

Evropský projekt digitální televize DVB a základní principy jeho standardu



Tomáš Kratochvíl
Ústav radioelektroniky VUT FEI



Program semináře

- Co je DVB a jaké přináší výhody?
- Základní principy a dělení systémů DVB.
- Digitalizace a komprese dat v DVB.
- Modulační metody používané v DVB.
- Situace v ČR a probíhající projekty.
- Co z DVB je na ÚREL?
- Ukázka v laboratoři Televizní techniky a Videotechniky.

Co je DVB ?

- Evropská skupina pro digitální televizi ELG v roce 1993 zahájila evropský projekt digitálního televizního vysílání DVB (Digital Video Broadcasting).
- Dnes je členem sdružení více než 300 evropských nevládních institucí, vysílacích společností a firem (od roku 1994 i Česká televize).
- Evropské normy pro DVB jsou schvalovány Evropským standardizačním institutem pro telekomunikace ETSI.

Jaké přináší DVB výhody?

- Přejechod k digitální přenosové technice umožňuje podstatně účinnější využívání kmitočtového spektra a přináší větší přenosovou kapacitu (multiplex).
- Pro diváky to znamená rozšíření programové nabídky a vyšší kvalitu přenášeného signálu.
- Pro poskytovatele programů snížení přenosových nákladů za nabízené služby.

Základní principy a dělení systémů DVB

Standard DVB je určen pro digitální přenos obrazu, zvuku a dat k divákovi:

- Družicovým vysíláním DVB-S (Satellite).
- Kabelovým přenosem DVB-C (Cable).
- Pozemním vysíláním DVB-T (Terrestrial).

Pro všechna uvedená média jsou společné principy a vlastnosti kódování v základním pásmu.

Základní principy a dělení systémů DVB

- Obrazová a zvuková data jsou komprimována podle standardu MPEG-2.
- Kanálové kódování FEC1 (vnější ochranný kód – blokový Reed-Solomonův kód).
- Kanálové kódování FEC2 (vnitřní ochranný kód – konvoluční kód + Interleaving) – pouze DVB-S a DVB-T.
- Společný kryptovací systém pro podmíněný přístup ke službám DVB.
- Scramblování dat pomocí pseudonáhodné posloupnosti pro zrovnoměnění spektra signálu.
- Společný systém služebních informací (SI) o právě vysílaném pořadu.

Základní principy a dělení systémů DVB

Systemy se liší vnějšími modulačními metodami z důvodu:

- Různých šířek kmitočtového pásma.
- Úrovněmi zkreslení a rušení v přenosovém kanálu.
- Rozdílných limitů vyzářeného výkonu.

Digitální modulace pro DVB:

- QPSK (Quaternary Phase Shift Keying) – DVB-S.
- QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – DVB-C.
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) – DVB-T.

DVB-S (Satellite)

- Nízký vysílací výkon, velká šířka pásma, zanedbatelný vliv vícenásobného příjmu (odrazy).
- Jeden transpondér družice vysílá 4-6 TV kanálů.
- FEC1 (vnější ochranný Reed-Solomonův kód).
- FEC2 (vnitřní konvoluční kódování s volitelným kódovacím poměrem 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8).
- Základní chybovost BER (Bit Error Rate)
– od 10^{-10} až 10^{-11} .
- Digitální modulace QPSK s Grayovým kódováním.
- Bitový tok pro transpondér s šířkou pásma 33MHz a FEC2 3/4 asi 39 Mbit/s.
- Od roku 1994 standardizován normou ETS 300421.

DVB-C (Cable)

- Stejná šířka pásma jako TV kanály pozemního vysílání, nízká úroveň rušení (proto bez FEC2).
- Jeden transpondér družice vysílá 4-6 TV kanálů.
- FEC1 (vnější ochranný Reed-Solomonův kód).
- Digitální modulace QAM se 64 stavy (body).
- Bitový tok pro modulaci 64-QAM a kanál s šířkou pásma 6,8 MHz asi 35 Mbit/s.
- Od roku 1994 standardizován normou ETS 300429.

