

DVB-T – perspektívny systém televízneho vysielania

Ing. Juraj Oravec

Výskumný ústav spojov B. Bystrica

joravec@vus.sk

FEI STU, Bratislava, 3. októbra 2003

OBSAH

I Nové trendy pozemského TV vysielania

II Európske iniciatívy v oblasti DVB-T a stav zavádzania digitálneho vysielania v Európe a vo svete

III Technické aspekty systému DVB-T

- zdrojové kódovanie, multiplexovanie, modulácia a kanálové kódovanie, varianty systému DVB-T, typy vysielacích sietí

IV Organizačné usporiadanie prenosového reťazca pri digitálnom vysielaní

V Služby poskytované prostredníctvom systému DVB-T

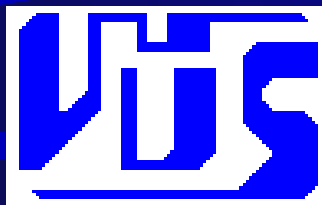
VI Príjem signálov DVB-T

- Druhy príjmu

- Typy prijímaných kanálov z hľadiska podmienok príjmu

- Prijímacie zariadenia účastníkov

VII Základné ciele a stratégia prechodu od analógového na digitálne TV vysielanie na Slovensku



**Bratislava,
3. októbra 2003**

Pozemská digitálna televízia (DVB-T)

I. Nové trendy pozemského TV vysielania

1 Súčasný stav v TV vysielaní

Súčasná doba je charakterizovaná:

- novými požiadavkami tvorcov TV programov na ďalšie vysielacie frekvencie
- vyčerpanosťou frekvenčného spektra, čo častokrát neumožňuje vyhovieť predošlej požiadavke. Analógové vysielanie je možné považovať za saturované
- rozširovaním mobilného príjmu (napr. v autách)
- záujmom obyvateľstva o vyšší počet programov, pričom nároky na kvalitu signálu stúpajú
- snahou o znižovanie energetickej náročnosti zariadení.

Riešenie: **DVB-T** (Digital Video Broadcasting – Terrestrial
= pozemská digitálna televízia)

Z hľadiska technického a z hľadiska možností predstavuje zavedenie digitálneho TV vysielania revolučný skok, v mnohom podobný situácii náhrady gramofónových platní (analógové záznamy) nosičmi CD (digitálne záznamy), masovému rozšíreniu mobilných telefónov, prípadne zavedeniu rozhlasového FM vysielania v pásme VKV (oproti dovtedajšiemu AM vysielaniu v pásme stredných vln).

Výhody:

- technické
- aplikačné
- nižšie prevádzkové náklady
- možná podpora obchodu, trhu, zamestnanosti

Nevýhody:

- investičné (na vysielacej i prijímacej strane)

2 Základné charakteristiky analógového vysielania

Podstata pozemského analógového TV vysielania

- snímaný obraz a zvuk sú zmenené na spojitý *analógový* elektrický signál, ktorým je modulovaná nosná vlna vysielача (pozri obrázky na ďalších stranách)

TV systémy analógového TV vysielanie používané na Slovensku

CCIR-B1 (na vysielanie v pásmach TV I a III)

CCIR-G (na vysielanie v pásmach TV IV a V)

Základné parametre systémov B1 a G:

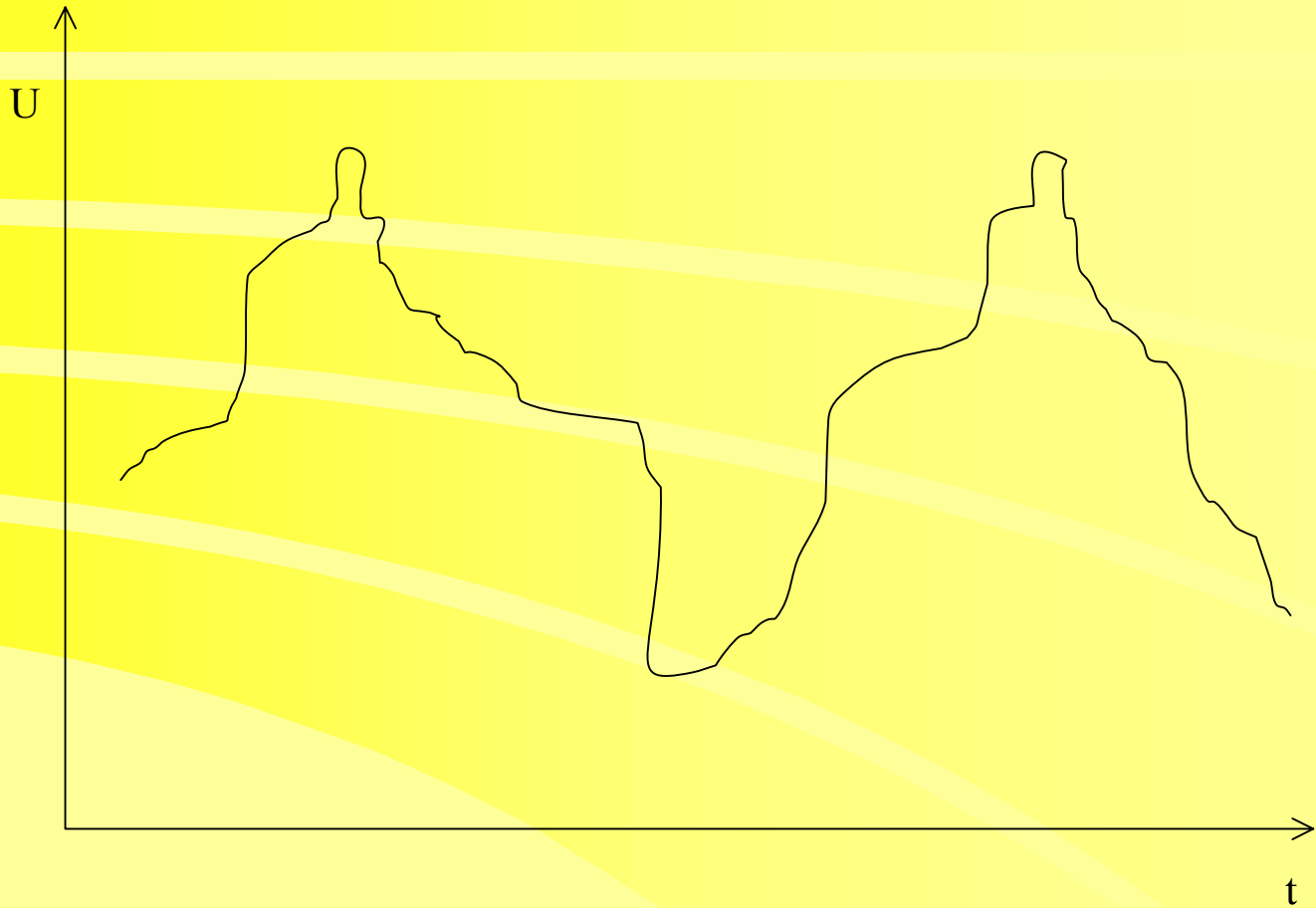
- šírka kanála: 8 MHz
- umiestnenie nosnej obrazu od začiatku kanála: +1,25MHz
- frekvenčný odstup nosnej zvuku od nosnej obrazu: +5,5 MHz (1. zv.)
+5,742 MHz (2. zv.)

Prenos informácií o farbe: **PAL** (Phase Alternation Line)

- Princíp:**
- nosná farby je 4,433 618 75 MHz nad nosnou obrazu
 - nosná farby je modulovaná amplitúdovo
 - v každom riadku sa mení fáza nosnej farby

Analógový signál

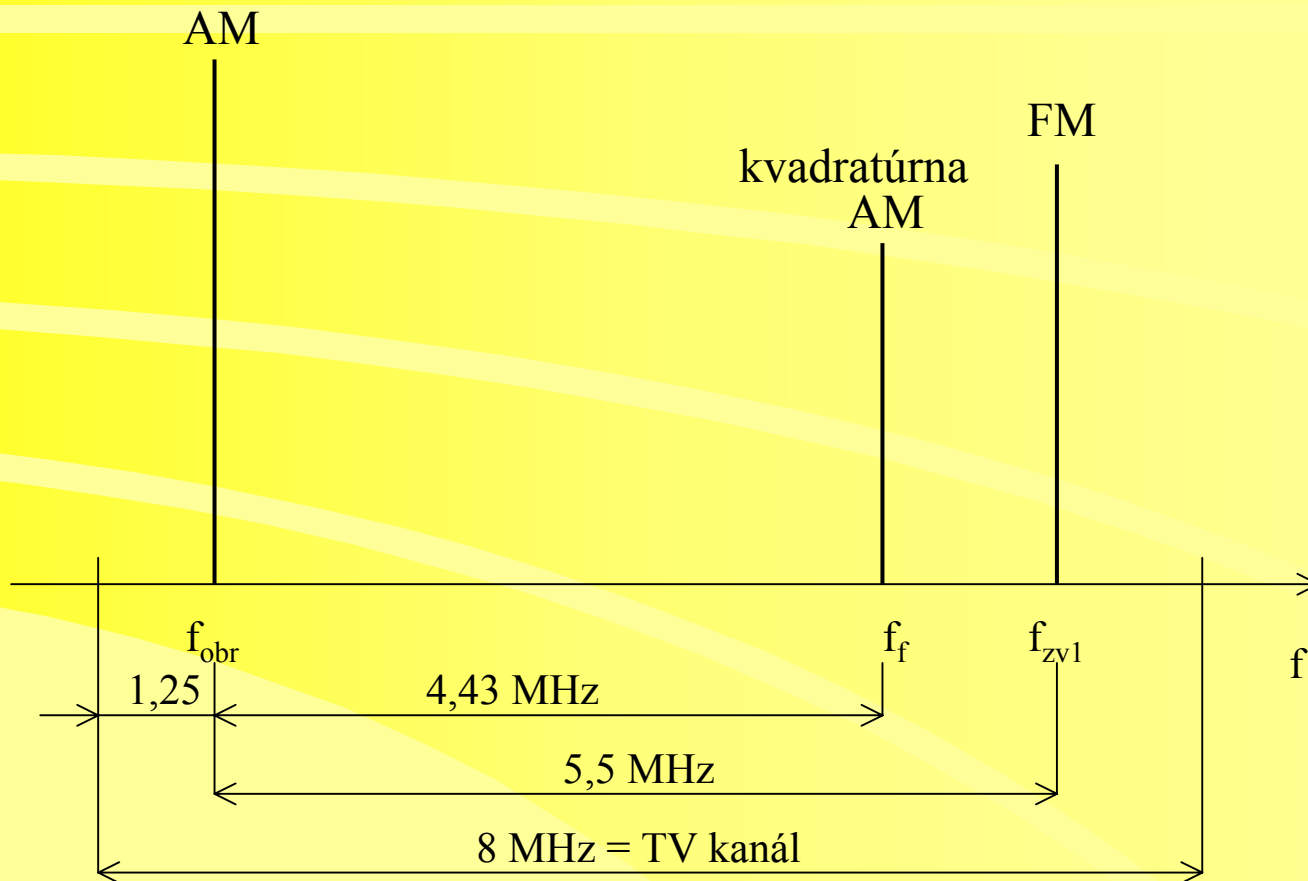
1. NF:



Analógový signál (pokračovanie)

2. VF – systémy B1/G-PAL:

modulácia
nosných:



Charakteristické vlastnosti analógového TV vysielania

- v *jednom* TV kanále so šírkou 8 MHz sa prenáša *jeden* TV program (so sprievodným zvukom, resp. zvukmi)
- na mnohých miestach (najmä v miestach bez priamej viditeľnosti na vysielateľ) dochádza k degradácii signálu spôsobeného mnohocestným šírením (v obraze vidieť tzv. “duchov”), nízkou úrovňou signálu (obraz je zašumený) atď.
- počas pohybu (napr. vozidla so zabudovaným TV prijímačom) je príjem veľmi nekvalitný, resp. viac-menej nemožný
- kvalitný príjem analógového TV signálu je možný pomocou vonkajšej pevne zabudovanej antény (napr. na streche domu)
- na pokrytie určitého územia sú potrebné vysielateľe s pomerne veľkým vyžiarovým výkonom (na Slovensku až 1 MW)
- susedné vysielateľe nemôžu kvôli možnému rušeniu vysielateľ na rovnakom TV kanále (ochranná vzdialenosť je závislá od výkonu vysielateľov), čoho dôsledkom sú značné nároky na frekvenčné spektrum
- pri vysielaní farebnej televízie (vzhľadom na požiadavku zlučiteľnosti so systémom pre čierno-biely príjem) principiálne dochádza k ovplyvňovaniu jasového signálu a signálu farby, čo spôsobuje skreslenie obrazu

3 Základné charakteristiky systému DVB-T

- systém vyvinutý v Európe

História

- v roku 1992 existovali v Európe značne rozdielne prístupy európskych riešiteľských tímov (napr. RACE, dTTb alebo HD-DIVINE)
- preto sa Európa rozhodla koordinovať ďalší vývoj v oblasti digitálnej televízie a vytvoriť spoločný celoeurópsky digitálny systém televízneho vysielania
- v septembri 1993 vďaka spoločnému úsiliu európskych TV, družicových a káblových spoločností, vládnych inštitúcií a výrobcov profesionálnej aj komerčnej televíznej techniky bolo podpísané “Memorandum o porozumení, vyjadrujúce spoločnú vôľu na dosiahnutie harmonického vývoja služieb v oblasti šírenia digitálneho televízneho signálu v Európe” s cieľom vytváranie spoločných noriem pre digitálne televízne vysielanie
- týmto bol de facto založený projekt DVB (Digital Video Broadcasting)

- v prvej etape existencie projektu DVB sa rozvíjali najmä družicové systémy DVB-S a káblové systémy DVB-C
- v marci 1995 bola predbežná špecifikácia systému DVB-T schválená technickým modulom projektu DVB a neskôr ju prijali aj ostatné zložky projektu DVB
- v roku 1988 vznikla Skupina expertov pre spracovanie obrazu a zvuku MPEG (Moving Pictures Experts Group) ako pracovná skupina WG 11 riadiaceho výboru SC 29 spojenej technickej komisie JTC 1 medzinárodných normalizačných organizácií ISO a IEC za účelom definovať normy pre digitálnu kompresiu obrazových a zvukových signálov
- v roku 1993 bola publikovaná norma MPEG-1 pod označením ISO/IEC 11172; táto norma je obmedzená na neprekladané obrazové formáty a podporu obrazového kódovania do bitovej rýchlosti približne 1,5 Mbit/s

- v roku 1994 bola publikovaná norma MPEG-2 pod označením ISO/IEC 13818. Jej príprava začala v roku 1990. Norma podporuje kódovanie obrazu s prekladaným riadkovaním a je určená pre aplikácie s bitovými rýchlosťami približne od 5 do 10 Mbit/s. Neskôr bola rozšírená o aplikácie HDTV s bitovými rýchlosťami v rozsahu od 15 do 30 Mbit/s.

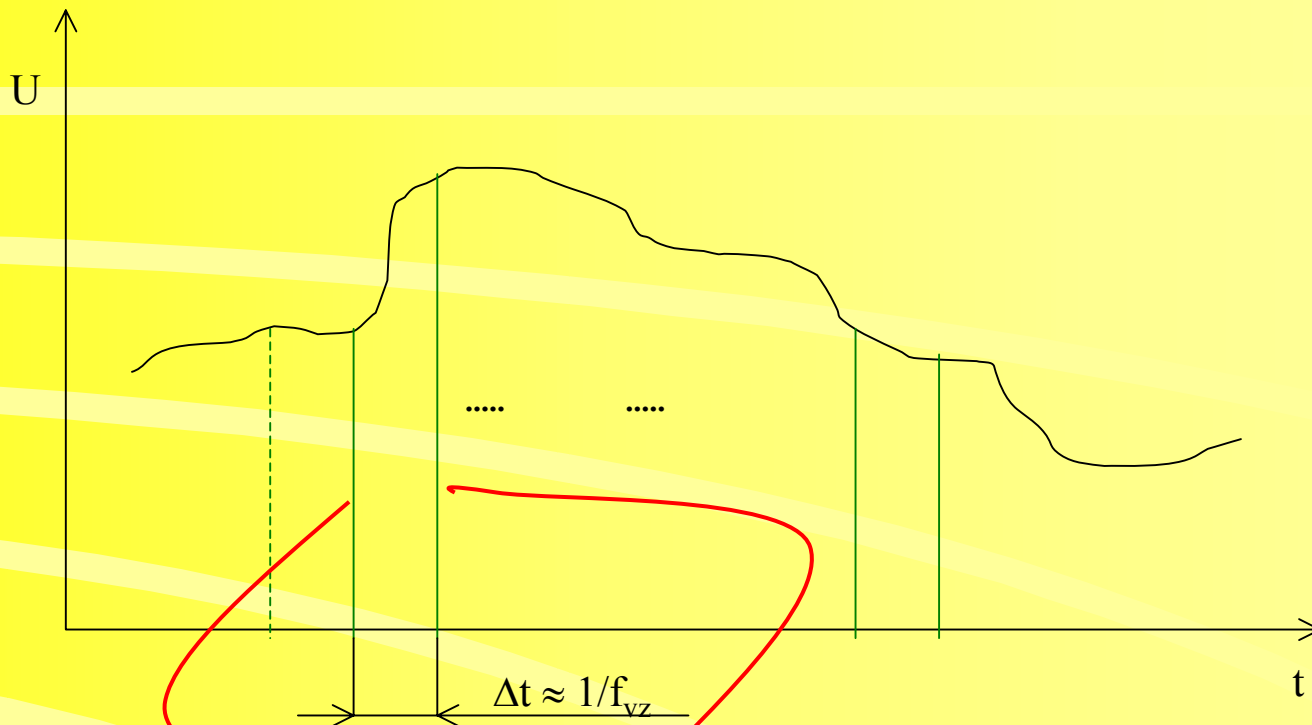
System DVB-T sa okrem Európy používa aj v ďalších krajinách sveta (Austrália, Nový Zéland, Singapur, India, Juhoafrická republika, Kórea).

Princíp DVB-T

- elektrické signály snímaného obrazu a zvuku, ktoré sú analógové, sa zdigitalizujú (pozri obrázky na ďalších stranách)
- redukcia, resp. kompresia dátového toku informácie (odstránenie redundancie a irelevancie, ...)
- zlúčenie viacerých TV programov, prípadne iných signálov do jedného balíka (čiže multiplexu - vytvorenie tzv. “kontajnera”)
- vytvorenie ochrany užitočného dátového toku rôznymi metódami kódovania a tzv. prekladania (interleaving)
- aplikovanie technológie OFDM (v jednom TV kanále je niekoľko tisíc nosných, a to 1705 v systéme 2K a 6817 v systéme 8K)
- použitie digitálnych modulácií (QPSK, QAM)
- vloženie ochranného intervalu
- samotné vysielanie

Digitálny signál

1. NF +
vzorkovanie



2. digitálny
signál:

napr.

