

Спутниковая архитектура распределения T2-MI

Архитектура сети распределения сигнала DVB-T2 через спутник

Описание блок-схемы | Научный комментарий | Ссылки на стандарты ETSI

Стандарты: ETSI EN 302 755 V1.4.1 (DVB-T2) | ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 (DVB-S2 Multistream)

Автор: Roman Dávid | © dxsatcs.com | Март 2026

1. Введение

T2-MI (T2 Modulator Interface — Интерфейс модулятора T2) — специализированный транспортный протокол, определённый стандартом ETSI EN 302 755 V1.4.1, который обеспечивает распределение полного мультиплекса DVB-T2 через спутниковый канал (DVB-S2) или IP-сеть на региональные наземные передатчики. Данная блок-схема точно отображает полную архитектурную цепочку системы распределения — от исходного мультиплекса до конечного зрителя.

Каждый элемент схемы определён соответствующим стандартом ETSI, а все соединения, направления потока сигнала и обозначения соответствуют действующим техническим спецификациям. Приведённый ниже текст содержит точное научное описание каждого блока и соединения схемы.

2. Центральный мультиплекс DVB-T2

Центральный мультиплекс DVB-T2 (Central DVB-T2 Multiplex) представляет собой исходную точку всей цепочки распределения. Он содержит несколько транспортных потоков (TS — Transport Stream), соответствующих отдельным телевизионным службам (Служба 1 — Служба N). Каждая служба кодируется в виде стандартного транспортного потока MPEG-2 в соответствии со стандартом ISO/IEC 13818-1.

Мультиплекс также содержит таблицы SI/PSI (Service Information / Program Specific Information — Информация о службах / Программно-специфическая информация):

- NIT (Network Information Table — Таблица сетевой информации) — содержит сведения о физической сети и транспондере
- PAT (Program Association Table — Таблица связи программ) — отображает программы на значения PID
- CAT (Conditional Access Table — Таблица условного доступа) — содержит информацию об условном доступе

Эти таблицы являются общими для всех служб мультиплекса и согласно стандарту ETSI EN 302 755 переносятся в общем PLP (Common PLP — см. раздел 4.1).

3. Упаковщик T2-MI / Шлюз T2 (T2-MI Packager / T2 Gateway)

Упаковщик T2-MI (T2-MI Packager), именуемый также шлюзом T2 (T2 Gateway), является центральным элементом обработки всей системы. Данное устройство выполняет две логические функции, которые согласно стандарту ETSI EN 302 755 интегрированы в единый

аппаратный блок — это HE два отдельных устройства:

- Упаковщик T2-MI: инкапсулирует полную структуру кадра T2 в протокол T2-MI
- Мультиплексор PLP: мультиплексирует все PLP (физические уровневые каналы) в единый поток

3.1 Структура кадра T2 (ETSI EN 302 755, раздел 6)

Кадр T2 является фундаментальной транспортной единицей технологии DVB-T2. Его точная структура определена стандартом ETSI EN 302 755 V1.4.1, раздел 6, и должна строго соблюдаться без каких-либо отступлений:

Элемент кадра T2	Описание и функция
Символ P1	Символ синхронизации — идентификация сигнала DVB-T2, режим защитного интервала
Символ(ы) P2	Несёт сигнализацию L1-pre и L1-post — метаданные о полной структуре кадра
Срез общего PLP	ПЕРВЫЙ срез данных непосредственно после символов P2 — общие таблицы SI/PSI для всех служб
Срезы Data PLP #1..N	Срезы данных отдельных служб в порядке #1 — #N
Временная метка T2	Временная метка для синхронизации сети SFN (EN 302 755, §5.2.3)

КРИТИЧЕСКОЕ ЗАМЕЧАНИЕ (EN 302 755 §6): Срез общего PLP всегда располагается ПЕРВЫМ срезом данных в кадре T2, непосредственно после символов P2, содержащих сигнализацию L1. Данный порядок строго определён стандартом и не подлежит изменению.

3.2 Общий PLP — Common PLP [ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ]

Общий PLP (Common Physical Layer Pipe — общий канал физического уровня) является обязательным компонентом каждого потока T2-MI. Его наличие и правильное положение в кадре T2 являются обязательными согласно стандарту ETSI EN 302 755. Применение T2-MI без данного блока противоречило бы стандарту.

Параметр	Значение / Определение
Положение в кадре T2	1-й срез данных — непосредственно после символов P2 / сигнализации L1
Содержимое	Таблицы SI/PSI: NIT, PAT, CAT — общие для всех служб
Количество срезов	Один срез на кадр T2
Назначение ISI	ISI #0 в DVB-S2 Multistream
Нормативная ссылка	ETSI EN 302 755 V1.4.1, раздел 6

3.3 Каналы данных PLP (Data PLPs — Physical Layer Pipes)

Каналы данных PLP несут полезное содержимое отдельных телевизионных служб. Каждому каналу данных PLP выделяется ровно один срез в кадре T2 — непрерывный блок ячеек данных в частотно-временной решётке OFDM-символов.