DVB-T (Terrestrial)

- Velký vysílací výkon, úzký kmitočtový kanál, výrazný vliv rušení (zejména odrazy a ISI), velká chybovost.
- FEC1 (vnější ochranný Reed-Solomonův kód).
- FEC2 (vnitřní konvoluční kódování).
- Digitální modulace OFDM – malá citlivost vůči mnohacestnému šíření signálu.
- Provádí se IDFT digitálního signálu modulovaného QAM nebo QPSK.

Digitalizace a komprese dat v DVB

- Digitalizace obrazového signálu probíhá podle doporučení CCIR ITU – R 601 (a následných dalších).
- Luminanční složka Y je vzorková vzorkovacím kmitočtem $f_Y = 13,5$ MHz, chrominanční složky C_R a C_B jsou podvzorkovány $f_{CR} = f_{CB} = 6,75$ MHz.
- Pro normu 625/50 je na aktivním řádku 720 vzorků Y.
- Vzorky luminančních a chrominančních signálů se kvantují na 256 úrovní (8 bitů).
- Obrazový signál je digitalizován ve formátu 4:2:2 což představuje bitový tok 216 Mbit/s nebo ve formátu 4:2:0, čímž se bitový tok sníží na 162 Mbit/s .

Digitalizace a komprese dat v DVB

- Redukci bitové rychlosti obrazového toku lze uskutečnit pomocí zdrojového kódování - ortogonálního transformačního kódování (např. DCT).
- MPEG-1 - komprese bitové rychlosti do 1,5 Mbit/s (CD-video, videokonference, videotelefon).
- MPEG-2 - komprese bitové rychlosti původně na 2-15 Mbit/s, dále až 80 Mbit/s pro HDTV (1920x1080 vzorků na snímek).
- MPEG-4 – komprese bitové rychlosti do 64 kbit/s (176x140 vzorků).
- Neredukovaný bitový tok pro jeden zvukový stereofonní kanál je obvykle 1,92 Mbit/s (vzorkování 48 kHz, 2x20 bitů).

Digitalizace a komprese dat v DVB

Požadovaným užitečným datovým tokem je:

- 3 až 6 Mbit/s pro kvalitu SDTV (dnes PAL).
- 15 až 20 Mbit/s pro kvalitu HDTV.
- 1,5 Mbit/s pro kvalitu LDTV (video VHS).
- 96 až 256 kbit/s pro zvukový stereofonní kanál.

Kanálové kódování:

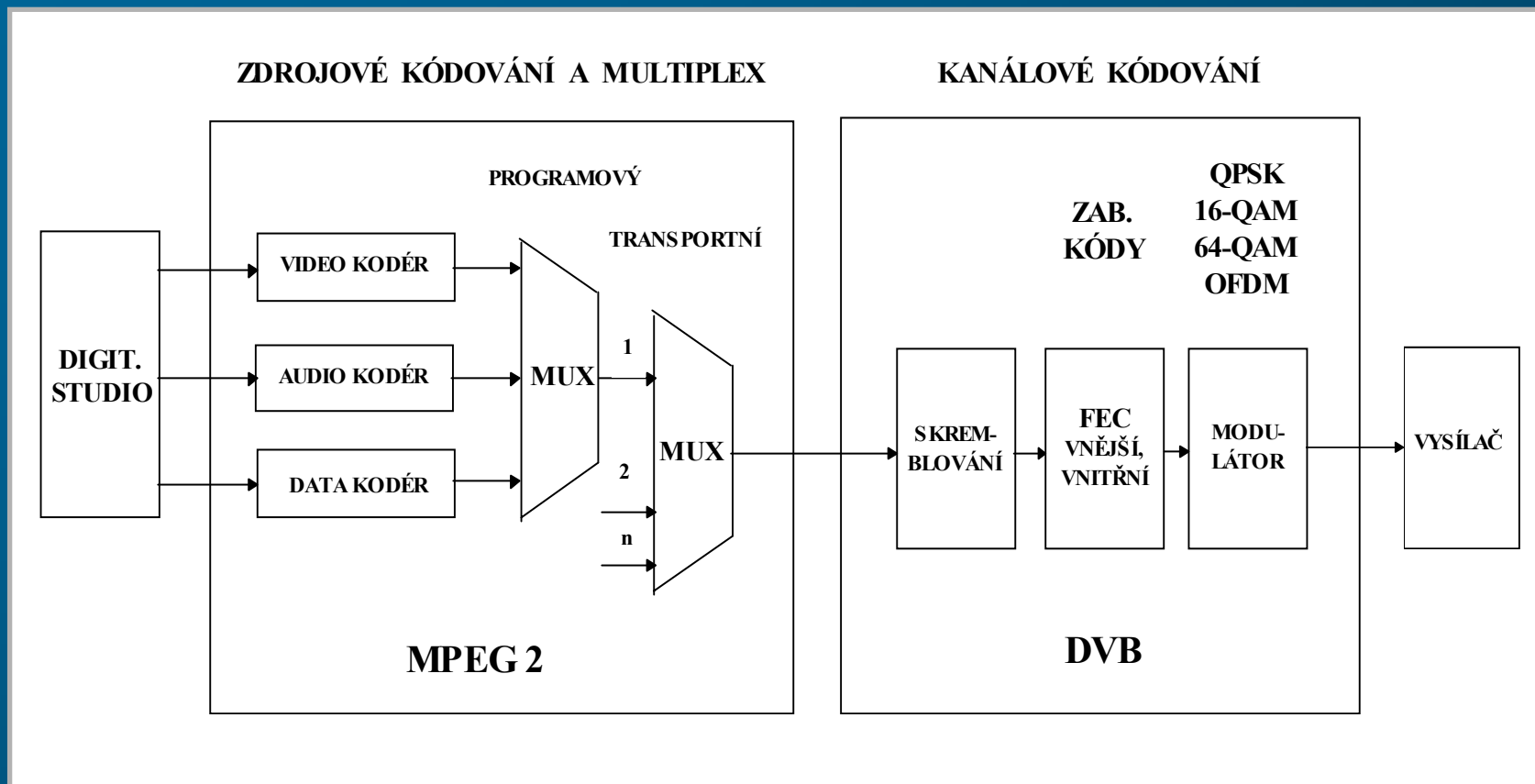
- Protichybové zabezpečení datový tok vždy zvýší.
- Vícestavové digitální modulace datový tok sníží, ale zhoršují se podmínky příjmu (za přítomnosti šumu).

Digitalizace a komprese dat v DVB

Prostředky redukce bitového toku

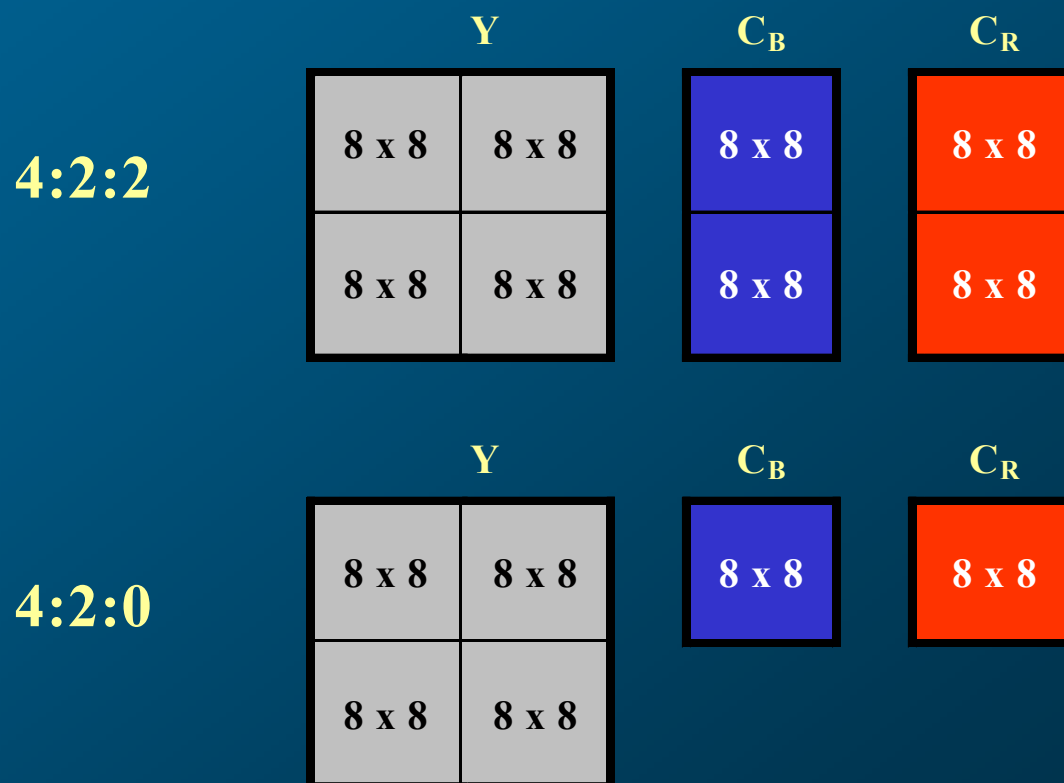
- **Obraz** – diskrétní kosínová transformace DCT (bloky 8x8 obrazových prvků), DPCM, kompenzace pohybu, entropické kódování VLC (s proměnnou délkou).
- **Zvuk** – rozdělení signálu v kmitočtové oblasti do 32 subpásem, využití psychoakustického maskovacího jevu.