01101101	11000101
----------	----------	-------

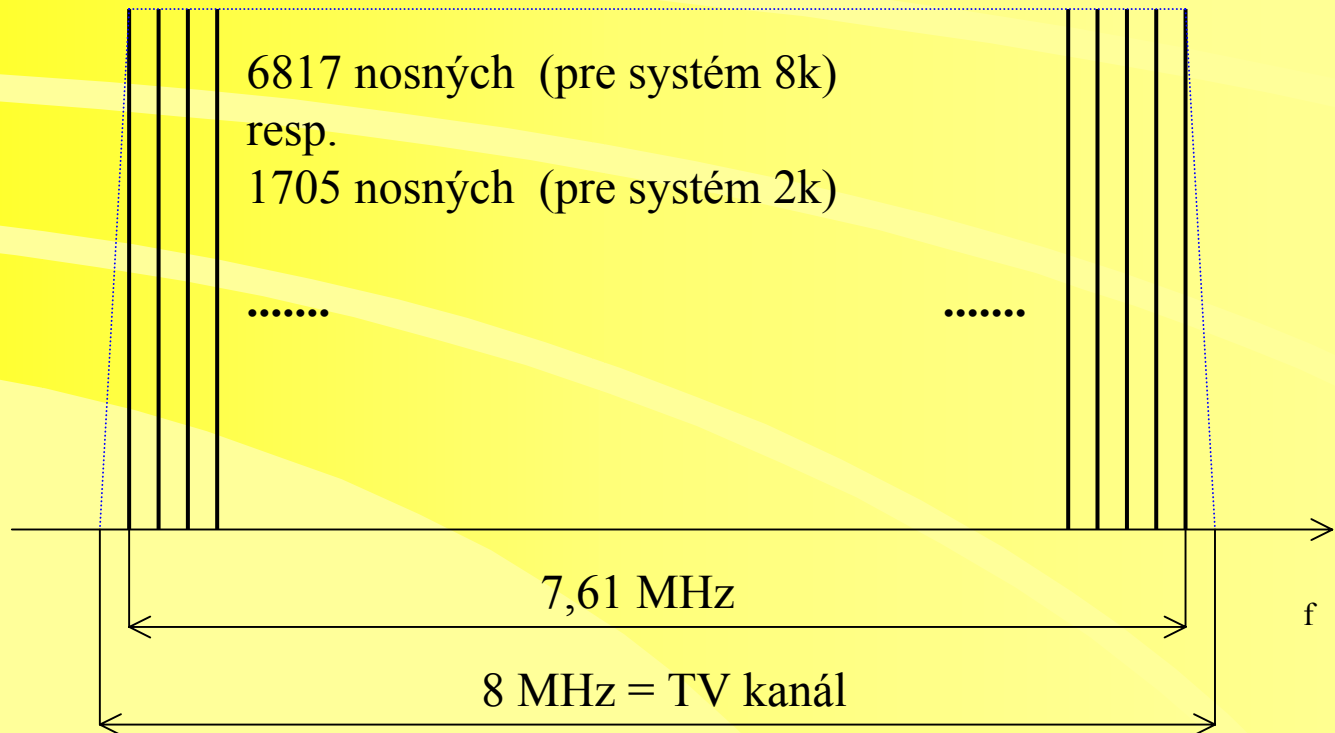
- pri 8-bitovom vzorkovaní je možné rozlíšiť $2^8 = 256$ úrovní signálu

Digitálny signál (pokračovanie)

2. VF (DVB-T):

modulácia
nosných OFDM:

QPSK alebo 16-QAM alebo 64-QAM



Základné normy a dokumenty

ISO/IEC 13818 Informačné technológie - Generické kódovanie pohyblivého obrazu a k nemu pridruženému zvuku

ETS 300 744 Digitálne TV vysielanie (DVB). Štruktúra rámcov, zdrojové kódovanie a modulácia pre digitálnu pozemskú televíziu

The ***Chester 1997*** Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T).
Chester, 25 July 1997

Frekvenčné pásma na vysielanie a šírka kanála

- ako pre analógové vysielanie, t.j. 174 až 230 MHz a 470 až 862 MHz
- nepoužíva sa pásmo TV I
- šírka kanála: ostáva 8, resp. 7 MHz

Hlavné charakteristiky DVB-T

- vysielanie viacerých TV programov (“kontajnera”, resp. multiplexu) v jednom TV kanále (obvykle 3 až 6 TV programov v kvalite zodpovedajúcej analógovému prenosu PAL, všetko v závislosti od požadovanej kvality a od spôsobu riadenia prenosovej bitovej rýchlosti)
- možnosť dvojúrovňového hierarchického prenosu, t.j. program (resp. 2 rôzne programy) môžu byť prenášané s rôznou odolnosťou proti rušeniu, napr. na účely rôznych typov príjmu; pritom “odolnejší” program je prenášaný s nižšou bitovou rýchlosťou a “menej odolný” s vyššou bitovou rýchlosťou
- možnosť prenosu niekoľkých sprievodných zvukov
- možnosť prenosu iných dátových tokov, napr. rozhlasové programy a toky ďalších služieb na účely zábavy alebo obchodu (tzv. “Webcasting”, interaktívna televízia, DVB-RCT, ...)

- pružná voľba kvality obrazu a zvuku (vrátane kvality HDTV) až do maximálneho prenosového toku vybraného módu DVB-T
- vysoká bezpečnosť metód kódovania pre platené služby
- zlepšenie kvality príjmu najmä v oblastiach s odrazmi, ktoré sú pri analógovom prenose rušivé, pri digitálnom prenose sa však neobjavujú
- možnosť budovania tzv. jednofrekvenčných vysielacích sietí (SFN), t.j. rovnaký multiplex programov sa vysiela sieťou vysielateľov na tej istej frekvencii, pričom tieto vysielateľe sa vzájomne nerušia, ba naopak, za určitých podmienok podporujú (úroveň signálov sa sčítava). To má zásadný vplyv na úsporu frekvenčného spektra, ktoré je národným bohatstvom
- možnosť používať prenosné prijímače s jednoduchými anténami, prípadne mobilné prijímače v dopravných prostriedkoch
- na pokrytie územia postačujú vysielateľe s menším výkonom, čo má význam aj z hľadiska ekologického

Hlavné výhody pre zúčastnené strany

- **pre divákov:** zvýšenie počtu programov, možnosť vnútorného prenosného, prípadne mobilného príjmu, zvýšenie kvality obrazu a zvuku (odstránenie “sneženia” a “duchov”) a poskytovanie doplnkových služieb. Predpoklad: investovanie do digitálnych prijímacích zariadení (tzv. set-top boxy)
- **pre programové spoločnosti (vysielaťov):** ušetrenie nákladov na vysielanie v prepočte na 1 program a ušetrenie prenosovej kapacity. Predpoklad: digitalizácia TV štúdií z hľadiska výstupného signálu
- **pre prevádzkovateľov vysielacích sietí:** ponuka vyšších prenosových kapacít na mediálny trh. Predpoklad: získanie dostatočných investícií na vybudovanie vysielacej siete
- **pre priemysel:** stimulácia dopytu po externých prijímačoch (set-top boxoch) a integrovaných prijímačoch
- **pre regulačný orgán telekomunikácií:** optimálne využitie frekvenčného spektra dané možnosťami budovanie sietí SFN

Pozemská digitálna televízia (DVB-T)

II. Európske iniciatívy v oblasti DVB-T a stav zavádzania digitálneho vysielania v Európe a vo svete

Európske iniciatívy z oblasti DVB-T

Skupiny zaoberajúce sa problematikou DVB-T

- CEPT FM **PT24** – pracuje od r. 1996
 - hlavný doterajší výsledok: dohoda CH97
 - v súčasnosti pripravuje podklady pre plánovaciu konferenciu pre plne digitálnu budúcnosť Európy (revízia plánu ST61)
- **MDT-M1** (Broadcasting / Migration to Digital Television) – v rámci EBU
- **ITU** (TG 6/8) – pripravuje plánovaciu konferenciu RRC-04 (máj 2004 a RRC-06)

Okrem týchto organizácií existuje v Európe celý rad združení, ktorých členmi sú väčšinou privátne spoločnosti (výrobcovia, prevádzkovatelia sietí, ...). Medzi najznámejšie patria ***DVB***, ***DigiTag***, ***EICTA***, ***VALIDATE***, ***MOTIVATE***.

Stav zavádzania DVB-T

a) Stav v Európe (jún 2003)

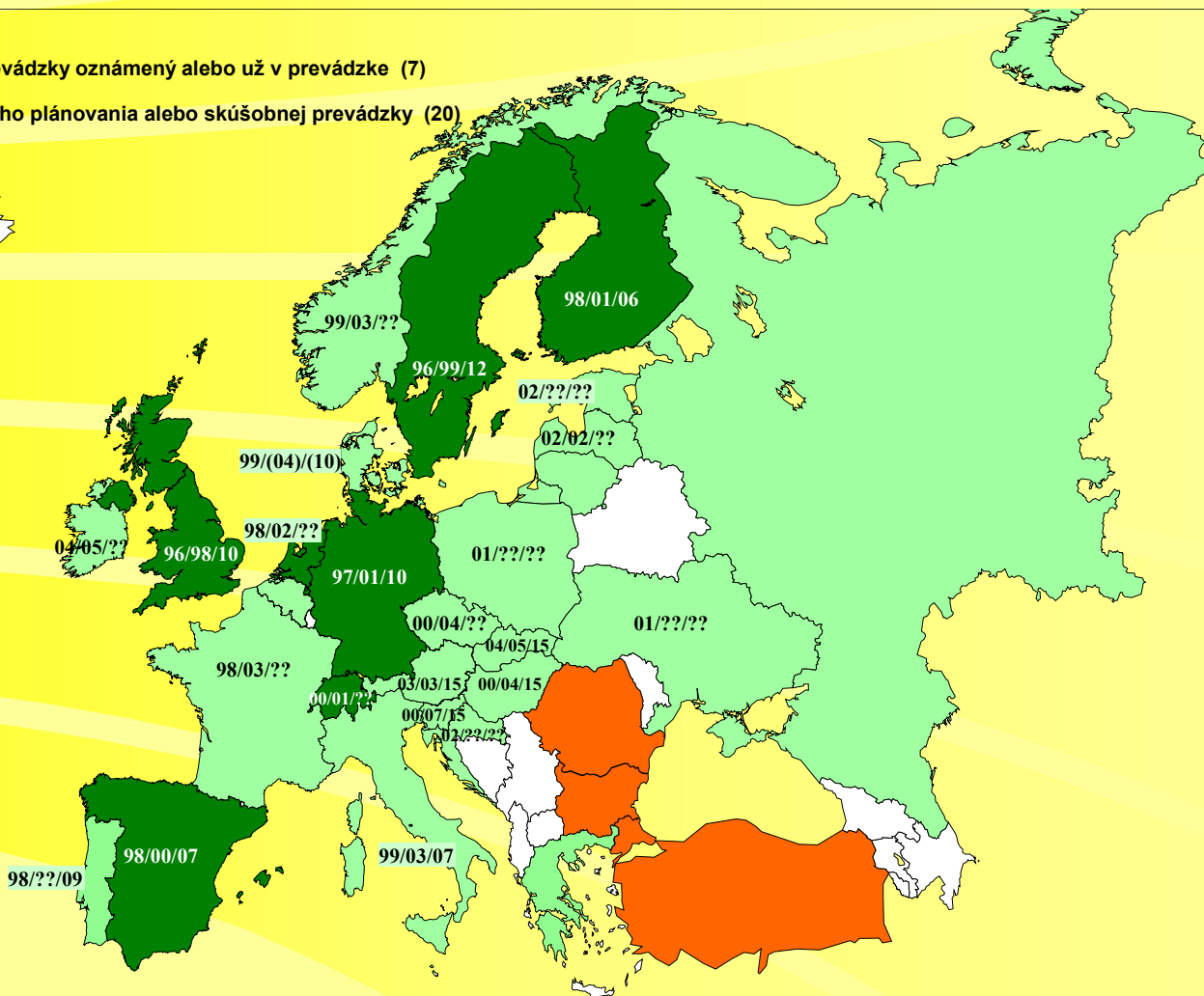
Štát (kód podľa ITU) ²⁾	Počet vysielateľov (zariadení) (nie počet vysielacích stanovísk)				Percento domácností, ktoré môžu alebo v blízkej budúcnosti budú môcť prijímať uvedený počet multiplexov MPX						Počet predaných prijímačov DVB-T
	spolu do 1 roka		v prevádzke		1 MPX	2 MPX	3 MPX	4 MPX	5 MPX	6 MPX a viac	
	ERP < 1kW	ERP ≥ 1kW	ERP < 1kW	ERP ≥ 1kW							
AUT		3					3				
BEL	4	9	4	6	35	20	10	1			< 1.000
CZE				5 ¹⁾	> 10	> 10					~ 400
D	17 ¹⁾	75	21 ¹⁾	35							> 130.000
DNK	1 ¹⁾	4 ¹⁾	1 ¹⁾	4 ¹⁾	45						~ 250
E											
EST		1			40						
F			13 ¹⁾	7 ¹⁾							
FIN	10	58	9	33	85	85	85				~ 120.000
G	231	267	231	267	81	80	78	79	76	74	1.500.000
HNG	2 ¹⁾	2 ¹⁾	1 ¹⁾	1 ¹⁾							
HOL	1	31	1	31	18	18	18	18	18		
HRV		4		2 ¹⁾	25						3
I	56	79	17	20	20	5	2				12.000
IRL											

Štát (kód podľa ITU) 2)	Počet vysielateľov (zariadení) (nie počet vysielacích stanovísk)				Percento domácností, ktoré môžu alebo v blízkej budúcnosti budú môcť prijímať uvedený počet multiplexov MPX						Počet predaných prijímačov DVB-T
	spolu do 1 roka		v prevádzke		1 MPX	2 MPX	3 MPX	4 MPX	5 MPX	6 MPX a viac	
	ERP < 1kW	ERP ≥ 1kW	ERP < 1kW	ERP ≥ 1kW							
<i>LTU</i>		1			20						
<i>LVA</i>				1 ¹⁾	35	20	10	1			~ 100
<i>LUX</i>		2		1							
<i>NOR</i>		6		5 ¹⁾	30	22					
<i>POL</i>		3 ¹⁾		3 ¹⁾	~ 10						~ 30
<i>POR</i>											
<i>ROU</i>											
<i>RUS</i>	1	5	1	4							
<i>S</i>	~ 20	~ 230	16	224	90	90	90	90	50		~ 150.000
<i>SUI</i>	8	4	89	6	5			0.5			3.600
<i>SVK</i>		5			12						
<i>SVN</i>		2 ¹⁾		2 ¹⁾	15						20
<i>UKR</i>		1		1	< 1						
Σ	451	792	404	658							1 925 000

Poznámka - 1) Experimentálne vysielateľe.

2) Kurzívou sú označené štáty, v ktorých prebieha koordinácia frekvencií.

- dátum spustenia prevádzky oznámený alebo už v prevádzke (7)
- štádium frekvenčného plánovania alebo skúšobnej prevádzky (20)
- s DVB-T uvažujú (3)



Rozvoj DVB-T v Európe (jún 2003)

b) Stav vo svete

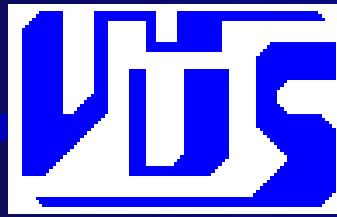
Okrem DVB-T existujú nasledujúce systémy:

ATSC (Advanced Television System Committee)

- vyvinutý v USA, používaný aj v Kanade a na Tchaj-wane
- používa moduláciu 8-VSB
- neumožňuje mobilný príjem
- ku dňu 28.3.2000 vysielalo v tomto systéme v USA 122 televíznych staníc v 48 oblastiach, čo pokrýva 62 % obyvateľstva

ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial)

- vyvinutý v Japonsku
- overovanie ešte nebolo ukončené
- predpokladá sa, že zavedenie digitálnej televízie bude v Japonsku v porovnaní s inými vyspelými štátmi trochu oneskorené



**Bratislava,
3. októbra 2003**

Pozemská digitálna televízia (DVB-T)

III. Technické aspekty systému DVB-T

A ZDROJOVÉ KÓDOVANIE

Medzinárodná norma ISO/IEC 13818

ISO/IEC 13818-1 Systém

ISO/IEC 13818-2 Video

ISO/IEC 13818-3 Audio

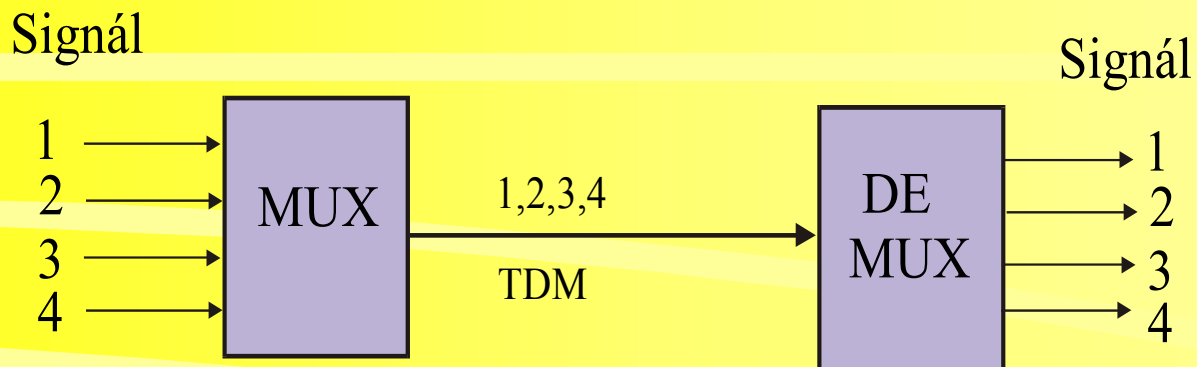
Zdrojovým kódovaním sa zaberá seminár SAKT dňa 10. júna 2003 v budove Slov. televízie v Mlynskej doline

- prednášatelia (z FEI STU):

doc. Ing. Jaroslav Polec, PhD. (kódovanie obrazu)

Dr. Ing. Radoslav Vargic (kódovanie zvuku)

