

T2-MI Satellite Distribution Architecture

Technická architektúra distribučnej siete DVB-T2 signálu cez satelit

Popis blokovej schémy | Vedecký komentár | Referencie ETSI

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

Autor: Roman Dávid | © dxsatcs.com | Marec 2026

1. Uvod

Technológia T2-MI (T2 Modulator Interface) predstavuje špecializovaný prenosový protokol definovaný normou ETSI EN 302 755 V1.4.1, ktorý umožňuje distribúciu kompletného DVB-T2 multiplexu cez satelitné spojenie (DVB-S2) alebo IP sieť k regionálnym pozemným vysielacom. Táto blokovaschéma presne zobrazuje celú architekturnú reťazec distribučného systému od zdrojového multiplexu až po konečného diváka.

Každý prvok schémy je definovaný príslušnou normou ETSI, pričom všetky zapojenia, smery tokov a označenia zodpovedajú aktuálnym technickým špecifikáciám. Nasledujúci text poskytuje presný vedecký popis každého bloku a prepojenia v schéme.

2. Centralný DVB-T2 Multiplex

Centralný DVB-T2 Multiplex predstavuje zdrojový bod celého distribučného reťazca. Obsahuje viaceré transportných tokov (Transport Streams - TS) zodpovedajúcich jednotlivým televíznym službám (Service 1 až Service N). Každá služba je kodovaná ako štandardný MPEG-2 Transport Stream v súlade s normou ISO/IEC 13818-1.

Súčasťou multiplexu sú taktiež tabuľky SI/PSI (Service Information / Program Specific Information):

- NIT (Network Information Table) - obsahuje informácie o fyzickej sieti a transponderi
- PAT (Program Association Table) - mapuje programy na PID hodnoty
- CAT (Conditional Access Table) - obsahuje informácie o podmienkach prístupu

Tieto tabuľky sú zdieľané naprieč všetkými službami multiplexu a sú podľa normy ETSI EN 302 755 prenášané prostredníctvom Common PLP (viz sekcia 4.1).

3. T2-MI Packager / T2 Gateway

T2-MI Packager, tiež označovaný ako T2 Gateway, je centrálnym spracovateľským prvkom celého systému. Tento zariadenie vykonáva dve logické funkcie, ktoré sú podľa normy ETSI EN 302 755 integrované do jedného hardverového bloku - NIDE sú to dve oddelené zariadenia:

- T2-MI Packager: zapuzdruje kompletnú štruktúru T2 framu do T2-MI protokolu
- PLP Multiplexer: multiplexuje všetky PLPs (Physical Layer Pipes) do jedného toku

3.1 Štruktúra T2 framu (ETSI EN 302 755, Section 6)

T2 frame je základná prenosová jednotka technológie DVB-T2. Jeho presná štruktúra je definovaná normou ETSI EN 302 755 V1.4.1, Section 6, a musí byť dodržaná bez výnimky:

Prvok T2 framu	Popis a funkcia
P1 symbol	Synchronizačný symbol - identifikácia DVB-T2 signálu, mod Guard Interval
P2 symbol(y)	Nesie L1-pre a L1-post signalizáciu - metadata o štruktúre celého framu
Common PLP slice	PRVÝ datový slice ihneď po P2 symboloch - zdieľané SI/PSI pre všetky služby
Data PLP slices #1..N	Datové slice jednotlivých služieb v poradí #1 až #N
T2 Timestamp	Casová pečiatka pre synchronizáciu SFN siete (EN 302 755, §5.2.3)

KRITICKÝ POZNAMKA (EN 302 755 §6):

Common PLP slice je vždy umiestnený ako PRVÝ datový slice T2 framu, ihneď po P2 symboloch obsahujúcich L1 signalizáciu. Toto poradie je normou striktné definované a nesmie byť zmenené.

3.2 Common PLP [POVINNÝ]

Common PLP (Common Physical Layer Pipe) je povinnou súčasťou každého T2-MI toku. Jeho existencia a správna pozícia v T2 frame sú mandatorne podľa ETSI EN 302 755. Používanie Common PLP bez tohto bloku by bolo v rozpore s normou.