Digitalizace a komprese dat v DVB



Kompresa MPEG-2

- Vzorek – jasový nebo chrominanční (8 bitů).
- Blok – 8x8 vzorků Y nebo C_R , C_B .
- Makroblok – 6 (formát 4:2:0) nebo 8 (formát 4:2:2) bloků.



Kompresa MPEG-2

- Pro přechod z prostorové oblasti matice vzorků do oblasti prostorových kmitočtů se používá ortogonální transformační kódování pomocí dvojrozměrné DCT.
- Při transformaci se potlačují korelační vazby mezi vzorky v prostorové oblasti, což umožňuje výraznou redukci počtu spektrálních koeficientů v kmitočtové oblasti.
- Spektrální koeficienty se zaokrouhlují na nejbližší celá čísla a koeficienty < 1 se zanedbávají.
- Kvantování koeficientů je určeno kvantizační maticí, která respektuje vliv lidského zraku.
- Entropické kódování s proměnnou délkou slova VLC.

Kompresa MPEG-2

Přenos informace Huffmanovým kódem – jeden koeficient je přenášen dvojsymbolovou skupinou bitů.

- První symbol – údaj o počtu bitů nutných pro vyjádření spektrálního koeficientu.
- Druhý symbol – velikost spektrálního koeficientu (binárně).

Výrazné snížení redundance bitového toku v časové oblasti přináší DPCM (pomocí vektoru pohybu) a zpracování pomocí makrobloků.

Snímky komprese MPEG-2

Obrázek I (Interframe Coded Frames)

- Opakuje se po GOP (Group of Pictures) – 12 půsnímcích, umožňuje obnovu signálu, bez DPCM.

Obrázek P (Predicted Frames)

- Přenáší se pouze difference aktuálního makrobloku vůči předchozímu makrobloku snímku I nebo P.
- Pomocí vektoru pohybu lze nalézt v okolí makrobloku snímku P makroblok stejný nebo podobný a určit pouze jeho polohu – redukce bitového toku !

Obrázek B (Bidirectionally Coded Frames)

- Přenáší se pouze difference aktuálního makrobloku proti průměru makrobloku předcházejícího a následujícího snímku I nebo P – největší redukce bitového toku !
Nutná změna pořadí snímků při zpracování !

Profily a úrovně standardu MPEG-2

Přínosem standardu MPEG-2 je složení výstupního bitového toku na části odpovídající nižší kvalitě obrazu a vyšší kvalitě obrazu.

Dekodér přijímače vybírá odpovídající signál (méně jakostní pro přenosné TV přijímače, kvalitní pro stolní TV přijímače).

Možné změny kódovacích způsobů a seskupení se nazývají profily.