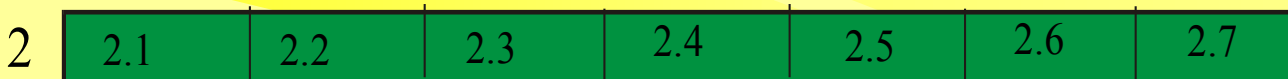
B MULTIPLEXOVANIE



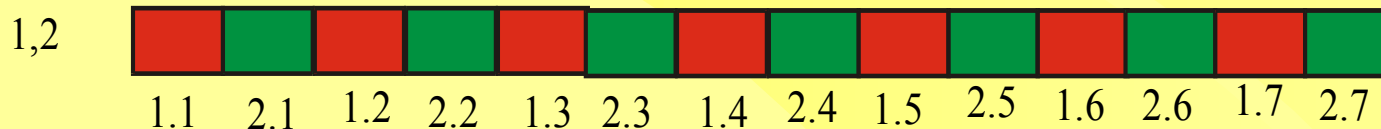
Signál

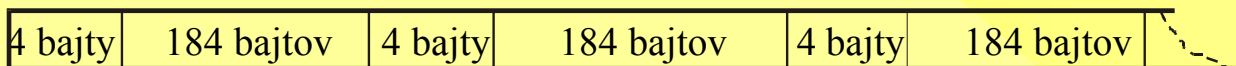
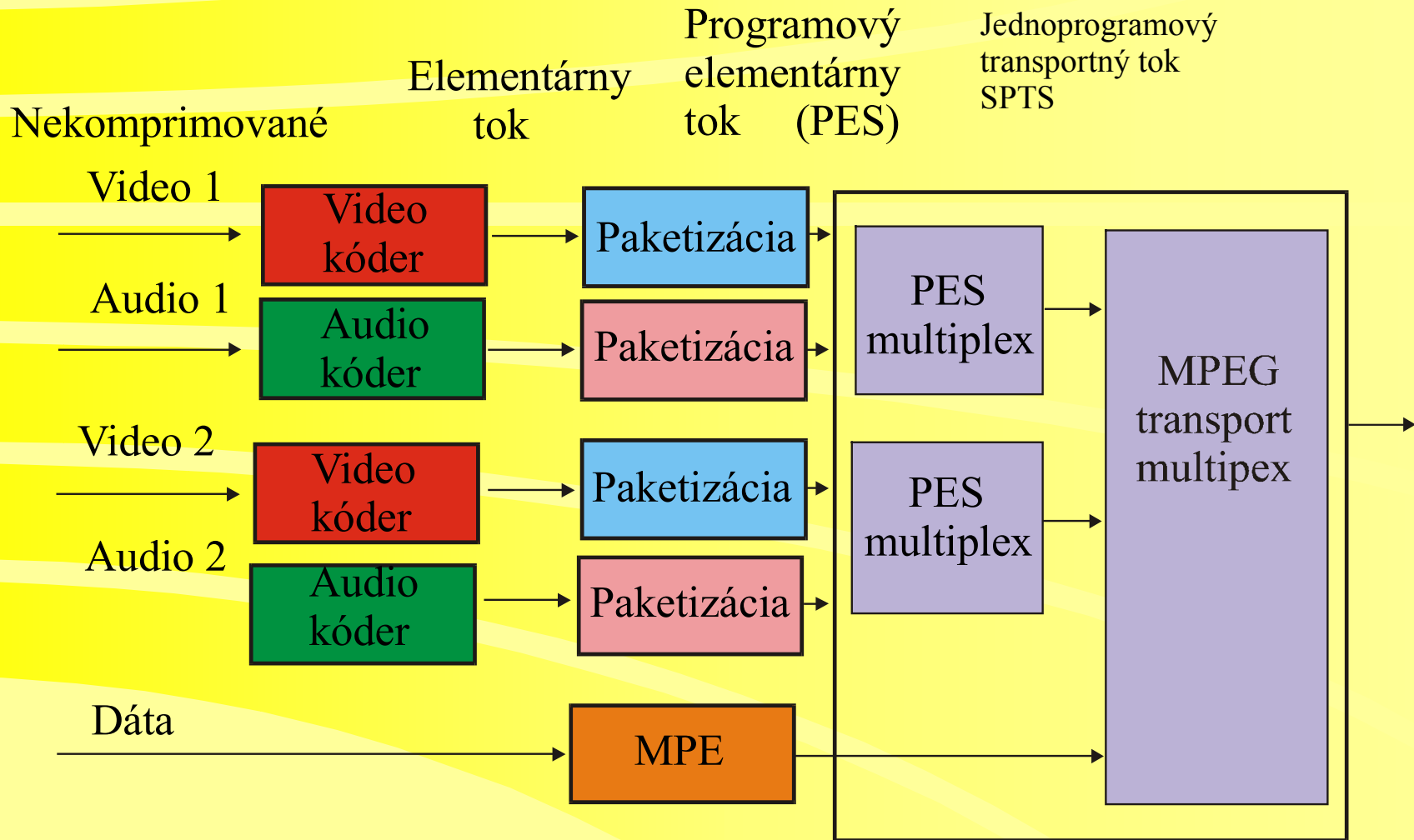


Signál 1Mbit/s



Signál 2Mbit/s TDM





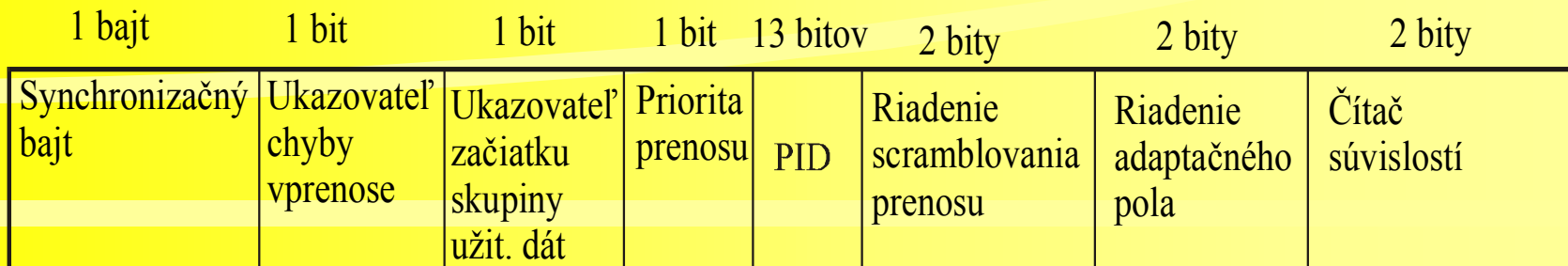
Multiprogramový
transportný tok
MPTS

Packed Elementary Stream - PES paket

- slúži na združenie zakódovaných dát (obraz, zvuk, ...)

index začiatku paketu	indikátor toku	dĺžka PES paketu	záhlavie PES paketu	PES paket
24	8	16		

- *index začiatku paketu* - spolu s identifikátorom toku určuje začiatok paketu; jeho dĺžka je 24 bitov a jeho hodnota je pevne nastavená na hodnotu 000001_{HEX} ;
- *identifikátor toku* - definuje typ dát (obraz, zvuk, ..) a číslo elementárneho toku; dĺžka je 8 bitov;
- *dĺžka PES paketu* - určuje dĺžku PES paketu v bajtoch, maximálne 64 kB;
- *záhlavie PES paketu* - obsahuje ďalšie polia, ktoré bližšie špecifikujú obsah paketu;
- *dátové bajty PES paketu* - obsahujú užitočnú informáciu elementárneho toku.



4 bajty

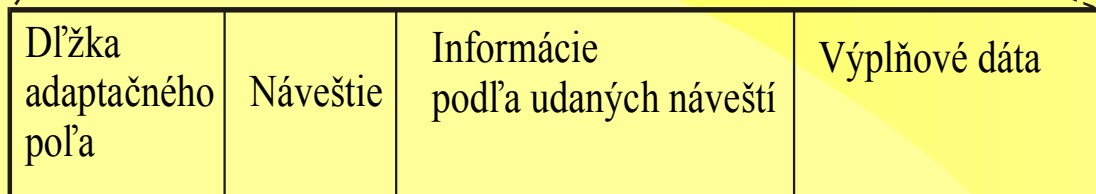
max. 184 bajtov

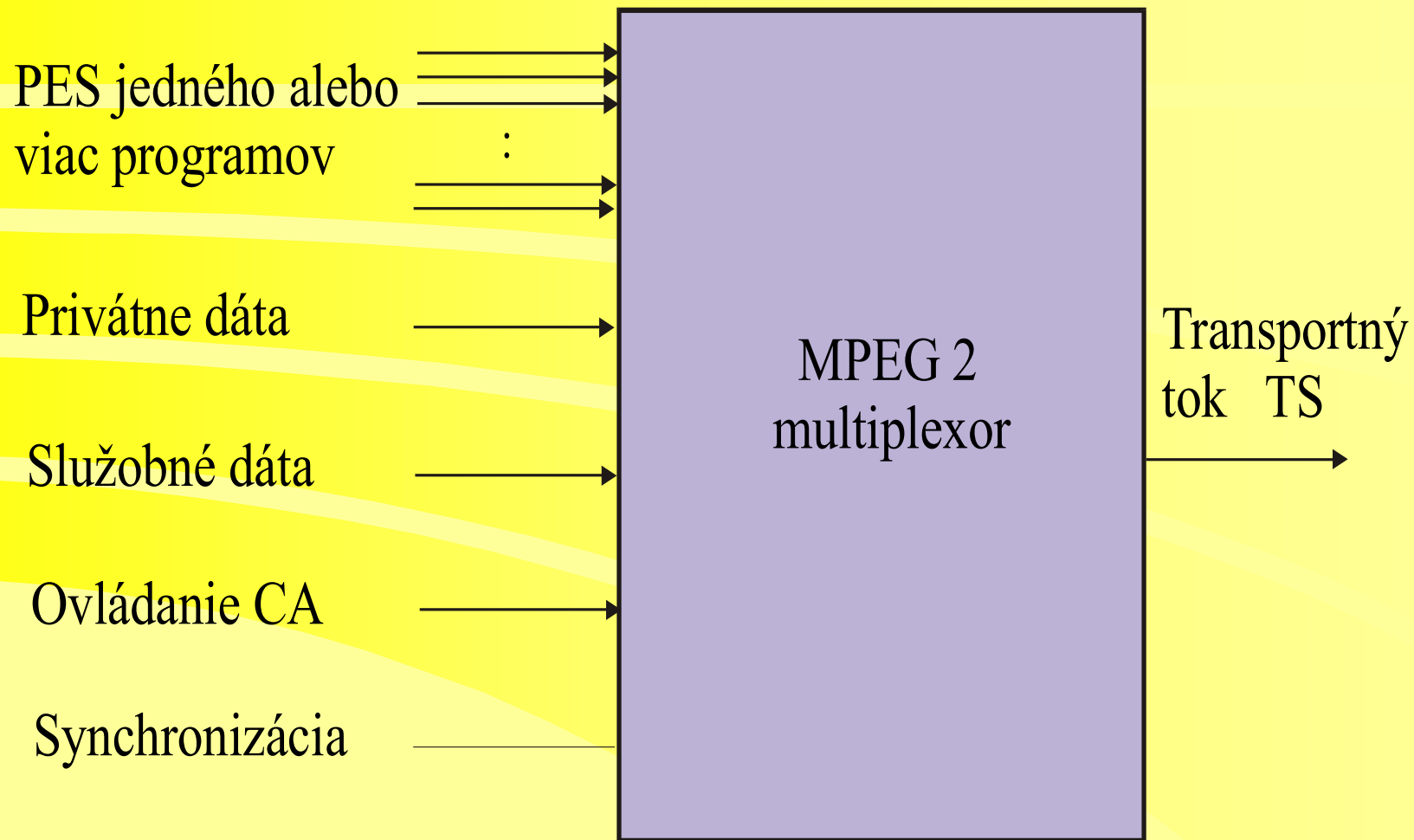


1 bajt

1 bajt

max. 182 bajtov





Služobné dáta

Program Specific Information tables (PSI):

Program Association Table PAT (PID 00)

Program Map Table PMT (napr. PID65)

Conditional Access Table CAT (PID 01)

Network Information Table NIT

- tabuľky PAT, CAT a PMT dávajú informácie len pre signály transportného multiplexu, v ktorom sú obsiahnuté.

SI (Service Information)

- sú definované v ETS 300 468

- poskytujú informácie na služby a udalosti zakomponované do ďalších multiplexov a dejov na iných sieťach. Tieto dáta sú štruktúrované do 6 tabuliek multiplexov.

Conditional Access (podmienený prístup)

Touto funkciou sa zabezpečuje umožnenie príjmu určitých signálov určitým používateľom, napr. mesačné predplatenie programov, pay-per view atď.

Privátne dáta

Funkcia na poskytovanie dátových služieb včítane internetu.

Synchronizácia

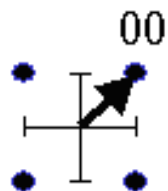
Systémové hodiny (27 MHz signál) - zabezpečujú synchronizáciu medzi jednotlivými komponentmi v sústave vysielateľ-prijímač. Z vysielacej strany sa prenášajú ako signál PCR (Program Clock Reference) v TS.

C MODULÁCIA A KANÁLOVÉ KÓDOVANIE

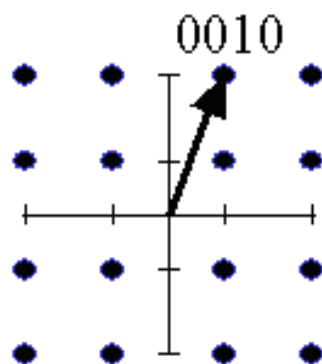
C1 Modulácia

a) Základné modulačné konštelácie pre DVB-T

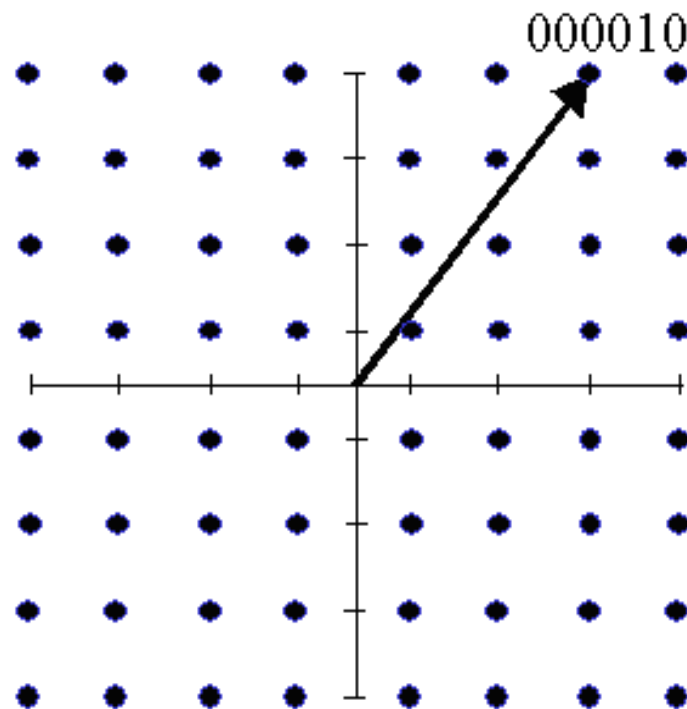
QPSK



16-QAM



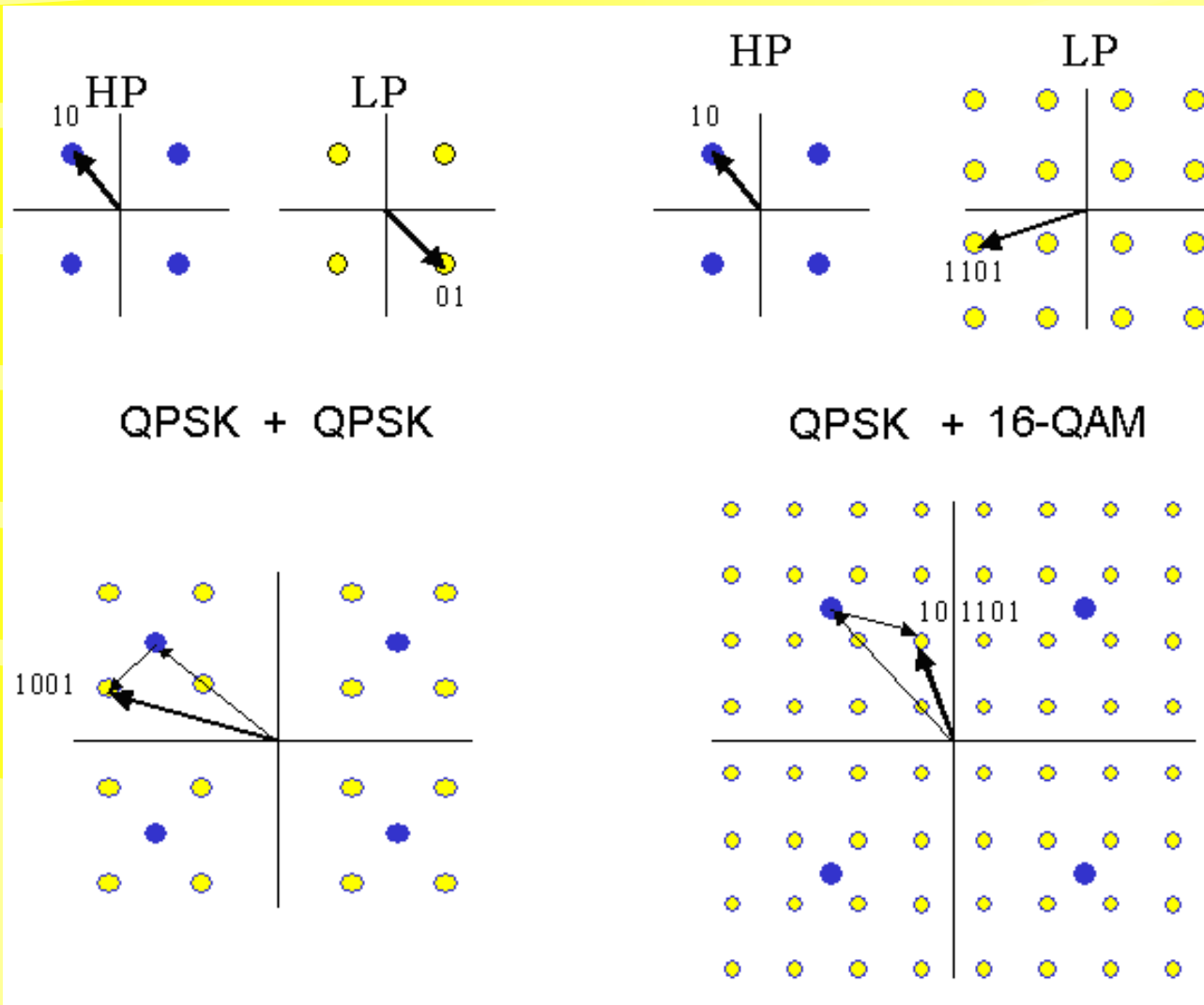
64-QAM



b) Hierarchické modulačné konštelácie pre DVB-T

- hierarchická modulácia je založená na alternatívnom použití základných konštelácií 16-QAM a 64-QAM
- môže byť chápaná ako rozdelenie VF kanála do dvoch virtuálnych vetiev, z ktorých každá má vlastnú prenosovú kapacitu, odolnosť proti šumu a odlišné pokrytie územia; rozdiely medzi týmito dvoma virtuálnymi kanálmi sú určené kombináciou konštelácie a kódového pomeru
- prvý dátový tok (HP = High Priority) je mapovaný do konštelácie QPSK. Každý bitový pár (pretože pri modulácii QPSK sa na jednu subnosnú mapujú 2 bity) tohto dátového toku je určený kvadrantom subnosnej v konštelácii
- druhý dátový tok (LP = Low Priority) je definovaný vnútri kvadrantu reálnou a imaginárnou zložkou subnosnej