Parameter	Hodnota / Definícia
Pozícia v T2 frame	1. datový slice - ihneď po P2 / L1 signalizácii
Obsah	SI/PSI tabuľky: NIT, PAT, CAT - zdieľané pre všetky služby
Počet slicev	Jeden slice na každý T2 frame

ISI priradenie	ISI #0 v DVB-S2 Multistream toku
Normatívna referencia	ETSI EN 302 755 V1.4.1, Section 6

3.3 Data PLPs (Physical Layer Pipes)

Data PLPs prenasajú datový obsah jednotlivých televíznych služieb. Každý Data PLP má v rámci T2 framu priradený presne jeden slice - súvislý blok dátových buniek v časovo-frekvenčnej mriežke OFDM symbolov.

Definícia pojmu SLICE podľa ETSI EN 302 755 §6: Slice je súvislý, časovo ohraničený blok dátových buniek (cells) v dátových OFDM symboloch T2 framu, ktorý je priradený jednému konkrétnemu PLP a tvorí nepretržitú oblasť v časovo-frekvenčnej mriežke.

Parameter Data PLP	Definícia
Slice	Súvislý datový blok priradený jednému PLP v T2 frame
ISI (Input Stream ID)	Jedinečný identifikátor PLP v DVB-S2 Multistream (EN 302 307-1)
Mapovanie	Každý Data PLP = jeden ISI v DVB-S2 Multistream toku
Pocet	1 až N Data PLPs podľa potreby multiplexu
Normatívna referencia	ETSI EN 302 755 V1.4.1, Section 6

3.4 Dva výstupné cesty z T2-MI Packagera

T2-MI Packager disponuje dvoma nezávislými a ekvivalentnými výstupnými cestami pre distribúciu T2-MI toku. Obe cesty sú vzájomne alternatívne a nezávislé:

Výstup	Popis cesty
Výstup #1 - DVB-S2	Satelitný uplink cez DVB-S2 Multistream - popis v sekcii 4
Výstup #2 - IP/UDP	Priama distribúcia T2-MI toku cez IP sieť - popis v sekcii 6

KRITICKÁ POZNAMKA - IP cesta:

IP distribučná cesta vychádza PRIAMO z T2-MI Packagera ako Output #2. NEIDE o satelitný downlink signál. Toto je častá chyba v blokových schémach - IP a Satelit sú dve nezávislé výstupné cesty z Packagera, nie dve cesty zo satelitu.

4. DVB-S2 Multistream Uplink

DVB-S2 Multistream Uplink reprezentuje prvú z dvoch výstupných ciest T2-MI Packagera. T2-

MI tok je zapuzdreny do satelitnych nosnych signalov podla normy ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 a vysielany k satelitu.

Parameter DVB-S2	Hodnota / Specifikacia
Norma	ETSI EN 302 307-1 V1.4.1
Modulacia	DVB-S2
Kodirovanie	CCM - Constant Coding & Modulation (povinne)
FEC	BCH vonkajsi kód + LDPC vnutorny kód
Zapuzdrenie	BBFRAME (BaseBand FRAME) enkapsulacia
Streaming mode	MIS - Multi Input Stream (Multistream)
ISI #0	Prenasa Common PLP
ISI #1..N	Prenasa Data PLPs #1 az #N

4.1 CCM - Constant Coding and Modulation

Pre T2-MI distribuciu cez DVB-S2 Multistream je normou ETSI EN 302 307-1 predpisane pouzitie CCM (Constant Coding and Modulation). CCM znamena, ze modulacia a kodovanie su konstantne pre cely cas prenosu na satelitnom spoji - na rozdiel od ACM (Adaptive Coding and Modulation), kde sa tieto parametre adaptivne menia.

Dovod pouzitia CCM pre T2-MI: T2-MI je deterministicky tok s presnou casovou strukturou (T2 timestamp pre SFN sync). Akekolvek zmeny latencii alebo predania sposobene ACM adaptaciou by narusili synchronizaciu SFN siete. CCM zarucuje stabilny a predvidatelny prenosovy kanal.