Profily a úrovně standardu MPEG-2

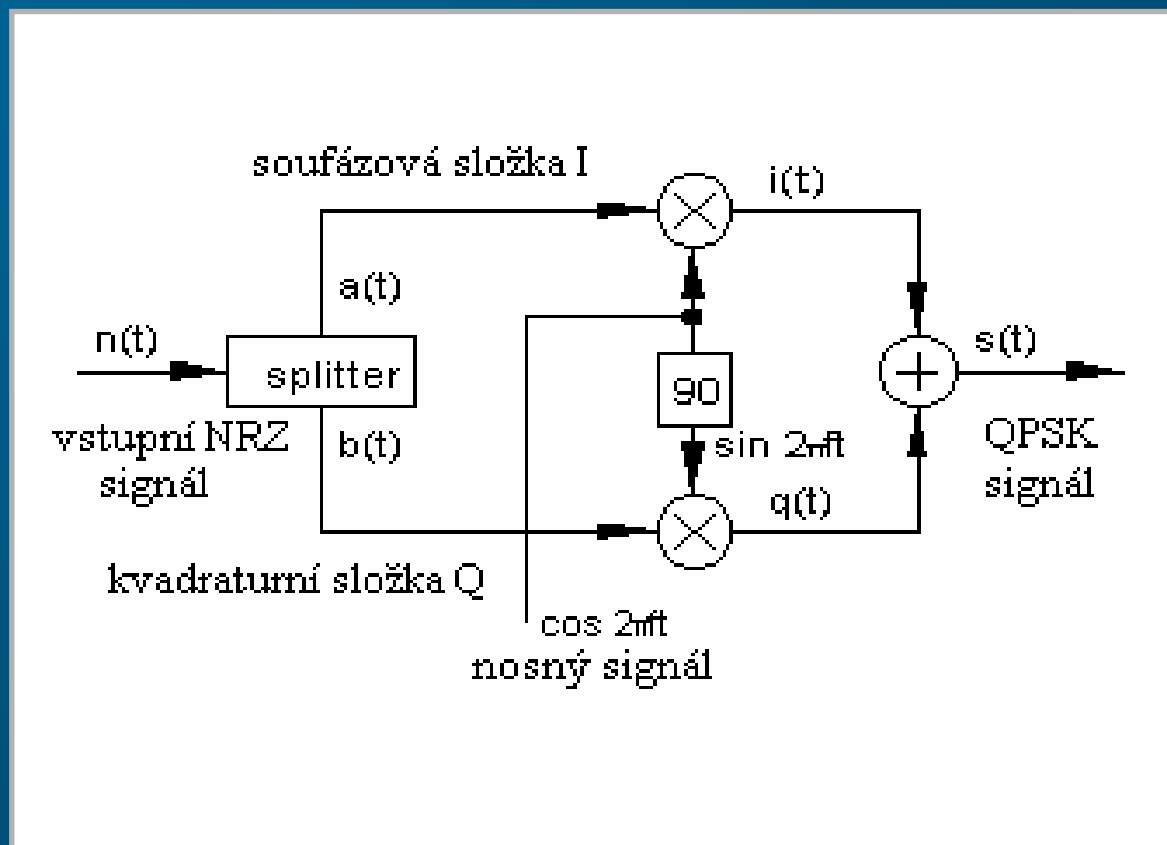
Vysoká úroveň	-	1920x1152 bodů 80Mbit/s	1920x1152 bodů 100 Mbit/s
Vysoká úroveň 1440	-	1440x1152 bodů 60 Mbit/s	-
Hlavní úroveň	720x576 bodů 15 Mbit/s	720x576 bodů 15 Mbit/s	720x567 bodů 20 Mbit/s
Nízká úroveň	-	352x288 bodů 4 Mbit/s	-
Úrovně/profil	Jednoduchý profil	Hlavní profil	Vysoký profil
Popis profilu	Hlavní profil bez predikce	Formát 4:2:0	Formát 4:2:2

QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)

- V systému DVB-S.
- Odolná vůči šumům a interferencím.
- Vytváří se pomocí dvoustavového fázového klíčování BPSK dvou nosných vln stejného kmitočtu, ale fázově posunutých o 90° .
- Vytváří I (soufázovou) a Q (kvadrurní) složku.
- Každému ze čtyř stavů nosné vlny je přiřazena jedna ze čtyř možných kombinací dvou bitů (tzv. dibitů).