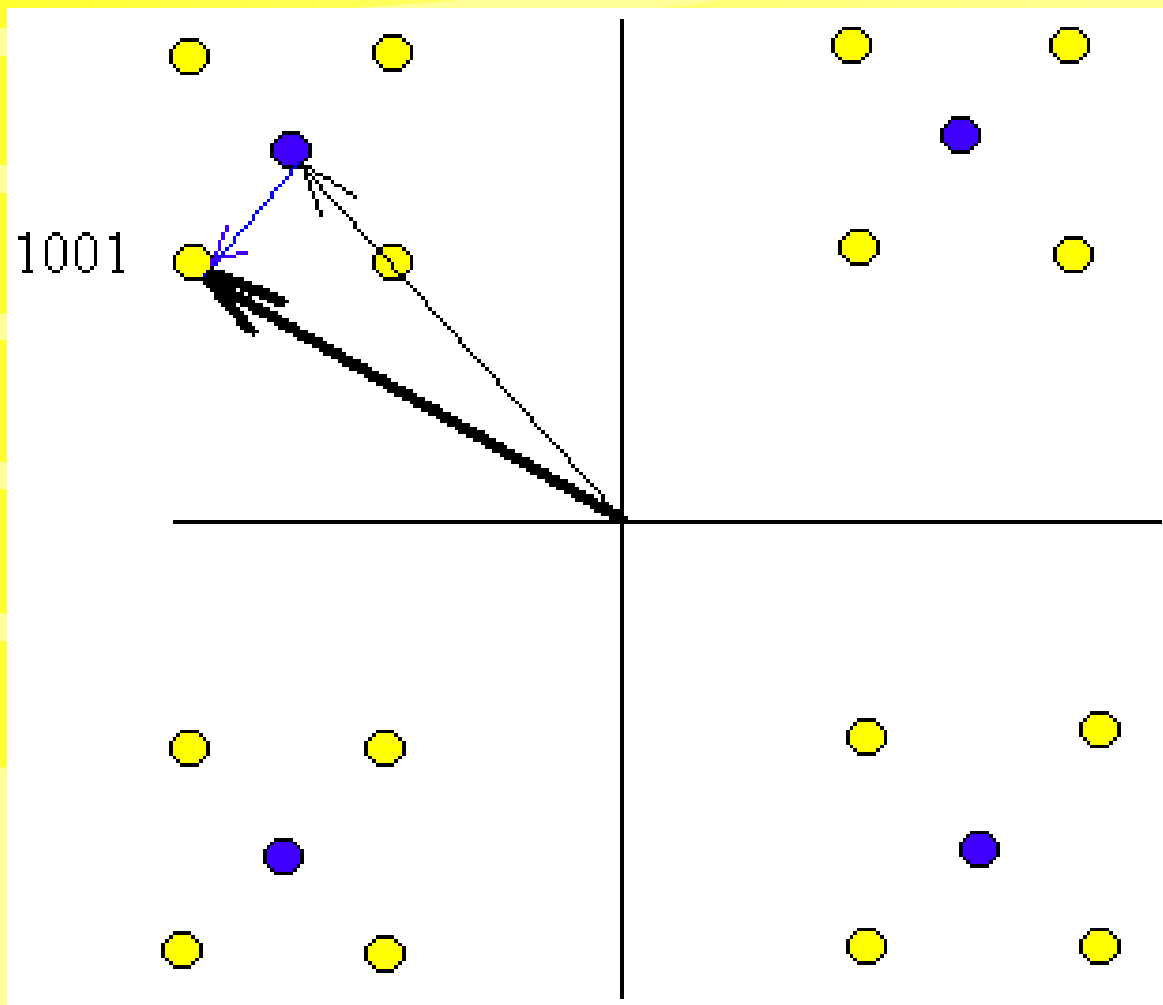
- ak druhý dátový tok je mapovaný 2 bitmi, potom hierarchická konštelácia je „**QPSK + QPSK**“. To znamená, že výsledná konštelácia vyzerá ako 16-QAM. Niekedy sa táto hierarchická modulácia nazýva "**QPSK v 16-QAM**,"
- ak sú v druhom toku využívané 4 bity, potom ide o moduláciu „**QPSK + 16-QAM**“ a výsledným riešením je konštelácia 64-QAM. Niekedy sa táto hierarchická modulácia nazýva "**QPSK v 64-QAM**"



Hierarchické modulačné konštelácie DVB-T

(modré body v spodných obrázkoch sú fiktívne)

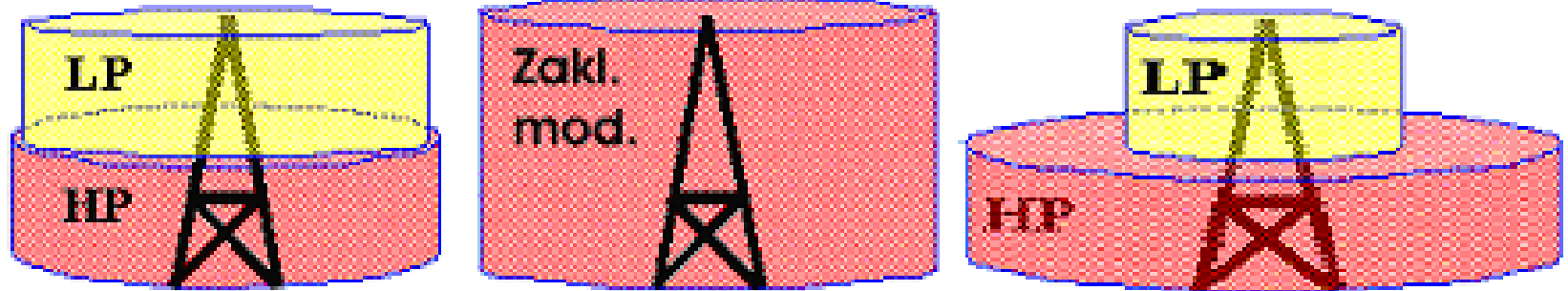
- teoreticky i prakticky sú možné určité varianty vyššie uvedených dvoch hierarchických modulácií
- varianty sú charakteristické tzv. faktorom alfa. Tento faktor predstavuje posunutie **každého štvorca konštelácie vo vnútri kvadrantu**
- používajú sa veľkosti $\alpha = 1$ (zodpovedá dvom základným vyššie uvedeným hierarchickým moduláciám), $\alpha = 2$ a $\alpha = 4$
- žiaľ, posunutím modulácie HP/QPSK sa zvýši jej odolnosť, ale na úkor oslabenia odolnosti toku LP/QPSK alebo LP/16-QAM.



Konštelácia QPSK + QPSK pre $\alpha = 2$

Na čo je to dobré:

- hierarchická modulácia umožňuje vysielanie dvoch nezávislých transportných tokov v rámci jedného TV kanála
- pre každý čiastkový transportný tok je charakteristická jeho vlastná robustnosť a vlastné pokrytie územia.



Prenosové rýchlosti a počet programov pre rôzne druhy modulácií

Prenos	Por. č. TV kanála	Druh príjmu	Prenosová kapacita	Počet prenášaných programov
nehierarchický	1	mobilný	9,95 Mb/s ¹⁾	~ 2, resp. 4 ⁵⁾
	2	pevný a prenosný	19,91 Mb/s ²⁾	~ 5
hierarchický	1	mobilný	HP: 4,98 Mb/s ³⁾	~ 1, resp. 2 ⁵⁾
		pevný a prenosný	LP: 14,93 Mb/s ⁴⁾	~ 4
	2	mobilný	HP: 4,98 Mb/s ³⁾	~ 1, resp. 2 ⁵⁾
		pevný a prenosný	LP: 14,93 Mb/s ⁴⁾	~ 4

Pozn.:

1) pre 16-QAM, 1/2

2) pre 64-QAM, 2/3

3) pre QPSK, 1/2

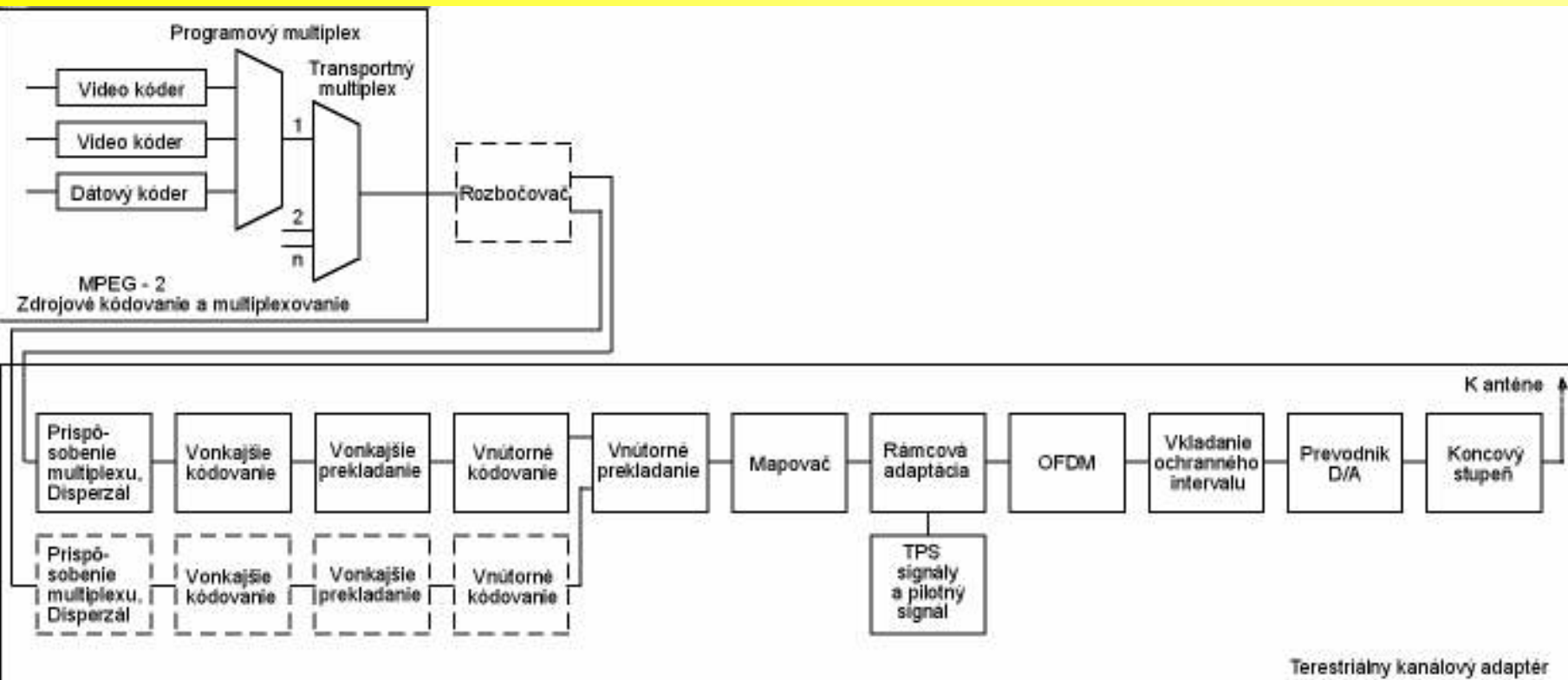
4) pre 16-QAM, 3/4

5) pri uvažovaní príjmu na TV prijímačoch s malou uhlopriečkou obrazovky

Odkaz:

Oravec, J., Zbončák, Z.: Hierarchická modulácia v DVB-T.
Telekomunikace, č. 3/2003

C2 Vysielací reťazec



Súčasti bloku zdrojového kódovania a multiplexovania

- a) Video kódovač** – prvý kóder kóduje zvukovú časť signálu na audio MPEG-2 a druhý kóder kóduje obrazovú časť signálu na video MPEG-2
- b) Dátový kódovač** – oddelene od pracovného signálu (audio/video) kóduje informácie o parametroch tohto signálu – vytvára parametrový signál
- c) Programový multiplexor** – združuje signály (audio/video/parametrový) do jedného signálu (úplného)
- d) Transportný multiplexor** – združuje a radí pakety vytvorených úplných signálov do jedného dátového toku

Súčasti bloku kanálového kódovania

e) Rozbočovač

- rozdeľuje prichádzajúci prenosový tok na dva nezávislé prenosové toky MPEG-2: tok s vysokou prioritou (HP) a tok s nízkou prioritou (LP)
- moduly označené čiarkovane sa používajú pri dvojúrovňovom hierarchickom kanálovom kódovaní a modulácii
- takto môžu byť programy súčasne vysielané v odolnej verzii (s nízkou bitovou rýchlosťou) a menej odolnej verzii (s vyššou bitovou rýchlosťou)
- alternatívne môžu byť cez oddelené toky vysielané úplne odlišné programy s odlišnou odolnosťou
- rozlíšenie podľa podmienok príjmu môže robiť aj prijímač

f) Prispôsobenie multiplexora + disperzál

- identifikuje prijatý dátový tok (napr. kvôli podobnosti signálu MPEG-2 s konštrukciou modemového prenosového paketu) + vyrovnáva energetické rozloženie v kanále
- disperzál je logickým vynásobením dátového toku opakujúcou sa sekvenciou dát; výstupný signál dostáva charakter náhodnej postupnosti dát, čo je výhodné na prenos (tvar spektra signálu sa málo mení v závislosti od obsahu informácie v dátovom toku)
- takýto signál je odolnejší proti pôsobeniu degradácie prenosového kanála \Rightarrow znižuje sa bitová chybovosť
- v prijímači sa pseodonáhodná sekvencia zo signálu pred ďalším spracovaním odstráni

g) Vonkajšie kódovanie (niekedy tiež nazývané “vonkajšia protichybová ochrana”)

- vykonáva sa kvôli zníženiu bitovej chybovosti (BER)
- vonkajšie – lebo je ďalej od modulátora OFDM)
- používa sa *Reedov-Solomonov (RS) kód* (188, 204)
- spolu s vnútorným kódovaním (vnútornou protichybovou ochranou konvolučným kódom) sa po dekódovaní dosahuje zlepšenie BER o 7 rádov
- k základnému paketu o dĺžke 188 bajtov (187 bajtov prenosového multiplexného toku MPEG-2 + 1 synchronizačný bajt) sa pridáva 16 zabezpečovacích bajtov (\approx redundancii 8,51 %)

h) Vonkajšie prekladanie (konvolučné prekladanie, označované tiež ako “časové prekladanie”)

- umožňuje rozdelenie detegovanej chyby v dátovom toku (spôsobenej zhukom rušivých impulzov) na chyby individuálne, ktoré je potom možné veľmi dobre korigovať pomocou RS kódu
- v princípe sa dátový tok ukladá do štvorcovej matice $N \times N$ (napr. po riadkoch), ale číta sa a prenáša po stĺpcoch
- na prijímacej strane sa usporiada do správneho poradia
- RS kód je schopný opraviť zhuk chýb až o dĺžke 8 bajtov v prijatom slove 204 bajtov

i) Vnútorne kódovanie

– nazýva sa aj **zabezpečovacie kódovanie, resp. dopredná oprava chýb (FEC) alebo (deravé – punkturované) konvolučné kódovanie**

- vykonáva sa na zníženie bitovej chybovosti (BER)
- používané kódové rýchlosti (kódové pomery): $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$, $7/8$
- napr. kódový pomer $7/8$ znamená, že z 8 bitov je 7 bitov informačných a 1 bit je použitý na zabezpečenie
- čím je kódový pomer nižší, tým sa k signálu pridáva viacej redundancie a tým je bitových oprava chýb v tzv. Viterbiho dekodéri v prijímači účinnejšia
- pri dvojúrovňovom hierarchickom prenose môže každý z dvoch paralelných kanálových kódovačov pracovať s vlastnou kódovou rýchlosťou

j) Vnútorne prekladanie

- používa sa pri dekódovaní dátového toku a v súčinnosti s vonkajším prekladáním vytvára tzv. kvázi-bezchybový signál (QEF)
- skladá sa z bitového prekladania, za ktorým nasleduje symbolové prekladanie
- spojitý dátový tok sa distribuuje na množstvo nosných
- vnútorné prekladanie je závislé na počte nosných (systém 2K alebo 8K) a na použitej modulácii (QPSK, 16-QAM, 64-QAM)

Bitové prekladanie

- vstupný dátový tok sa pri *nehierarchickom režime* delí do ν podtokov, kde:
 - pre QPSK: $\nu = 2$
 - pre 16-QAM: $\nu = 4$
 - pre 64-QAM: $\nu = 6$
- pri *hierarchickom režime* sa:
 - tok s *vysokou prioritou* delí do: 2 podtokov
 - tok s *nízkou prioritou* delí do: $(\nu-2)$ podtokov

V prenosovom reťazci je ν *bitových prekladačov*.

Signály z bitových prekladačov sú privedené do jedného *symbolového prekladača*.

Symbolové prekladanie

Cieľom prekladača symbolov je zobrazit' v -bitové slová na 1512 (pri systéme 2K), resp. 6048 (pri systéme 8K) aktívnych nosných frekvencií na OFDM symbol

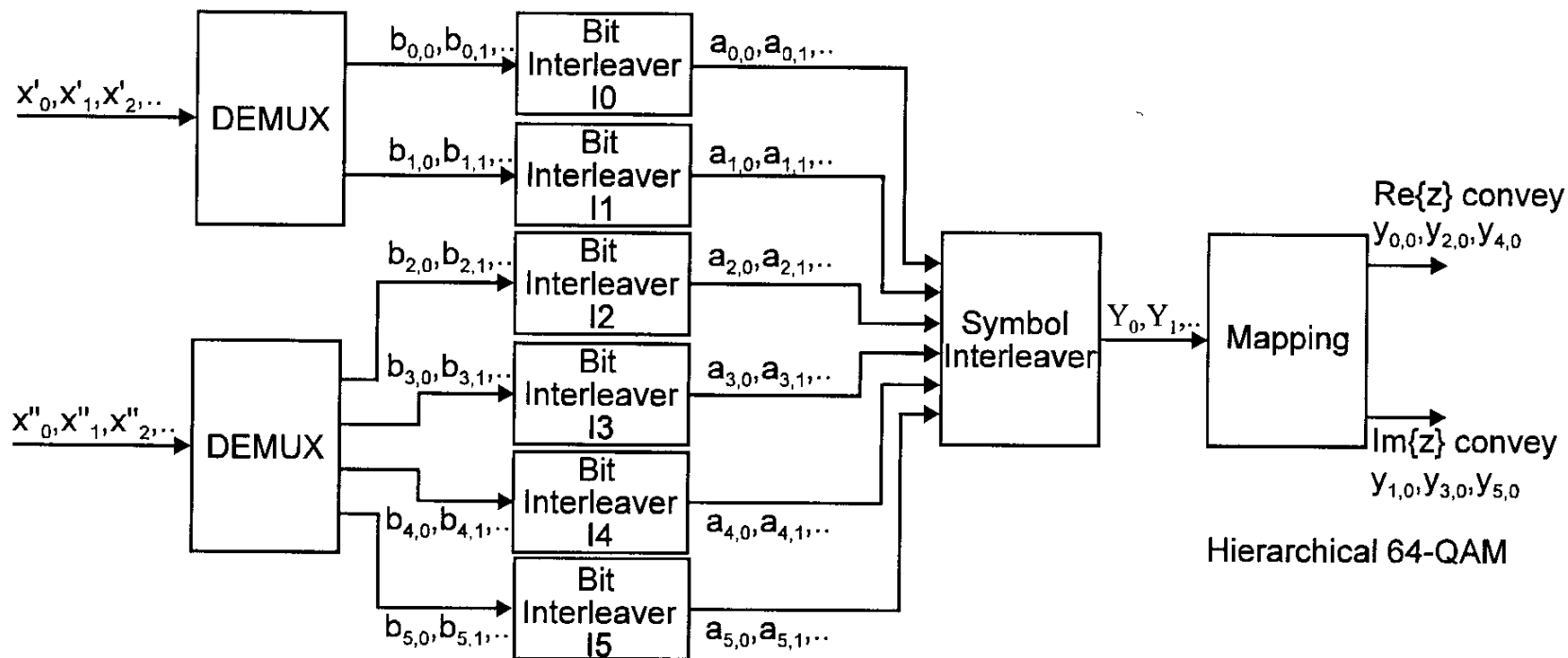
Na výstupe symbolového prekladača obsahuje 1 symbol:

- pri QPSK: 2 bity
- pri 16-QAM: 4 bity
- pri 64-QAM: 6 bitov

Pri *hierarchickom režime* patria 2 bity pre tok s vysokou prioritou a zvyšok pre tok s nízkou prioritou (platí pre uniformné i neuniformné režimy QAM).