4.2 ISI - Input Stream Identifier

ISI (Input Stream Identifier) je 8-bitovy identifikator definovany v norme ETSI EN 302 307-1, ktory jednoznacne identifikuje kazdy vstupny tok v ramci DVB-S2 Multistream prenosu. V kontexte T2-MI je kazdemu PLP priradeny jedinecny ISI:

- ISI #0: priradeny Common PLP - vzdy na pevnej pozicii
- ISI #1 az #N: priradene jednotlivym Data PLPs

Prijimac na strane pozemneho vysielaca vykonava ISI demultiplexovanie - z celkového DVB-S2 Multistream toku extrahuje T2-MI toky pre jednotlivé PLPs podľa ich ISI identifikátorov.

5. Satelitný spoj a Satellite Receive Station (SRS)

5.1 Satelit Eutelsat 3B @ 3.1° East

Satelit Eutelsat 3B umiestnený na geostacionárnej orbite na pozícii 3.1° východ slúži ako prenosový bod pre T2-MI distribúciu do Afriky, Európy a priliehajúcich regiónov. Satelit podporuje DVB-S2 Multistream prenos v pásmach Ku, C a Ka s celkovým počtom až 51 transponderov.

5.2 Satellite Receive Station (SRS)

Satelitná prijímacia stanica (SRS) je profesionálne pracovisko vybavené satelitnou parabolou a DVB-S2 demodulatorom. Vykonáva nasledujúci reťazec spracovania signálu podľa normy ETSI EN 302 307-1:

- DVB-S2 demodulácia satelitného nosného signálu
- Dekodovanie FEC: BCH vonkajší + LDPC vnútorný kód
- CCM dekodovanie
- ISI demultiplexovanie - rozdelenie Multistream toku na jednotlivé T2-MI toky
- BBFRAME de-enkapsulácia
- Extrakcia T2-MI toku pre ďalšie spracovanie

Na výstupe SRS je obnovený originálny T2-MI tok, ktorý je následne odovzdaný do Regionálneho DVB-T2 vysielača.

6. Regionálny DVB-T2 Vysielač

Regionálny DVB-T2 vysielač prijíma T2-MI tok zo satelitnej prijímacej stanice a konvertuje ho späť na pozemný DVB-T2 radiofrekvencný signál, ktorý sú schopné prijať štandardné domáce prijímače (STB).

Tento blok vykonáva kompletnú rekonštrukciu T2 frame štruktúry vrátane:

- Rekonštrukcia T2 framu - obnovenie presnej časovej a frekvencnej štruktúry
- Obnovenie všetkých PLP sliceov v správnom poradí (Common PLP prvý)
- OFDM modulácia - generovanie pozemného DVB-T2 RF signálu
- Podpora SFN (Single Frequency Network) - synchronizácia pomocou T2 Timestamp
- Podpora MFN (Multi Frequency Network)

DOLEŽITÁ POZNAMKA pre navštevníkov portálu:

Bežný domáci DVB-T2 prijímač (STB) NIKDY neprijíma T2-MI signál priamo. Domáci divák prijíma iba finálny pozemný DVB-T2 RF signál z antény, ktorý bol generovaný Regionálnym DVB-T2 vysielačom. T2-MI je profesionálny transportný formát určený výlučne pre distribúciu medzi profesionálnymi zariadeniami.

7. IP Distribucna cesta (Vystup #2 z T2-MI Packagera)

IP distribucna cesta je druha, alternativna cesta distribucny T2-MI toku. Na rozdiel od satelitneho uplinku, IP cesta vedie PRIAMO z T2-MI Packagera do IP siete - bez akejkoľvek vzťahu k satelitu.