Определение термина СРЕЗ (SLICE) согласно ETSI EN 302 755 §6: Срез — это непрерывный, ограниченный по времени блок ячеек данных в символах данных OFDM кадра T2, выделенный одному конкретному PLP и образующий

непрерывную область в частотно-временной решётке.

Параметр Data PLP	Определение
Срез (Slice)	Непрерывный блок данных, выделенный одному PLP в кадре T2
ISI (Input Stream ID)	Уникальный идентификатор PLP в DVB-S2 Multistream (EN 302 307-1)
Отображение	Каждый Data PLP = один ISI в DVB-S2 Multistream
Количество	От 1 до N каналов Data PLP, определяемых мультиплексом
Нормативная ссылка	ETSI EN 302 755 V1.4.1, раздел 6

3.4 Два выходных пути упаковщика T2-MI

Упаковщик T2-MI имеет два независимых и равноценных выходных пути для распределения потока T2-MI. Оба пути являются взаимно альтернативными и независимыми:

Выход	Описание
Выход #1 — DVB-S2	Спутниковый аплинк через DVB-S2 Multistream — описан в разделе 4
Выход #2 — IP/UDP	Прямое распределение потока T2-MI через IP-сеть — описан в разделе 7

КРИТИЧЕСКОЕ ЗАМЕЧАНИЕ — IP-путь: Путь IP-распределения исходит НЕПОСРЕДСТВЕННО из упаковщика T2-MI как Выход #2. Это НЕ сигнал спутникового даунлинка. Данная ошибка часто встречается в блок-схемах: IP и спутник — это два независимых выходных пути упаковщика, а не два пути от спутника.

4. Спутниковый аплинк DVB-S2 Multistream

Спутниковый аплинк DVB-S2 Multistream представляет собой первый из двух выходных путей упаковщика T2-MI. Поток T2-MI инкапсулируется в спутниковые несущие сигналы согласно стандарту ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 и передаётся на спутник.

Параметр DVB-S2	Значение / Спецификация
Стандарт	ETSI EN 302 307-1 V1.4.1
Модуляция	DVB-S2
Кодирование	CCM — Constant Coding & Modulation (постоянное кодирование и модуляция) [обязательно]
ПОМ (FEC)	Внешний код BCH + внутренний код LDPC
Инкапсуляция	BBFRAME (базополосный кадр)
Режим потоковой передачи	MIS — Multi Input Stream (многопоточный режим)
ISI #0	Несёт общий PLP (Common PLP)
ISI #1..N	Несёт каналы Data PLP #1 — #N

Режим CCM (Constant Coding and Modulation — постоянное кодирование и модуляция) предписан стандартом ETSI EN 302 307-1 для распределения T2-MI через DVB-S2 Multistream. CCM обеспечивает стабильный и предсказуемый канал передачи, что является обязательным условием для синхронизации SFN с помощью временной метки T2.

ISI (Input Stream Identifier — идентификатор входного потока) — 8-битный идентификатор, определённый в стандарте ETSI EN 302 307-1, который однозначно идентифицирует каждый входной поток в рамках передачи DVB-S2 Multistream. В контексте T2-MI каждому PLP присваивается уникальный ISI: ISI #0 — для общего PLP, ISI #1 — #N — для отдельных каналов Data PLP.

5. Спутниковый канал и спутниковая приёмная станция (SRS)

Спутник Eutelsat 3B, расположенный на позиции геостационарной орбиты 3,1° в.д., служит ретрансляционной точкой для распределения T2-MI в направлении Африки, Европы и прилегающих регионов. Спутник поддерживает передачу DVB-S2 Multistream в диапазонах Ku, C и Ka с общим числом до 51 транспондера.

Спутниковая приёмная станция (SRS — Satellite Receive Station) — профессиональное оборудование, оснащённое спутниковой антенной и демодулятором DVB-S2. Она выполняет следующую цепочку обработки сигнала согласно стандарту ETSI EN 302 307-1:

- Демодуляция DVB-S2 спутниковой несущей
- Декодирование ПОМ: внешний код BCH + внутренний код LDPC
- Декодирование CCM
- Демультимплексирование ISI — разделение Multistream на отдельные потоки T2-MI
- Деинкапсуляция BBFRAME
- Извлечение потока T2-MI для дальнейшей обработки

6. Региональный передатчик DVB-T2

Региональный передатчик DVB-T2 принимает поток T2-MI от спутниковой приёмной станции и преобразует его обратно в наземный радиочастотный сигнал DVB-T2, доступный

для приёма стандартными бытовыми ресиверами (STB).