Pozn.: Rozloženie stavov pri uniformných a neuniformných režimoch QAM je napr. na obr. 9 na str. 22 až 24 v origináli normy ETS 300 744.

Mapovanie vstupných bitov na výstupné modulačné symboly (hierarchický prenosový mód, 64-QAM = QPSK + 16-QAM)



Dve prekladania a dve úrovne samoopravných kódov dokážu opraviť dáta aj v prípadoch zdanlivo beznádejného príjmu, keď aj niekoľko desiatok subnosných s dátami je zo spektra signálu vymazaných (napr. vplyvom selektívneho potlačenia vplyvom kombinácie odrazov).

k) Mapovač

- slúži na pridelenie symbolov pre jednotlivé subnosné OFDM

l) Rámcová adaptácia (prispôsobenie rámcov), pilotné signály, signály TPS

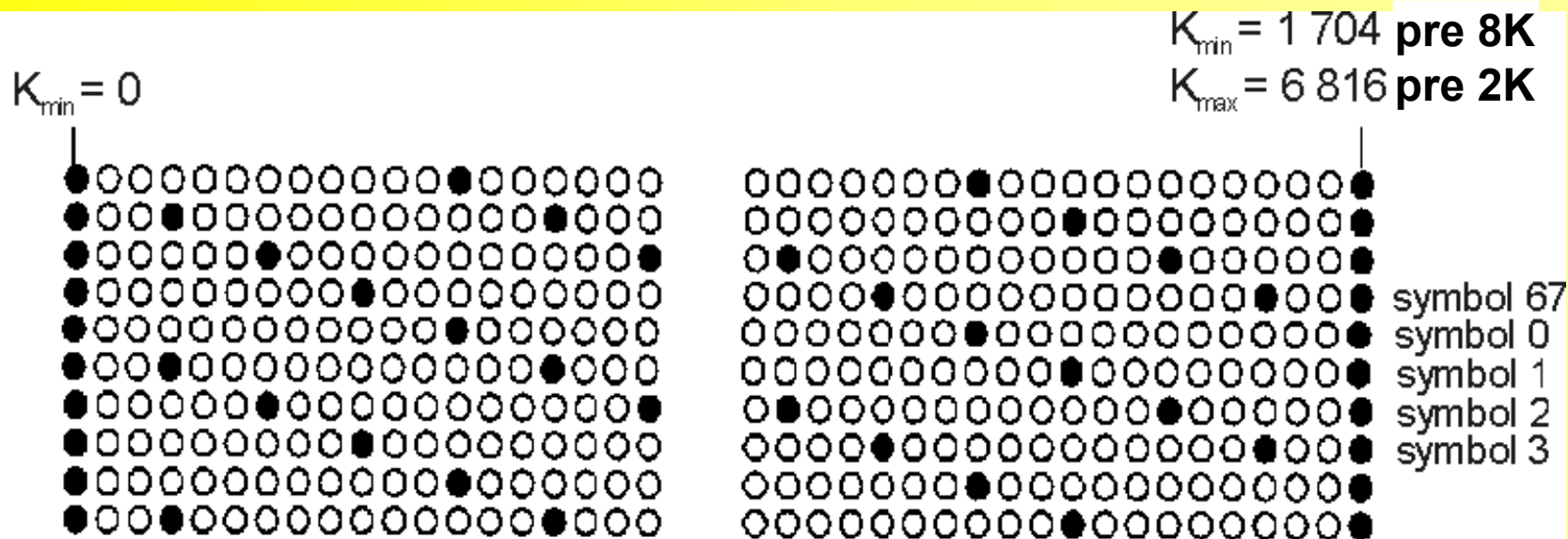
- účelom je generovať a do rámca implementovať *pilotné signály* a signály **TPS** (*Transmission Parameter Signalling = signalizácia o parametroch prenosu*)
- medzi modulované subnosné sa na určité miesta vkladajú *pevné pilotné signály* a tzv. *rozprestreté (scattered) pilotné signály*

- pilotné signály sa používajú na:
 - synchronizáciu rámcov
 - synchronizáciu frekvencie (prijímača)
 - posúdenie typu kanála (Gaussov, Riceov, Rayleigho)
 - identifikáciu prenosového režimu
 - sledovanie fázového šumu
- používajú sa aj na vyrovnanie AFCH na prijímacej strane.
- vzhľadom na rýchly algoritmus vyrovnávania AFCH toto pôsobí aj pri mobilnom príjme
- *system 2K*: 45 pevných pilotných signálov
- *system 8K*: 177 pevných pilotných signálov

Príklad rozloženia pevných pilotných signálov v systéme 2K

poradové číslo subnosnej								
0	48	54	87	141	158	192	201	255
279	282	333	432	450	483	525	531	618
636	714	759	765	780	804	873	888	918
939	942	969	984	1050	1101	1107	1110	1137
1140	1146	1206	1269	1323	1377	1491	1683	1704

Rozprestreté pilotné signály nemajú v spektre svoje stále miesto. Ich poloha sa mení podľa poriadku na obrázku.



TPS pilotné signály a spojité pilotné signály medzi K_{\min} a K_{\max} nie sú naznačené

● rozprestretý pilotný signál

○ dáta

Signály TPS – sú subnosné, ktoré nesú dáta o konfigurácii vysielaného dátového toku a o modulácii subnosných

- **system 2K:** 17 subnosných pre signály TPS
- **system 8K:** 68 subnosných pre signály TPS

Použitím týchto dát sa automaticky konfiguruje prijímač DVB-T.

Informácie prenášané subnosnými TPS:

- konštruktívny diagram modulácie QAM, vrátane parametra α (α = pomer usporiadania, ktorý určuje usporiadanie QAM pre moduláciu pre hierarchický prenos)
- informácia o hierarchii vysielania
- ochranný interval
- kódový pomer
- vysielaný systém (2K, 8K)
- počet rámcov v subrámcu

*Príklad rozloženia signálov **TPS** v systéme 2K*

poradové číslo subnosnej								
34	50	209	346	413	569	595	688	790
901	1073	1219	1262	1286	1469	1594	1387	

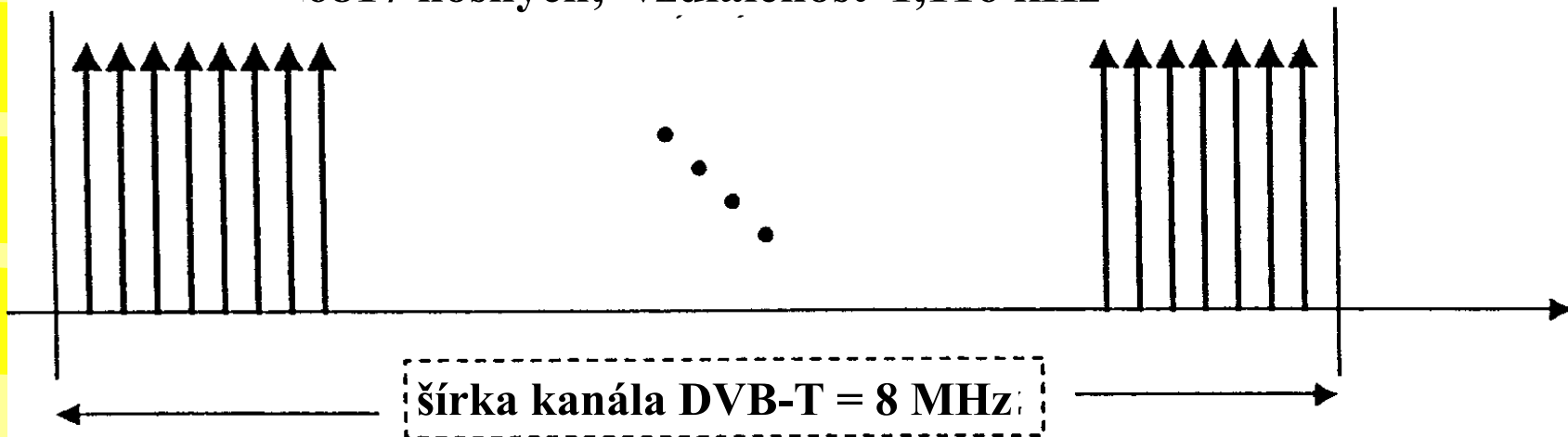
m) Modulátor OFDM

(Orthogonal Frequency Division Multiplexing - ortogonálny frekvenčne delený multiplex s konvolučným kódovaním jednotlivých nosných)

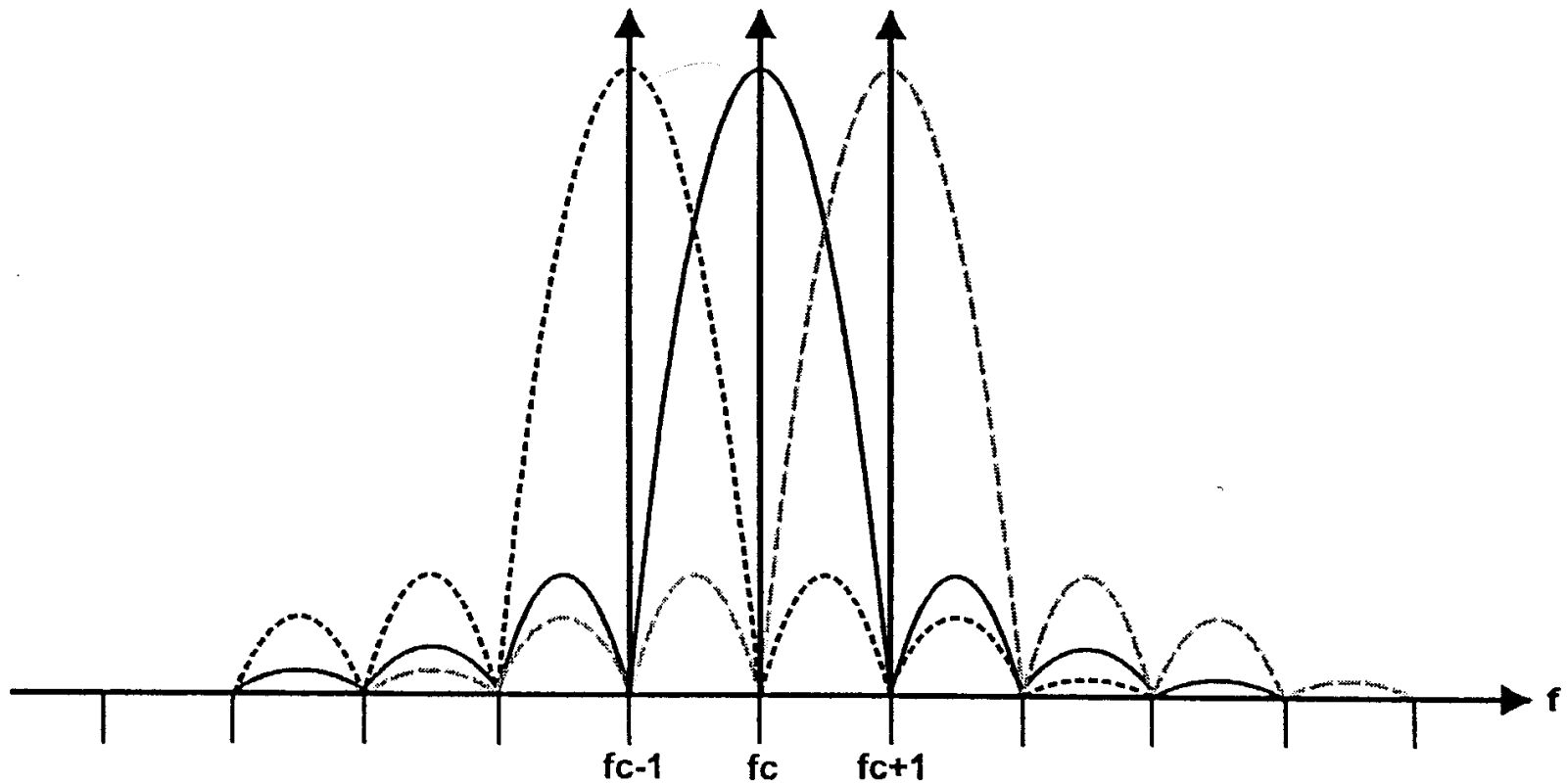
- v tomto module sa predovšetkým vytvára ortogonálny frekvenčne delený multiplex mnohých nosných: existujú systémy **2K** (1705 nosných) a **8K** (6817 nosných)
- jednotlivé nosné sú vytvorené procesom spätnej rýchlej Fourierovej transformácie (IFFT)
- každá subnosná je digitálne modulovaná (QPSK, 16-QAM alebo 64-QAM)

Spektrum DVB-T (systém 8K)

6817 nosných; vzdialenosť 1,116 kHz



Usporiadanie nosných v spektre DVB-T



n) Vkladanie ochranného intervalu

- účelom vkladania ochranného intervalu je ochrana príjmu proti signálom prichádzajúcim s časovým oneskorením (napr. vplyvom odrazov)
- ak odraz príde v čase kratšom ako ochranný interval, k rušeniu nedochádza
- ak odraz príde v čase dlhšom ako ochranný interval, zhoršia sa pomery z hľadiska C/N
- veľkosť ochranného intervalu má súvis so vzdialenosťou vysielateľov

o) Prevodník D/A – prevádza signál digitálny na signál analógový (na medzifrekvenciu, približne 35 MHz)

p) Koncový stupeň – slúži na zosilnenie analógového signálu potom privádzaného do antény.

Štruktúra rámcov OFDM

- vysielaný signál je zostavovaný do *rámcov*

1 symbol (s trvaním T_S) = sada **K = 1705 nosných** (v systéme 2K)
alebo **K = 6817 nosných** (v systéme 8K)

Symbol sa skladá z 2 častí:

- užitočnej časti (s trvaním T_U)
- z ochranného intervalu (s trvaním Δ); vkladá sa vždy pre užitočnú časť

Je možné použiť 4 hodnoty ochranného intervalu, zodpovedajúce:

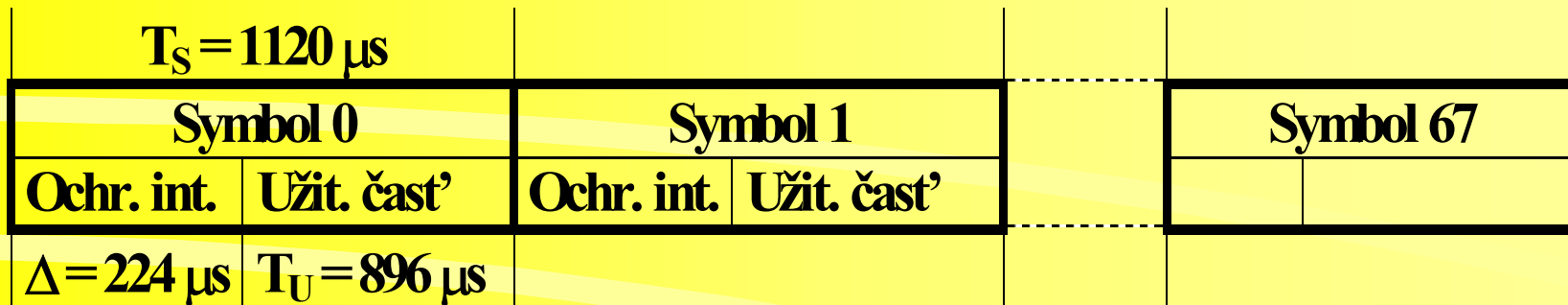
$$\Delta/T_U = 1/4, 1/8, 1/16, 1/32$$

1 rámec (s trvaním T_F) = **68 symbolov OFDM**

Symboly v rámci sú číslované od **0** do **67**.