Parameter IP cesty	Hodnota / Specifikacia
Zdroj	Priamy vystup #2 z T2-MI Packagera
Protokol	UDP/IP enkapsulacia T2-MI toku
Zachovanie toku	T2-MI tok je prenasany nezmenen
Použitie	Distribucia k pozemnym SFN/MFN headend staniciam
Vztah k satelitu	ZIADNY - IP cesta je nezávislá od satelitneho spoja

7.1 T2-MI Professional Headend prijimac (IP cesta)

T2-MI tok distribuovany cez IP sieť je prijimany profesionálnym headend zariadením, ktoré disponuje T2-MI hardverovým alebo softverovým dekodérom. Toto zariadenie NIED je určene pre domácich divakov - ide o profesionálne zariadenie používané v televíznych studiách, retransmisných centrách a podobných profesionálnych pracoviskách.

8. Profesionálny DVB-T2 prijimac s T2-MI dekodérom

Profesionálny DVB-T2 prijimac s T2-MI dekodérom je špecializované merací a monitorovacie zariadenie určene VYLUČNE pre profesionálne použitie - meranie signálu, analýzu parametrov, monitoring kvality. Toto zariadenie NIED je určene pre domácich divakov.

Na rozdiel od domáceho STB, toto zariadenie:

- Vyžaduje DVB-S2 demodulátor ako vstupný frontend
- Obsahuje T2-MI softverový dekodér
- Umožňuje vyber konkrétneho ISI (PLP) zo Multistream toku
- Služi výlučne na profesionálnu analýzu a monitoring signálu

KRITICKÁ POZNAMKA - Bežný divák vs. profesionál:

Bežný domáci divák NIKDY nevyžaduje T2-MI dekodér. Domáci prijimac (STB) prijíma iba pozemný DVB-T2 RF signál z antény. T2-MI dekodér je potrebný iba v profesionálnych zariadeniach (vysielače, headend stanice, monitorovacie systémy), ktoré pracujú priamo s T2-MI protokolom.

9. Zhrnutie - Kompletný tok signálu

Následujúca tabuľka zhrňuje kompletný tok signálu v T2-MI distribučnej architektúre od zdroja

az po konecneho diváka:

K r o k	Blok / Zariadenie	Popis procesu / Norma
1	Centralny DVB-T2 Multiplex	Zdrojovy bod - TS toky sluzieb + SI/PSI tabulky
2	T2-MI Packager / T2 Gateway	Enkapsulacia do T2-MI, tvorba T2 frame, PLP Mux (EN 302 755)
3 a	DVB-S2 Uplink (Vystup #1)	Zapuzdrenie do DVB-S2 Multistream, CCM, ISI, BBFRAME (EN 302 307-1)
3 b	IP siet (Vystup #2)	Priama distribucia T2-MI/UDP - alternativa k satelitu
4	Satelit Eutelsat 3B @ 3.1°E	Pasivny odrazy bod - geostacionarna orbita, DVB-S2 MIS
5	Satellite Receive Station (SRS)	DVB-S2 demodulácia, ISI demux, extrakcia T2-MI (EN 302 307-1)
6	Regionalny DVB-T2 Vysielac	T2-MI -> DVB-T2 konverzia, OFDM modulácia, SFN/MFN (EN 302 755)
7	DVB-T2 STB (domaci prijimac)	Standardny pozemny DVB-T2 prijem - konecny uzivatel

10. Normativne referencie

Vsetky technicke udaje v tomto dokumente su overene podla nasledujucich norm:

Norma	Nazov a relevantne sekcie
ETSI EN 302 755 V1.4.1	DVB-T2: Frame structure, channel coding and modulation. Sections 5, 6 (T2 frame, PLP, Common PLP, Slice, T2 Timestamp)
ETSI EN 302 307-1 V1.4.1	DVB-S2: Framing structure, channel coding and modulation. CCM, Multistream, ISI, BBFRAME, MIS
ISO/IEC 13818-1	MPEG-2 Systems: Transport Stream specification

Roman Dávid | Researcher & Inventor in Wave Physics | www.dxsatcs.com | Marec 2026
Dokument bol pripraveny vylucne na zaklade norm ETSI a overitelnych technickych zdrojov.