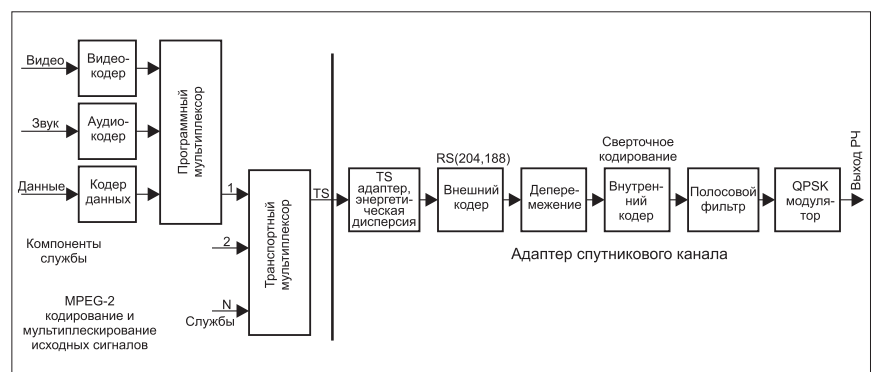


Рис. 1. Функциональная блок-схема передающей части ТВ стандарта DVB-S

процесс включает в себе следующие этапы:

- адаптация транспортного потока TS и рандомизация для энергетической дисперсии;
- внешнее канальное кодирование (с помощью кодов Рида-Соломона);
- деперемежение;
- внутреннее канальное кодирование (сверточное кодирование);
- полосовая фильтрация для модуляции;
- QPSK-модуляция.

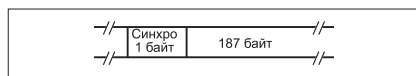


Рис 2.1. Мультиплексированный пакет транспортного потока MPEG-2

BSS). Так как транспонеры спутников на этих частотах имеют разную полосу пропускания, то при разных значениях сверточных кодов можно высчитать допустимую символьную скорость подаваемого на вход системы цифрового потока.

Как было сказано выше, на вход системы подаются цифровой поток с транспортного мультиплекса MPEG-2 (рис. 2.1). Поток состоит из пакетов длиной 188 байт. Каждый пакет начинается с синхро-



Рис 2.3. Пакет, защищенный от ошибок кодом Рида-Соломона (204, 188, T = 8)

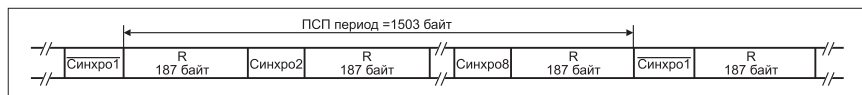


Рис 2.2. Рандомизированный транспортный пакет (синхробайты и рандомизированные данные R)



Рис 2.4. Кадры после деперемежения глубины I = 12 байт

Поскольку службы DTH обычно работают с сигналами строго ограниченной мощности, для борьбы с шумами и интерференцией в каналах связи первой задачей является повышение эффективности заполнения выделенной полосы частот РЧ сигнала. Для этого используют QPSK-модуляцию (Quantitude Phase Shift Keying) и совместное использование сверточного и RS-кодирования (Reed-Solomon code). Система при этом может оптимально работать как в режиме с одной несущей на транспондер TDM (Time Division Multiplexing), так и в режиме множества несущих с использованием частотного уплотнения FDM (Frequency Division Multiplexing) в рамках полосы пропускания транспондера. Все узлы системы синхронизируются образцовыми импульсами, выделяемыми из входного транспортного потока MPEG-2.

Передача сигналов DVB-S осуществляется в обеих спутниковых службах Ku-диапазона (FSS и

для псевдослучайной последовательности ПСП (PRBS) имеет вид:

$$1+X^{14}+X^{15}.$$

Последовательность 100101010000000 загружается в ПСП-регистр в начале каждого восьмого транспортного пакета. Для получения инициализирующего сигнала дескремблера СТВ-приемника синхробиты первого транспортного пакета побитно инвертируются с 47h на В8h. Этот процесс называется адаптацией транспортного потока TS.

Первый бит с выхода ПСП-регистра воздействует на первый бит (MSB) инвертированного синхробита. Для сохранения синхронизации в следующих семи пакетах ПСП-генератор продолжает свою работу, но его выход блокируется, оставляя синхробайты нерандомизированными. Таким образом период псевдослучайной последовательности равен 1503 байт (рис. 2.2).

Процесс рандомизации продолжается при отсутствии входного сигнала с транспортного мультиплекса или при наличии на входе сигнала, несовместимого с TS

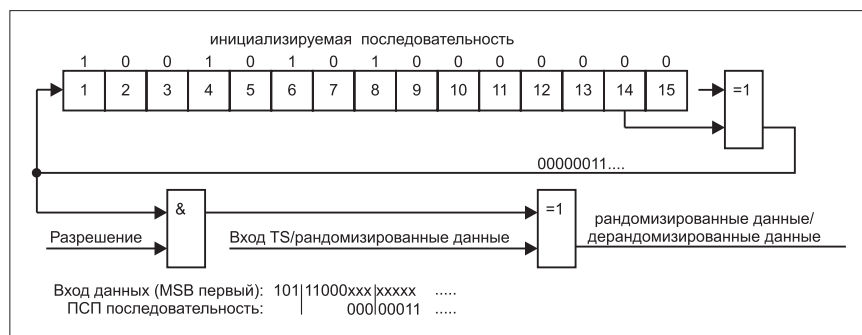


Рис 3. Рандомизация цифровой последовательности

байта (47h). При этом в процессе передачи данных первым всегда передается старший значащий бит (MSB) синхрослова (т.е. 01000111).

Согласно рекомендации ITU (International Telecommunication Union) входная цифровая последовательность для энергетической дисперсии подвергается рандомизации согласно рис. 3. По данной схеме производится дерандомизация цифровой последовательности в СТВ-приемниках. Полином

MPEG-2. Это предотвращает появление на выходе модулятора немодулированной несущей.

Код Рида-Соломона RS (204, 188, T = 8) является укороченным кодом RS (255, 239, T = 8) и применяется непосредственно к каждому транспортному пакету (188 байт) (рис. 2.2). При этом генерируется проверочный пакет защиты от ошибок (рис. 2.3). Кодирование Рида-Соломона применяется также и к синхробайтам как неинвертированным, так и инвертированным.