1 superrámec = **4 rámce**

Príklad rámca pre systém 8K a ochranný interval 224 μs ($\Delta/T_U = 1/4$)



toto je stabilné

Číselné hodnoty parametrov OFDM pre režimy 8K a 2K pre TV kanále so šírkou 8 MHz

Parameter	System 8K	System 2K
Počet nosných K	6817	1705
Hodnota čísla nosnej K_{\min}	0	0
Hodnota čísla nosnej K_{\max}	6816	1704
Trvanie užitoč. časti symbolu (T_U)	896 μs	224 μs
Vzdialenosť nosných $1/T_U$	1116 Hz	4464 Hz
Vzdialenosť medzi nosnými K_{\min} a K_{\max} $(K-1)/T_U$	7,61 MHz	7,61 MHz

Trvanie častí symbolu pre jednotlivé ochranné intervaly (TV kanály so šírkou 8 MHz)

Systém	8K				2K				
	Δ/T_U	$1/4$	$1/8$	$1/16$	$1/32$	$1/4$	$1/8$	$1/16$	$1/32$
Trvanie časti T_U		896 μs				224 μs			
Trvanie ochranného intervalu Δ		224 μs	112 μs	56 μs	28 μs	56 μs	28 μs	14 μs	7 μs
Trvanie symbolu $T_S = \Delta + T_U$		1120 μs	1008 μs	952 μs	924 μs	280 μs	252 μs	238 μs	231 μs

Vysielaný signál je opísaný vzťahom:

$$s(t) = \operatorname{Re}\left\{e^{j2\pi f_c t} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{67} \sum_{k=K_{\min}}^{K_{\max}} c_{m,l,k} x \psi_{m,l,k}(t)\right\}$$

$$\text{kde } \psi_{m,l,k}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi \frac{k'}{T_U}(t-\Delta-lxT_S-68xmT_S)} & \text{pre } (l+68xm)xT_S \leq t \leq (l+68xm+1)xT_S \\ 0 & \text{pre iné} \end{cases}$$

kde

- k označuje číslo nosnej
- l označuje číslo symbolu OFDM
- m označuje číslo prenosového rámca
- K počet vysielaných nosných
- T_S trvanie symbolu

T_U	prevrátená hodnota frekvenčnej vzdialenosti medzi nosnými,
Δ	trvanie ochranného intervalu
f_c	stredná frekvencia VF kanála
k'	číslo nosnej relatívne k strednej frekvencii; $k' = k - (K_{\max} + K_{\min})/2$
$c_{m,0,k}$	komplexný symbol pre nosnú k dátovému symbolu č. 1 v rámci čísla m
$c_{m,1,k}$	komplexný symbol pre nosnú k dátovému symbolu č. 2 v rámci čísla m
...	
$c_{m,67,k}$	komplexný symbol pre nosnú k dátového symbolu č. 68 v rámci čísla m

C3 Varianty systému DVB-T

- existuje **120 nehierarchických módov** DVB-T, ktoré sú dané kombináciou použitého systému (2K, 8K), modulácie (QPSK, 16-QAM, 64-QAM) a ochranného intervalu ($\Delta/T_U = 1/4, 1/8, 1/16, 1/32$)
- pri uvažovaní hierarchických prenosov sa počet možných variantov zvýši až na **1200**: 2 systémy (8K, 2K) x 5 kódových pomerov pre HP ($1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$ pre QPSK) x 10 kódových pomerov pre LP ($1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$ pre QPSK + pre 16-QAM) x 4 pomery ochranných intervalov ($1/4, 1/8, 1/16, 1/32$) x 3 možnosti faktora α (1, 2, 4).
- módy poskytujú užitočný prenosový tok v rozmedzí 4,98 až 31,67 Mbit/sec

Požadovaný odstup signálu od šumu C/N (dB) pre nehierarchický prenos pre dosiahnutie $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ po Viterbiho dekóderi pre všetky kombinácie kódovacieho pomeru a typy modulácie

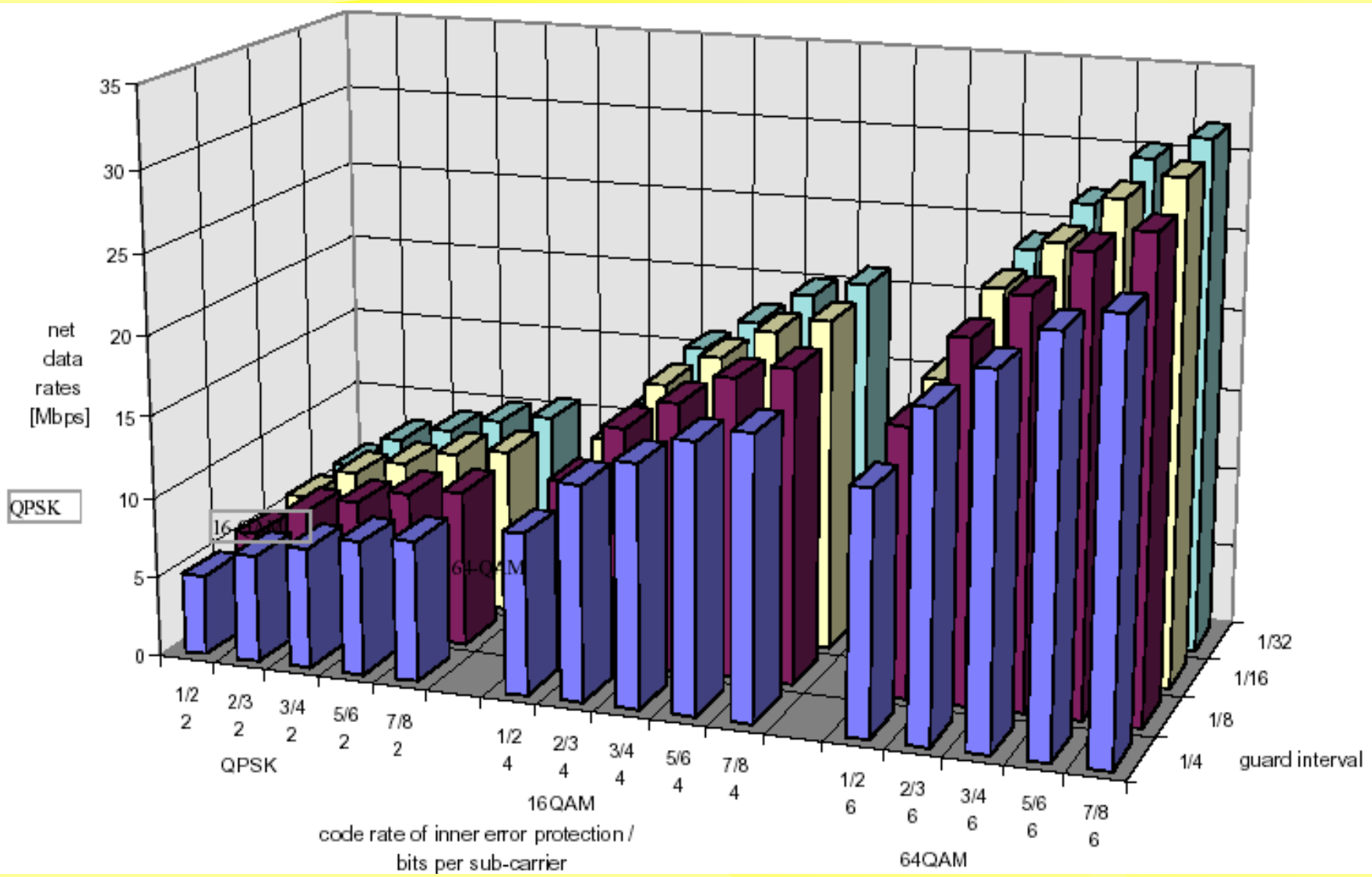
V tabuľke sú uvedené čisté bitové rýchlosti po RS dekóderi.

			Požadovaný C/N (dB) pre $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ po Viterbiho dekóderi (kvázi-bezchybový po Reed-Solomonovom dekóderi *)			Čistá bitová rýchlosť (Mbit/s)			
Mód	Modulácia	Kódový pomer	Gaussov kanál	Riceov kanál	Rayleigho kanál	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
A1	QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
A2	QPSK	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
A3	QPSK	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
A5	QPSK	5/6	6,9	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
A7	QPSK	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56

			Požadovaný C/N (dB) pre BER = $2 \cdot 10^{-4}$ po Viterbiho dekóderi (kvázi-bezchybový po Reed-Solomonovom dekóderi *)			Čistá bitová rýchlosť (Mbit/s)			
Mód	Modulácia	Kódový pomer	Gaussov kanál	Riceov kanál	Rayleigho kanál	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
B1	16-QAM (M1 **)	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
B2	16-QAM	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
B3	16-QAM	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
B5	16-QAM	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
B7	16-QAM	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
C1	64-QAM (M2 **)	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
C2	64-QAM (M3 **)	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
C3	64-QAM	3/4	18,0	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
C5	64-QAM	5/6	19,3	20,0	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
C7	64-QAM	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

Poznámky k tabuľke

- (*) Kvázi-bezporuchový znamená menej ako jedna neopravená chyba za hodinu; zodpovedajúca $BER = 1 \cdot 10^{-11}$ na vstupe demultiplexora MPEG-2.
- (**) Módy systému prispôsobené ITU-R, ktoré sú reprezentatívne z hľadiska posudzovania ochranných pomerov.



Čistá bitová rychlost' v systéme DVB-T

V celoeurópskom merítku vývoj smeruje k používaniu najmä **3 módov**, aj keď aj ďalšie varianty sú v trvalej alebo skúšobnej prevádzke:

Mód *M3* (ITU-R), resp. *C2* (CH97):

1. stupeň protichybovej ochrany	RS kód (188, 204)
2. stupeň protichybovej ochrany	konvolučný kód 2/3
vysielač systém	8K
modulácia	64-QAM
ochranný interval ($D/T_u = 1/4$)	224 μ s
užitočný prenosový tok	19,91 Mbit/s

Vlastnosti

- vhodný na kvalitný prenos 4 TV programov v jednom multiplexe bez použitia štatistického multiplexovania, resp. 7 TV programami pri štatistickom multiplexovaní
- dosť citlivý na rušenie \Rightarrow na príjem je potrebná vyššia intenzita elmag poľa \Rightarrow menšie pokrytie
- na Slovensku sa tento systém uvažuje pri frekv. plánovaní

Mód *B2* (CH97):

1. stupeň protichybovej ochrany	RS kód (188, 204)
2. stupeň protichybovej ochrany	konvolučný kód 2/3
vysielač systém	8K
modulácia	16-QAM
ochranný interval ($D/T_u = 1/4$)	224 μ s
užitočný prenosový tok	13,27 Mbit/s

Vlastnosti

- vhodný na kvalitný prenos 3 TV programov v jednom multiplexe bez použitia štatistického multiplexovania, resp. 5 TV programov pri štatistickom multiplexovaní
- vhodný na vysielanie v stredne alebo husto obývaných oblastiach, pričom je pomerne robustný
- vyžadovaná min. intenzita elmag. poľa je o 6 dB nižšie ako pri systéme C2 \Rightarrow vyššie pokrytie

Mód A2 (ITU-R):

1. stupeň protichybovej ochrany	RS kód (188, 204)
2. stupeň protichybovej ochrany	konvolučný kód 2/3
vysielací systém	8K
modulácia	QPSK
ochranný interval ($D/T_u = 1/4$)	224 μ s
užitočný prenosový tok	6,64 Mbit/s

Vlastnosti

- poskytuje najmenšiu prenosovú kapacitu
- vhodný najmä na prenosný a mobilný príjem, pretože je s ním možné dosiahnuť pokrytie pomerne veľkého územia (najmenšie požiadavky na intenzitu elmag. poľa) a je robustný
- siete s touto moduláciou sú vhodné najmä na príjem vo vozidlách

Dátové toky pripadajúce na obrazový signál 1 TV programu pre 3 varianty DVB-T bez štatistického multiplexovania

Mód DVB-T	Celkový bitový tok [Mbit/s] v 8 MHz kanále	Dátový tok pripadajúci na obrazový signál 1 programu (bez štatistického multiplexovania)		
		2 programy	3 programy	4 programy
QPSK - 2/3 (A2)	6,6	3,0 *	-	-
16QAM - 2/3 (B2)	13,3	6,3	4,1	3,0 *
64QAM -2/3 (M3/C2)	19,9	-	6,3	4,6

* obmedzená kvalita obrazu

C4 Typy vysielacích sietí

Používajú 2 základné štruktúry:

- **MFN** (Multiple Frequency Network – mnohofrekvenčná sieť)
- **SFN** (Single Frequency Network – jednofrekvenčná sieť)

Existujú však aj iné štruktúry, ktoré sú kombináciou týchto dvoch sietí.

Siete MFN

- každý TV vysielateľ pracuje nezávisle, a to na vlastnej frekvencii
- pokrýva územie dané len týmto vysielateľom
- aby sa predišlo rušeniam, ten istý vysielací TV kanál je možné znovu použiť až v dostatočnej vzdialenosti
- siete MFN sú určené najmä na pokrytie väčšieho územia, kde jednotlivé vysielateľe prenášajú rôzne balíky programov (multiplexy)
- hodia sa najmä na regionálne a lokálne vysielanie
- ich pokrytie môže približne zodpovedať pokrytiu súčasných analógových vysielateľov, čo môže byť dôležité, ak sa z politických alebo komerčných príčin vyžaduje existujúce pokrytie zachovať

Siete SFN

- všetky vysielače pracujú na rovnakom TV kanále
- vysielače sú súčasťou jedného spoločného územia a nemôžu pracovať nezávisle
- vyžadujú vysoký stupeň synchronizácie (časovú, frekvenčnú a bitovú)

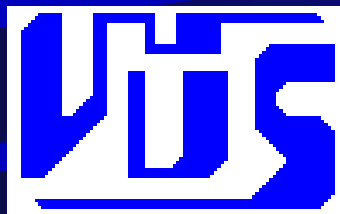
Uvažuje sa s nasledujúcimi typmi sietí SFN:

- a) Celonárodná SFN*** – slúži na pokrytie celého územia štátu. Budovanie takejto siete, najmä v krajinách s väčšou rozlohou, je však kvôli tzv. “samorušeniu” problematické
- b) Regionálna SFN*** – je sieť strednej alebo malej veľkosti (do priemeru cca 200 km), ktorou sa pokrýva kultúrne príslušné alebo administratívne územie
- c) Lokálna SFN*** – slúži na šírenie lokálnych programov. Obvykle pokrýva územie mesta

Na zvýšenie pokrytia siete je možné použiť vykrývače SFN.

Zmiešaná sieť MFN – SFN

- predstavuje sieť, ktorej základom sú vysielacie MFN väčšieho výkonu, ktoré však nepokrývajú územie dostatočne
- v rámci základného pokrytia vysielateľa sa územie dokrýva vysielacími malého výkonu, ktoré pracujú na tej istej frekvencii ako základný vysielateľ



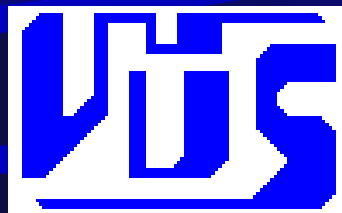
**Bratislava,
3. októbra 2003**

Pozemská digitálna televízia (DVB-T)

IV. Organizačné usporiadanie prenosového reťazca

Z prevádzkového hľadiska sa na celom prenosovom reťazci zúčastňujú 4 subjekty:

- a) *vysielaťel'***, resp. poskytovateľ programových komponentov (TV spoločnosť, rozhlasová spoločnosť, poskytovateľ internetových služieb atď.) - produkuje jeden alebo viac úplných programových komponentov, ktoré môžu formovať úplnú skladbu služby
- b) *prevádzkovateľ multiplexora*** - prijíma sadu programových komponentov od jedného alebo viacerých poskytovateľov programových komponentov. Nasledovne vytvára jednoznačnú štruktúru celého súboru
- c) *prevádzkovateľ distribučnej siete*** - prenáša signál od výstupu multiplexora k jednotlivým vysielačom, resp. opačne (pri použití spätného kanála); využíva družice, RR trasy, optické trasy alebo metalické trasy
- c) *prevádzkovateľ vysielačnej siete*** - vytvára a vysiela súbor DVB-T smerom k používateľovi (t.j. na prijímač).



**Bratislava,
3. októbra 2003**

Pozemská digitálna televízia (DVB-T)

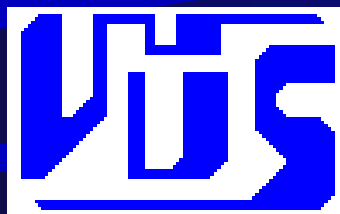
V. Služby poskytované prostredníctvom DVB-T

Zapúzdrowanie dátových signálov

Do TS paketov multiplexu TS sa okrem TV signálov a príslušných služobných dátových signálov môžu zapúzdrowať aj segmenty dátových služieb (privátne dátové signály).

Podľa aplikačného charakteru dátových signálov definované nasledovné spôsoby zapúzdrowania do TS paketov:

1. *Data Piping* - najjednoduchšie zapúzdrowenie s 4-bajtovou adresou
2. *Data Streaming* - zapúzdrowanie paketov PES
3. *Multi Protocol Encapsulation* (MPE – multiprotokol zapúzdrowania)
 - segmenty dátových signálov sa zapúzdrowujú najprv do DSM-CC sekcií (Digital Storage Medium Command and Control – príkazy a riadenie digitálneho pamäťového média) a následne do TS paketov.
4. *Data Carousel, Object Carousel* - opakované vysielanie služby na spôsob teletextových stránok



**Bratislava,
3. októbra 2003**

Pozemská digitálna televízia (DVB-T)

VI. Príjem signálov DVB-T

1 Druhy príjmu

Rozlišujú sa 4, resp. 5 druhov príjmu, ktoré majú vplyv hlavne na plánovania pokrytia územia:

a) Pevný príjem (*“fixed antenna reception”*) - príjem so smerovou anténou na streche budovy.

b) Prenosný príjem (*“portable antenna reception”*):

ba) vonkajší (*“outdoor”*) - príjem s prenosným prijímačom s pripojenou alebo vstavanou anténou mimo budov s anténou vo výške max. 1,5 m nad zemou

ba) vnútorný (*“indoor”*) - príjem s pripojenou alebo vstavanou anténou vo vnútri budov vo výške max. 1,5 m nad podlahou miestnosti

- na prízemí,
- s oknom na vonkajšom múre.

Pri oboch typoch vnútorného príjmu sa počíta s tým, že:

- optimálny príjem sa dosiahne pri pohybe antény do vzdialenosti 0,5 m v ľubovoľnom smere
- počas príjmu sa už s prenosným prijímačom nehýbe a taktiež sa nehýbe s veľkými predmetmi, ktoré sa nachádzajú v blízkosti prijímača
- neuvažuje sa príjem v extrémnych podmienkach, napr. v úplne elektromagneticky tienenej miestnosti

c) *Mobilný príjem* – príjem počas pohybu so všesmerovou anténou umiestnenou max. 1,5 m nad zemou

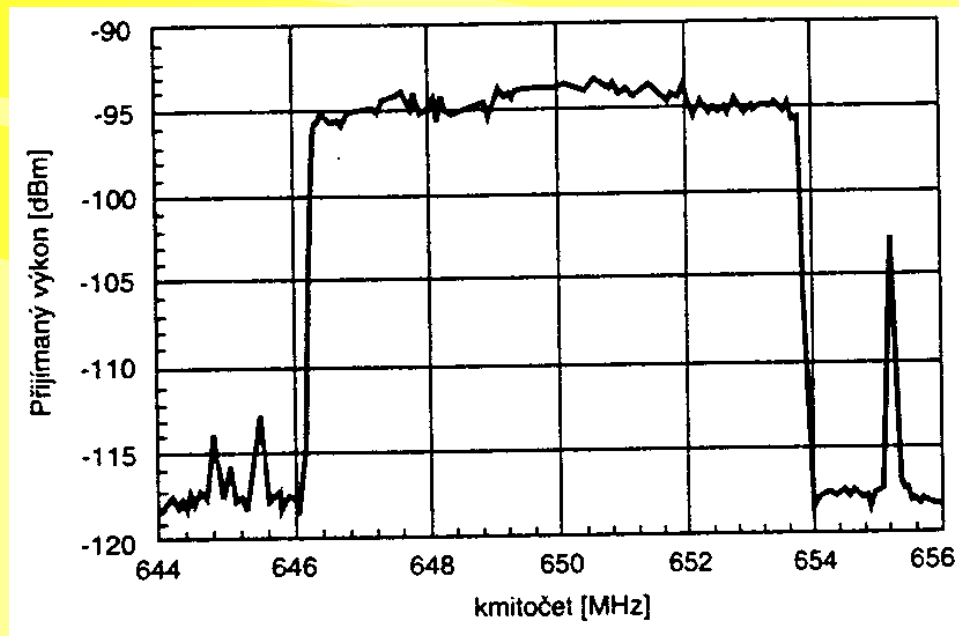
d) *Príjem na prijímač v ruke* (“*hand-held reception*”) – príjem napr. počas chôdze na malý prijímač so všesmerovou anténou s nedefinovanou výškou nad zemou. Tento príjem si vzhl'adom na miesta príjmu a zisk antény vyžaduje najvyššiu intenzitu elmag. poľa.