- Восстановление кадра T2 — воссоздание точной временно-частотной структуры
- Восстановление всех срезов PLP в правильном порядке (сначала Common PLP)
- OFDM-модуляция — формирование наземного радиочастотного сигнала DVB-T2
- Поддержка SFN (Single Frequency Network — одночастотная сеть) — синхронизация через временную метку T2
- Поддержка MFN (Multi Frequency Network — многочастотная сеть)

ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ для посетителей портала: Стандартный бытовой ресивер DVB-T2 (STB) НИКОГДА не принимает сигнал T2-MI непосредственно. Домашний зритель получает лишь итоговый наземный радиочастотный сигнал DVB-T2 от антенны, сформированный региональным передатчиком DVB-T2. T2-MI — профессиональный транспортный формат, предназначенный исключительно для распределения между профессиональными устройствами.

7. Путь IP-распределения (Выход #2 упаковщика T2-MI)

Путь IP-распределения является вторым, альтернативным путём распределения потока T2-MI. В отличие от спутникового аплинка, IP-путь ведёт НЕПОСРЕДСТВЕННО из упаковщика T2-MI в IP-сеть — без какой-либо связи со спутником.

Параметр IP-пути	Значение / Спецификация
Источник	Прямой Выход #2 упаковщика T2-MI
Протокол	Инкапсуляция T2-MI в UDP/IP
Сохранность потока	Поток T2-MI переносится без изменений
Применение	Распределение на наземные головные станции SFN/MFN
Связь со спутником	ОТСУТСТВУЕТ — IP-путь независим от спутникового канала

Поток T2-MI, распределяемый через IP-сеть, принимается профессиональным головным устройством, оснащённым аппаратным или программным декодером T2-MI. Данное устройство НЕ предназначено для домашних зрителей — это профессиональное оборудование, используемое на телевизионных студиях, центрах ретрансляции и аналогичных профессиональных объектах.

8. Профессиональный ресивер DVB-T2 с декодером T2-MI

Профессиональный ресивер DVB-T2 с декодером T2-MI — специализированное измерительное и мониторинговое устройство, предназначенное ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО для профессионального применения: измерения сигналов, анализа параметров, контроля качества. Данное устройство НЕ предназначено для домашних зрителей.

- Требуется демодулятор DVB-S2 в качестве входного фронтенда
- Содержит программный декодер T2-MI
- Обеспечивает выбор конкретного ISI (PLP) из Multistream
- Применяется исключительно для профессионального анализа сигналов и мониторинга

КРИТИЧЕСКОЕ ЗАМЕЧАНИЕ — бытовой зритель vs. профессионал: Стандартному бытовому зрителю декодер T2-MI НЕ требуется НИКОГДА. Бытовой ресивер (STB) принимает лишь наземный радиочастотный сигнал DVB-T2 от антенны. Декодер T2-MI необходим только в профессиональных устройствах (передатчиках, головных станциях, системах мониторинга), работающих непосредственно с протоколом T2-MI.

9. Итоговая таблица — полный поток сигнала

В следующей таблице приведена полная последовательность прохождения сигнала в архитектуре распределения T2-MI от источника до конечного зрителя:

Шаг	Блок / Устройство	Описание процесса / Стандарт
1	Центральный мультиплекс DVB-T2	Исходная точка — потоки TS служб + таблицы SI/PSI
2	Упаковщик T2-MI / Шлюз T2	Инкапсуляция T2-MI, создание кадра T2, мультиплексирование PLP (EN 302 755)
3а	Аплинк DVB-S2 (Выход #1)	Инкапсуляция DVB-S2 Multistream, CCM, ISI, BBFRAME (EN 302 307-1)

36	IP-сеть (Выход #2)	Прямое распределение T2-MI/UDP — альтернатива спутнику
4	Спутник Eutelsat 3B @ 3,1° в.д.	Пассивная ретрансляционная точка — геостационарная орбита, DVB-S2 MIS
5	Спутниковая приёмная станция (SRS)	Демодуляция DVB-S2, демультимплексирование ISI, извлечение T2-MI (EN 302 307-1)
6	Региональный передатчик DVB-T2	Преобразование T2-MI в DVB-T2, OFDM-модуляция, SFN/MFN (EN 302 755)
7	STB DVB-T2 (бытовой ресивер)	Стандартный наземный приём DVB-T2 — конечный пользователь

10. Нормативные ссылки

Все технические данные настоящего документа верифицированы по следующим стандартам:

Стандарт	Наименование и соответствующие разделы
ETSI EN 302 755 V1.4.1	DVB-T2: Структура кадров, канальное кодирование и модуляция. Разделы 5, 6 (кадр T2, PLP, Common PLP, срез, временная метка T2)
ETSI EN 302 307-1 V1.4.1	DVB-S2: Структура кадров, канальное кодирование и модуляция. CCM, Multistream, ISI, BBFRAME, MIS
ISO/IEC 13818-1	Системы MPEG-2: Спецификация транспортного потока

Roman Dávid | Исследователь и изобретатель в области физики волн | www.dxsatcs.com | Март 2026

Настоящий документ подготовлен исключительно на основе стандартов ETSI и верифицируемых технических источников.