2 Typy prijímaných kanálov z hľadiska podmienok príjmu

- má vplyv na požadovaný pomer C/N, a teda na intenzitu elmag. poľa v mieste príjmu.

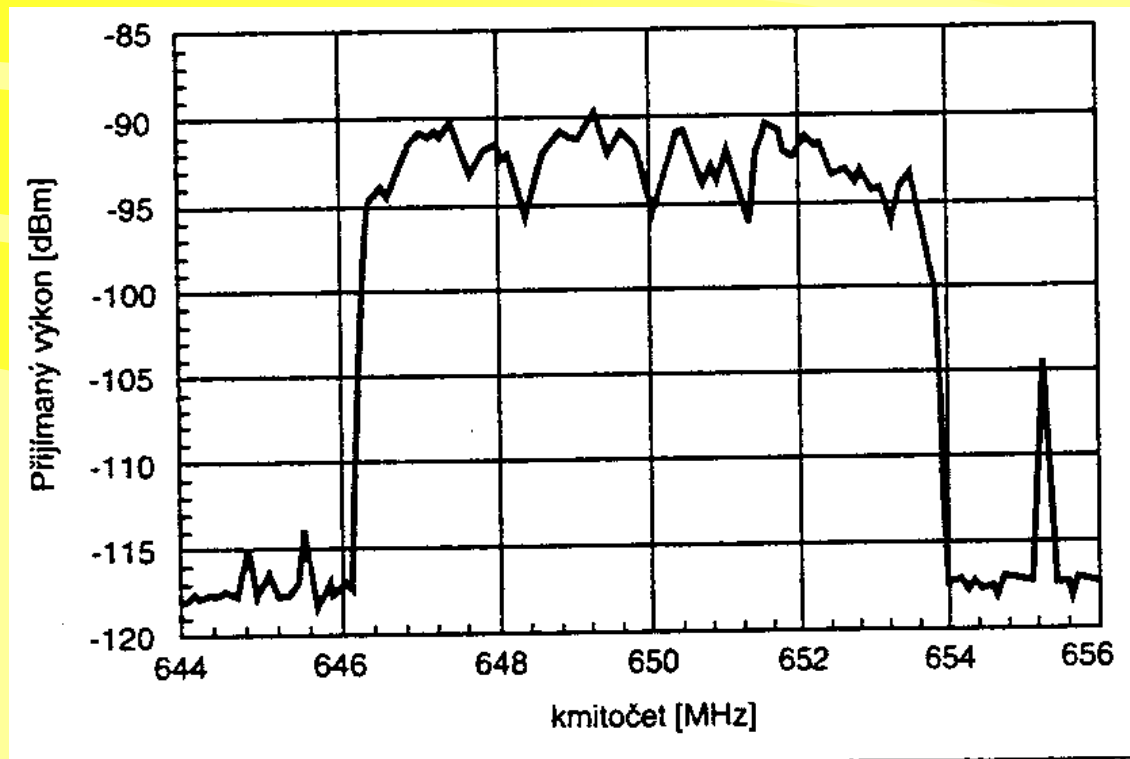
a) Gaussov kanál

- charakteristický pre príjem na priamu viditeľnosť alebo pre príjem s nepriamou viditeľnosťou, ale prevážne v lineárnom elmag. poli (t.j. tam, kde sa nevyskytujú väčšie odrazené signály)
- príjem je obmedzený najmä poklesom signálu pod hranicu šumu



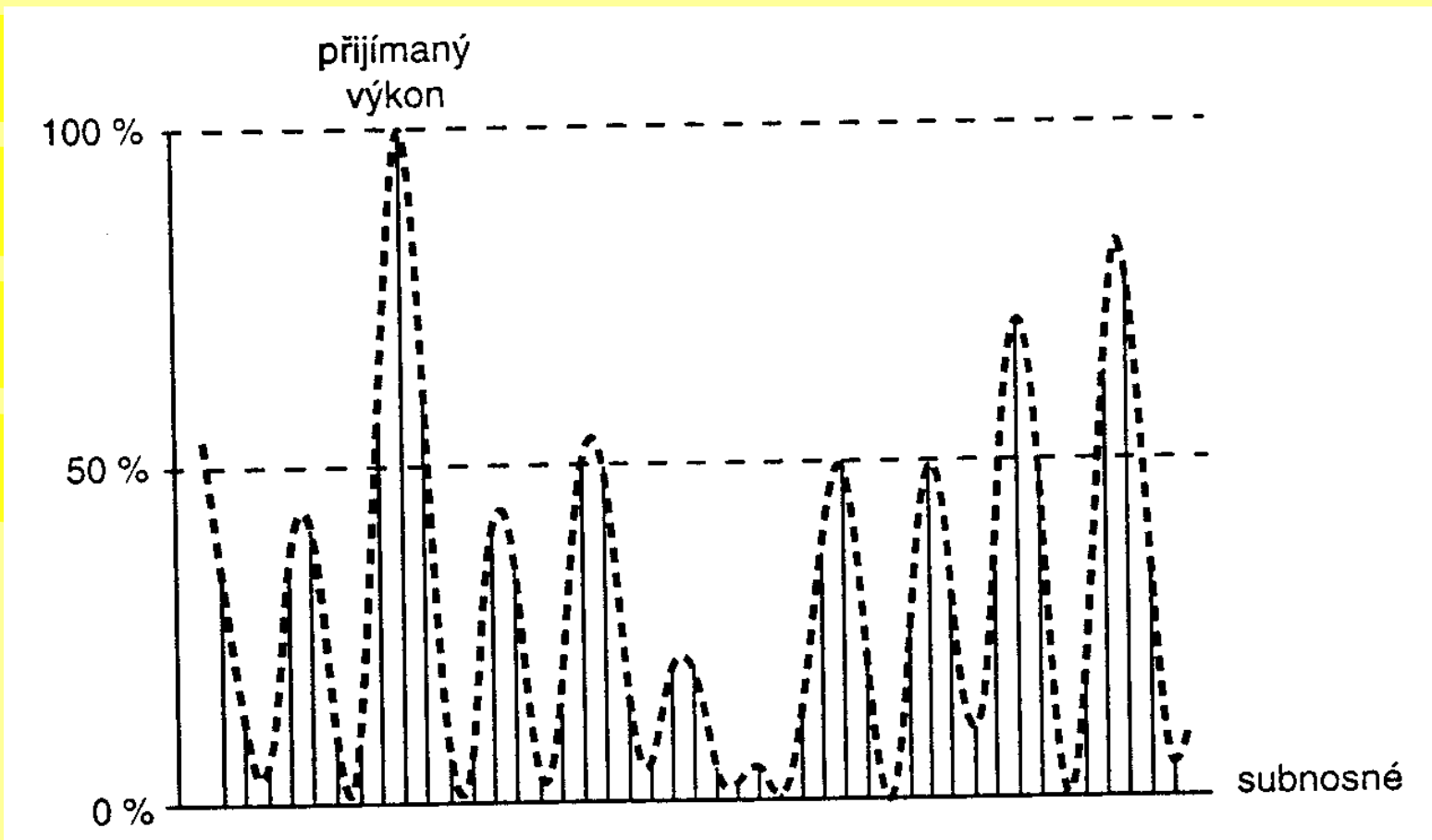
b) Riceov kanál

- charakteristický pre príjem v miestach s nepriamou viditeľnosťou, do ktorých sa signál dostáva viacerými cestami (VF kanál je znehodnotený viaccestným šírením)
- vyskytuje sa v hustej mestskej zástavbe, prípadne v miestnostiach
- príjem je obmedzený najmä poklesom signálu pod hranicu šumu



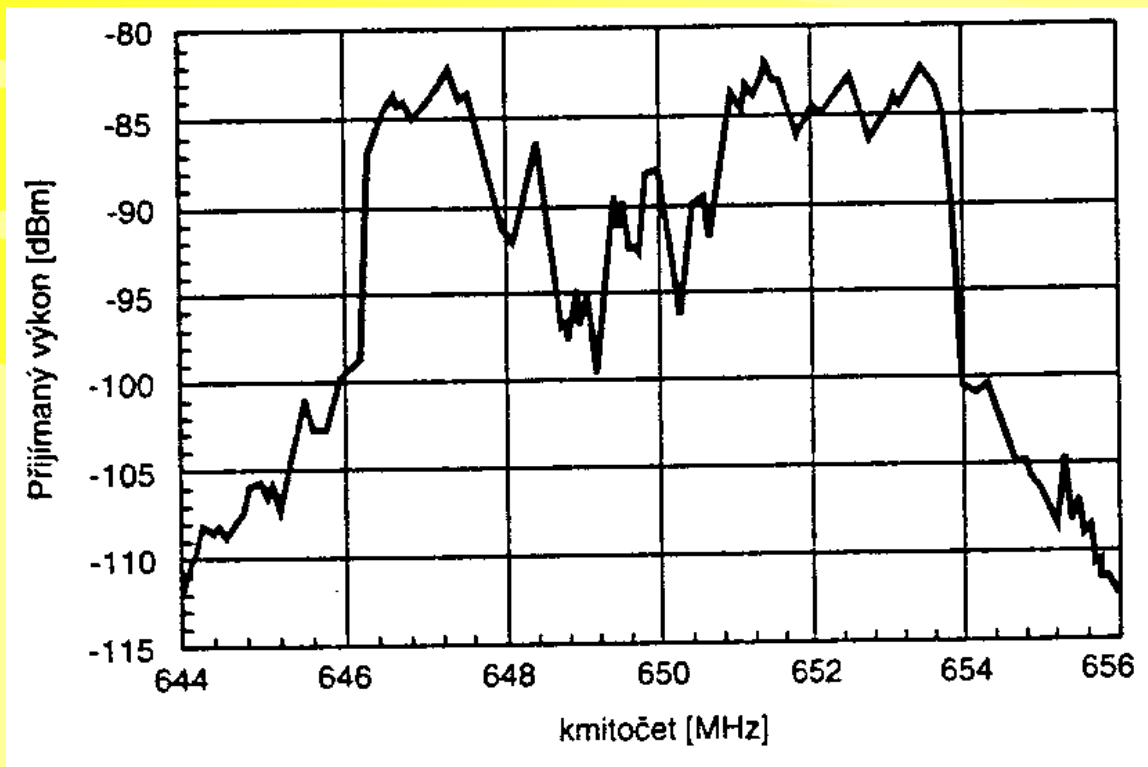
Vplyv viaccestného šírenia signálu DVB-T na priebeh AFCH

(príklad pre 4 cesty šírenia, signály s rôznou amplitúdou a oneskorením)



c) Rayleigho kanál

- charakteristický pre mobilný príjem, kedy sa amplitúda, počet a oneskorenie odrazených signálov rýchle mení a pre vnútorný prenosný príjem, kam sa signál dostáva veľmi zložitým spôsobom odrazmi od mnohých prekážok
- príjem je obmedzený najmä poklesom signálu pod hranicu šumu



3 Prijímacie zariadenia u účastníkov

a) Individuálny príjem DVB-T

- prijímacie zariadenie budeme nazývať **terminál DVB-T**

Možnosti (kombinácie), tvoriace terminál DVB-T :

- 1) DVB-T Set-Top-Box (vf. výstup alebo výstup video/audio)
+ analógový TV prijímač
- 2) DVB-T IDT -- integrovaný digitálny TV prijímač
- 3) Špeciálna PC karta + PC (t.j. počítač)

b) Kolektívny príjem DVB-T cez siete KT, resp. cez STA

Možnosti príjmu u účastníkov

A) analógovými TV prijímačmi - *prvá fáza*

- *podmienka*: konverzia signálu DVB-T v hlavne stanici na analógový signál (napr. v systéme PAL G)

B) prostredníctvom terminálu DVB-C - *výhl'adovo*

- *podmienka*: konverzia signálu DVB-T v hlavne stanici na signál DVB-C

Možnosti (kombinácie), tvoriace terminál DVB-C :

1) DVB-C Set-Top-Box (vf. výstup alebo výstup video/audio)

+ analógový TV prijímač

2) DVB IDT -- integrovaný univerzálny digitálny TV prijímač

3) Špeciálna PC karta + PC (t.j. počítač)

c) Príjem dátových služieb v DVB-T

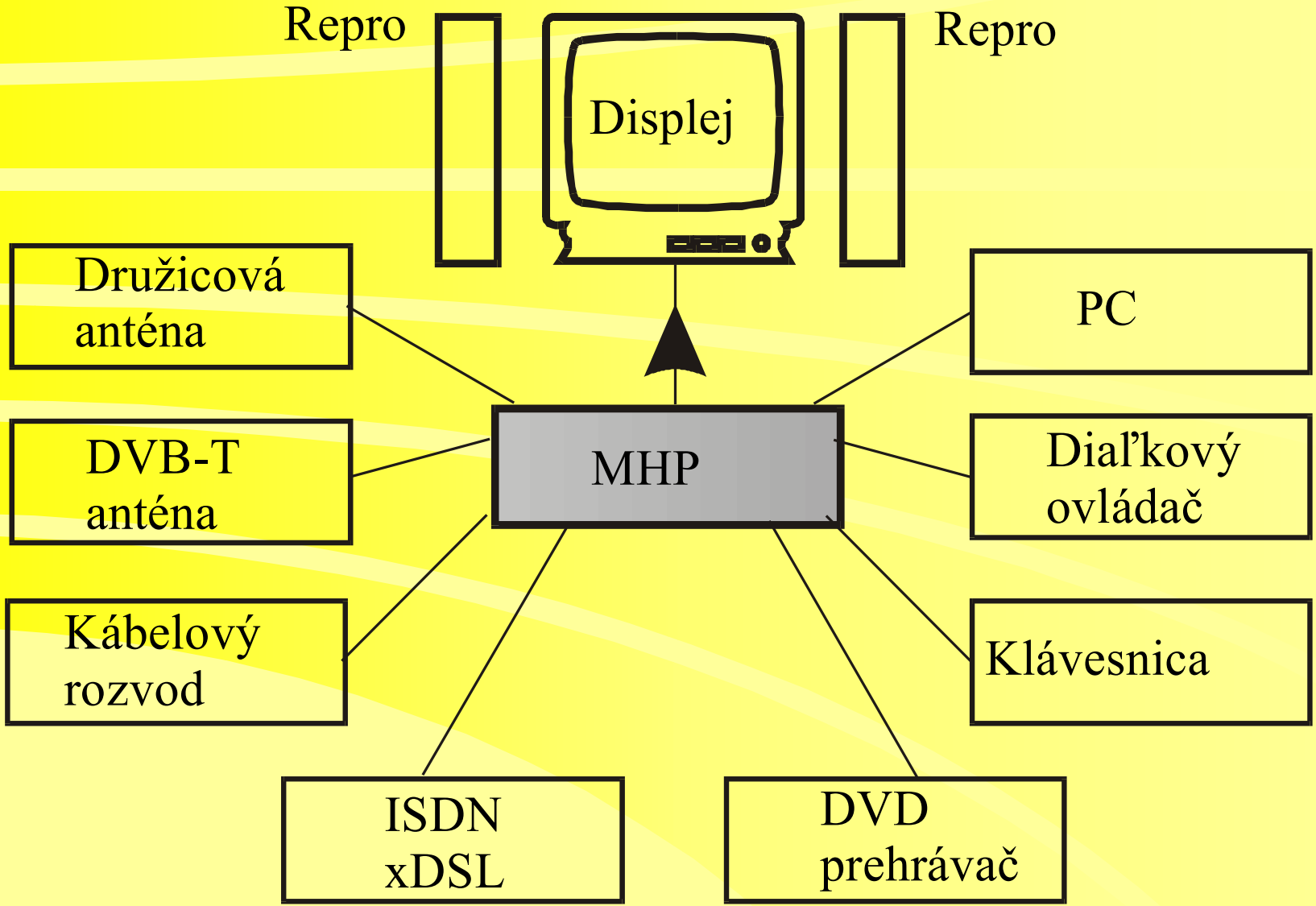
Do dekódovačov a následných častí prijímacieho reťazca je potrebné zaradiť ďalšie funkcie (softvér a hardvér), ktoré súvisia so spracovaním prenášanej dátovej služby a príslušných aplikácií.

Pri interaktívnych službách navyše funkcie súvisiace so zabezpečením komunikácie v spätnom smere.

Pri niektorých dátových službách TV obrazovka slúži na zobrazenie aplikácií (Super teletext, rozšírený EPG).

Rôzne riešenia DVB-T terminálov, problémy pri rozširovaní služieb -
privátne riešenia.

Zjednotenie prináša tzv. **MHP- Multimedia Home Platform** =
= platforma multimedialných domácich zariadení.



Verzie MHP

ETSI TS 101 812 v.1.1(2000-07): Digital Video Broadcasting; Multimedia Home Platform (MHP) Specification 1.0

- verzia 1.0 zahrňuje EPG a superteletext

Na ďalšie verzie sa normy pripravujú:

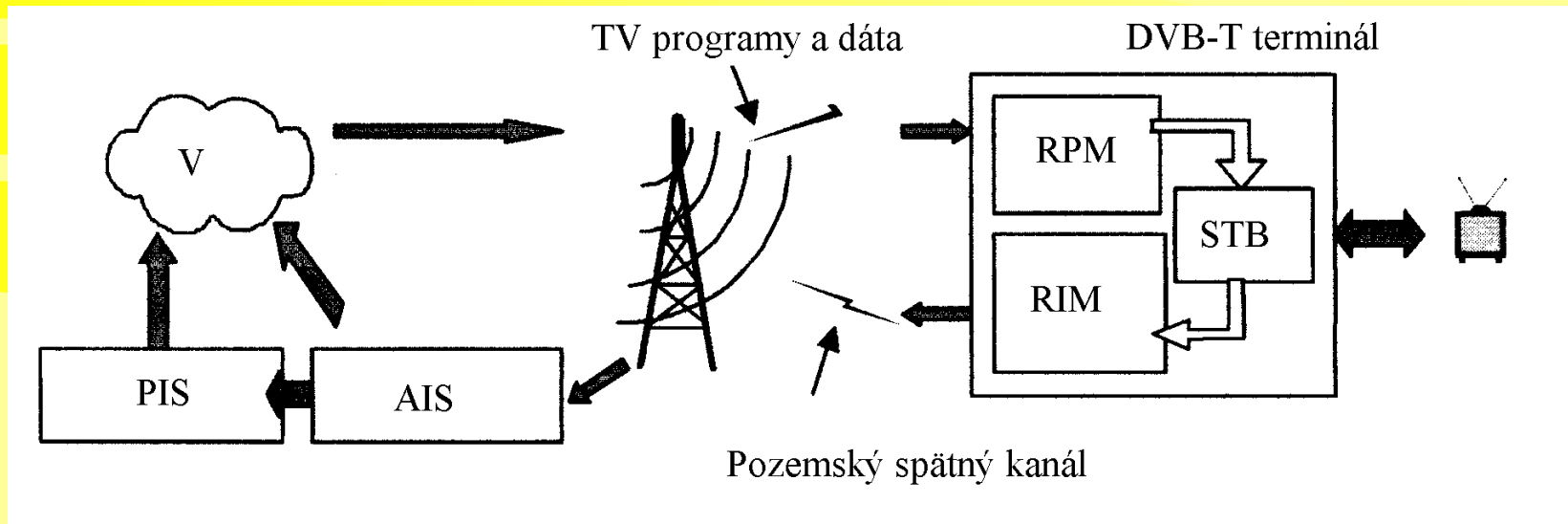
- verzia 1.0.1 ďalej pridáva podporu spätného kanála

- verzia 1.1 je rozšírená o internet cez DVB MHP, čím pridáva HTML operabilitu

- verzia 2.0 ďalej počíta s možnosťou aplikácii v norme MPEG-4.

System DVB-RCT

Draft ETSI EN 301 958 v.1.1.1. (2001-8): DVB; Interaction Channel for Digital Terrestrial Television incorporating Multiple Access OFDM.



Pozemská digitálna televízia (DVB-T)

VII. Základné ciele a stratégia prechodu od analógového na digitálne TV vysielanie na Slovensku

1 Situácia na Slovensku

- problematikou DVB-T sa VÚS zaoberá od r. 1997, z toho intenzívnejšie od r. 1999
- boli navrhnuté a niekoľkokrát modifikované vysielacie frekvencie pre 2 celoštátne siete (v niektorých mestách aj pre 3. sieť); momentálne prebiehajú intenzívne medzinárodné koordinačné rokovania a začínajú sa objavovať frekvencie, pri ktorých bola koordinácia ukončená
- v roku 2000 bol spracovaný návrh *“Stratégie a technických kritérií na zavedenie pozemského digitálneho TV vysielania v systéme DVB-T na Slovensku”*
- tento materiál po zapracovaní výsledkov pripomienkového konania bol prijatý uznesením vlády na jej 165. zasadaní dňa **27. júna 2001**
- na základe tohto uznesenia vlády bola o.i. zriadená Skupina pre digitálne vysielanie, ktoré pracuje pri RVR a ktorá sa skladá z dvoch sekcií
- vyššie uvedená *Stratégia* bola z hľadiska technického upresnená; z iných hľadísk by mala byť v r. 2003 upresnená tak, aby mohla byť predložená do vlády

- dňa **19. marca 2003** vláda SR na svojom 30. zasadaní svojim uznesením č. 196 schválila *Národnú politiku pre elektronické komunikácie* (nazývanú tiež *Národná telekomunikačná politika*)
- v záveroch *Národnej politiky* bolo uložené:
 - vytvoriť podmienky na realizáciu uvádzacích projektov DVB-T v Bratislave, Banskej Bystrici, resp. v Košiciach a začatie skúšobného vysielania do 30. júna 2004
 - vytvoriť podmienky na začatie pravidelného vysielania DVB-T v roku 2005
 - dokončiť prechod z analógového na digitálne televízne vysielanie do roku 2015.
- experimentálne vysielanie 3 TV a niekoľkých rozhlasových programov prebehlo v Bratislave v októbri 1999 (zabezpečovali ST-OZRK); bolo prvým takýmto vysielaním v oblasti strednej Európy

2 Navrhované ciele stratégie

a) z hľadiska prenosovej kapacity (počtu multiplexov): 6 multiplexov

⇒ 2 multiplexy na celoštátne pokrytie,

⇒ 1 multiplex regionálno-lokálny,

⇒ 1 až 2 multiplexy pre perspektívne HDTV,

⇒ 1 multiplex najmä pre iné služby (hlavne dátové – Webcasting, interaktívna TV, e-Government, ...)

- minimálne 1 alebo 2 multiplexy musia prenášať nekódované TV signály (nekódovaný príjem verejno-právnej televízie je podmienkou)
- ďalšie multiplexy môžu pre komerčné účely prenášať kódované signály

b) z hľadiska príjmu:

- ***v mestách***, resp. husto obývaných oblastiach: vnútorný prenosný príjem, a to od začiatku digitálneho vysielania
- ***inde***: pevný príjem alebo vonkajší prenosný príjem (podľa hustoty osídlenia)
- ***pozdĺž hlavných cestných trás***: mobilný príjem (po vyriešení technických problémov)

c) dostupnosť frekvenčného spektra:

- začať s využívaním kanálov K61 až K68
- využívať hlavne pásma TV IV a V
- pásmo TV III rezervovať hlavne na účely vysielania pre mobilný príjem
- ukončiť pridelovanie TV kanálov pre analógové vysielanie (najmä s väčšími výkonmi – nad 800 W ERP)
- podobnú politiku uplatniť aj pre TV kanály, ktoré boli z rôznych dôvodov uvoľnené (???)

d) z hľadiska pokrytia územia:

- ***pre 2 celonárodné multiplexy:*** s pokrytím obyvateľstva na úrovni dnešného pokrytia programom STV1
- ***pre regionálno-lokálne multiplexy:*** s pokrytím územia, ktorého sa obsah vysielania týka (kultúrny alebo administratívny región, resp. mesto
- ***pre ďalšie multiplexy,*** v ktorých je perspektívne uvažované s vysielaním HDTV: pri plánovaní, najmä v rámci revízie plánu ST61, uvažovať s pokrytím ako pre celonárodné multiplexy
- ***pre iné služby:*** s pokrytím hlavne husto obývaných oblastí na úrovni vnútorného prenosného príjmu, v iných oblastiach na úrovni mobilného príjmu

e) štruktúra vysielacej siete:

- výber štruktúry vysielacej siete má vplyv na finančné nároky a na efektivitu využívania frekvenčného spektra
- odporúča sa budovať najmä siete SFN; ich veľkosť prispôbiť módu vysielania, vychádzajúceho z cieľového typu príjmu
- (variantne používať zmiešané siete MFN-SFN)

f) ciele z hľadiska iných služieb:

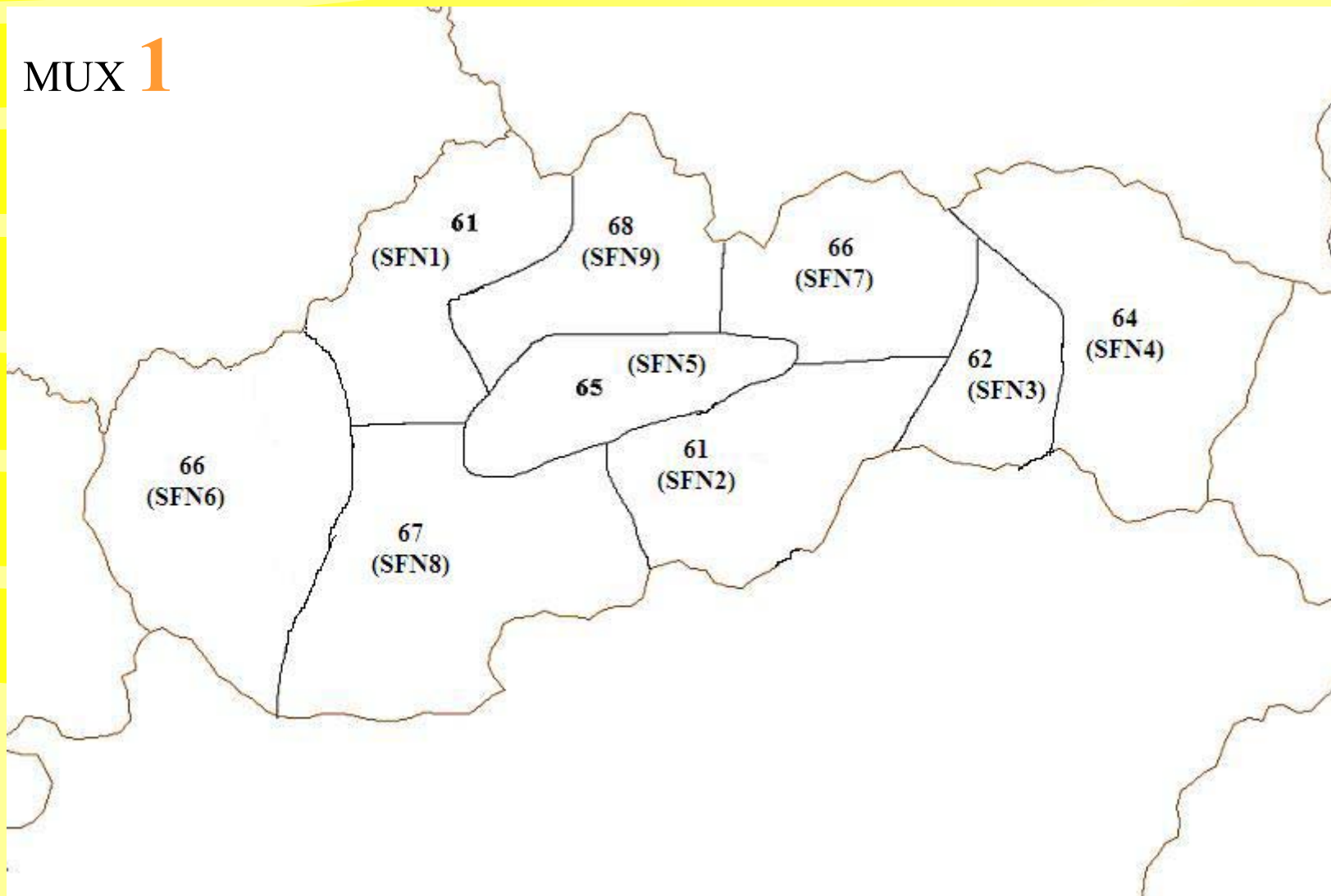
- do úvahy pripadajú najmä interaktívne a / alebo dátové služby
- z hľadiska začlenenia Slovenska do tzv. Európskej informačnej spoločnosti sa v prvom kroku odporúča zamerať sa na poskytovanie služby “Webcasting”
- iné služby však môžu vyvolávať nároky aj na ďalšie frekvenčné spektrum

Odporúčany mód DVB-T

- vysielat' v systéme **8K**
- pre medzinárodnú koordináciu uvažovať s módom **C2** (64-QAM, $2/3$, $D/T_U = 1/4$)
- pre vysielanie uvažovať v počiatočnej fáze s módom **B2** (16-QAM, $2/3$, $D/T_U = 1/4$)
- to umožní kvalitný prenos **3 TV** programov v jednom multiplexe *bez použitia štatistického multiplexovania*, resp. **5 TV** programov *pri štatistickom multiplexovaní*
- v ďalšom období uvažovať pre mobilný príjem s využitím módu **A2** (QPSK, $2/3$, $D/T_U = 1/4$) ako súčasti módu B2, prípadne C2 (hierarchický prenos)

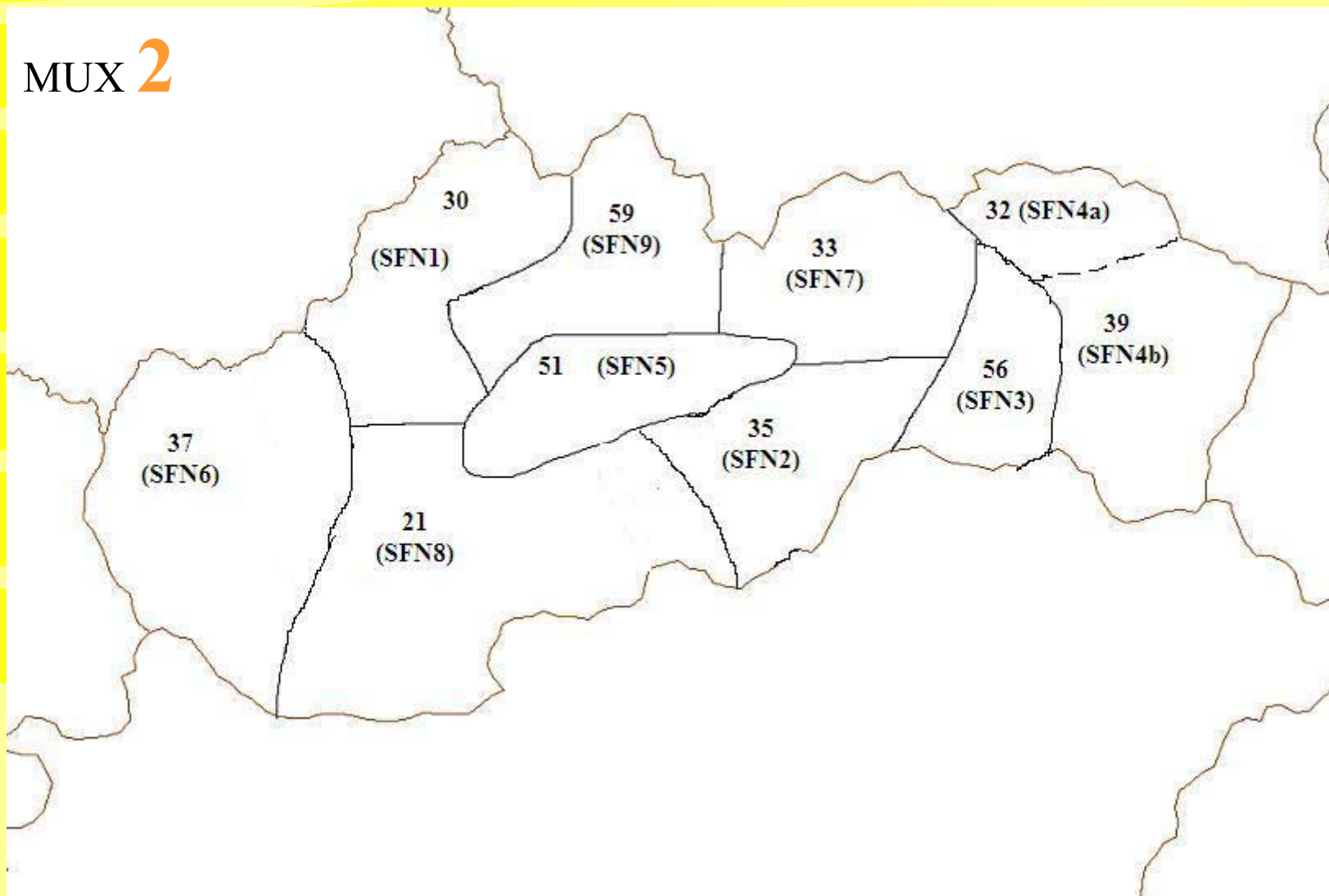
Pozn.: V počiatočnom období (najmä počas prevádzky pilotných projektov) sa určite bude vysielat' v rôznych módoch, najmä C2, a to s cieľom posúdiť ich vhodnosť.

MUX 1



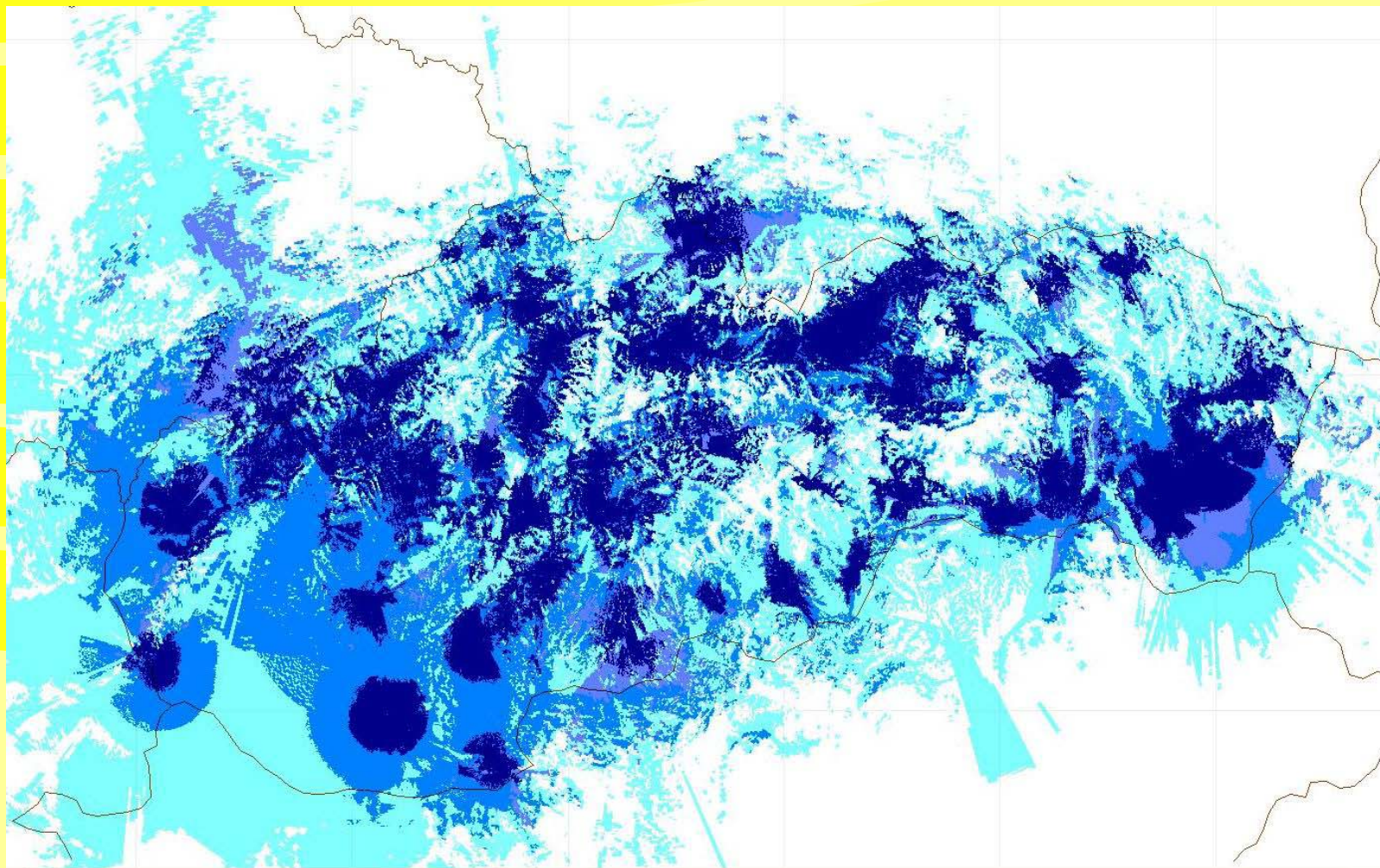
Rozdelenie Slovenska na oblasti SFN (MUX1)

MUX 2



Rozdelenie Slovenska na oblasti SFN (MUX2)

Plánované pokrytie SR signálom DVB-T (MUX1), 64-QAM



vnútorný prenosný príjem
pevný príjem

vonkajší prenosný príjem