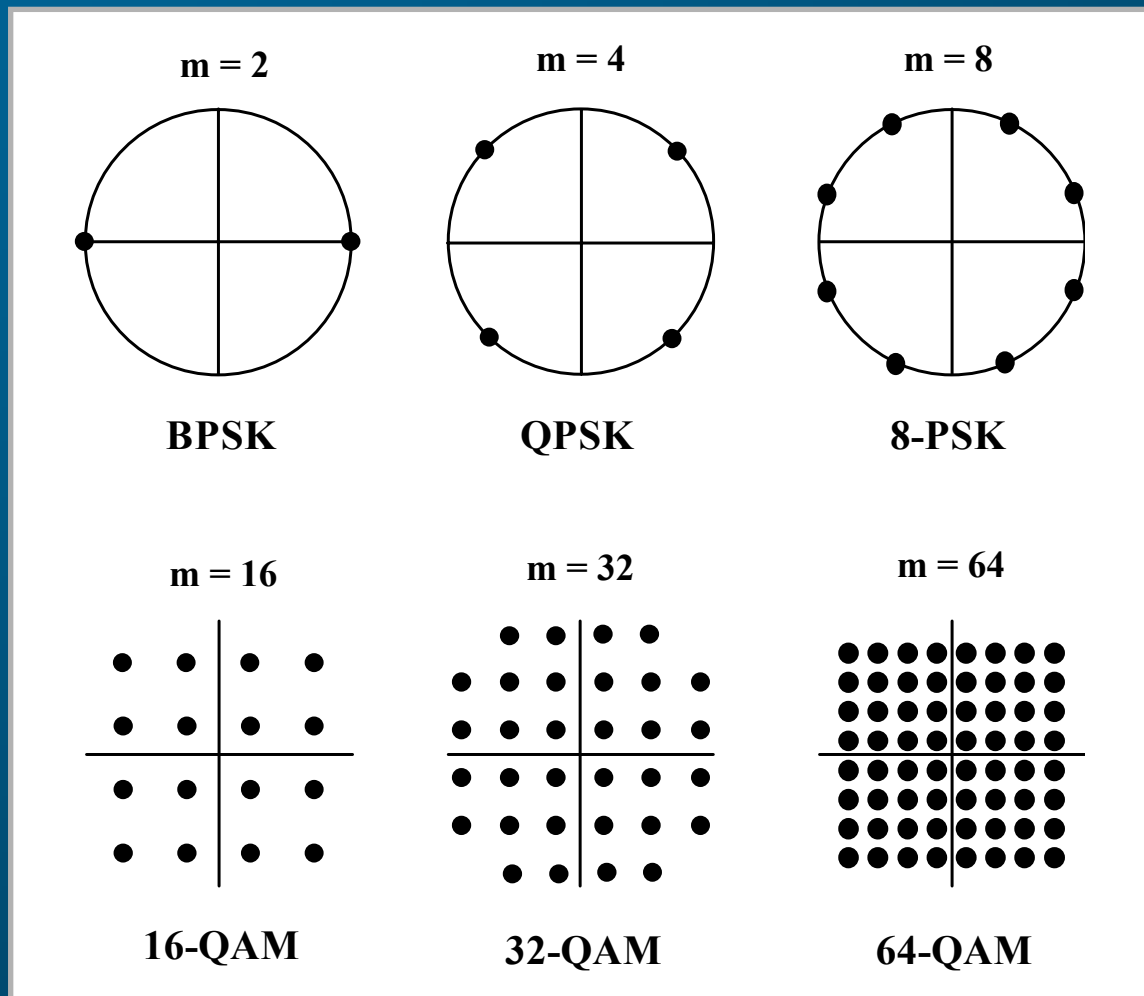
Modulační metody používané v DVB

Modulátor QPSK



Modulační metody používané v DVB

Konstelační diagramy PSK a QAM modulací



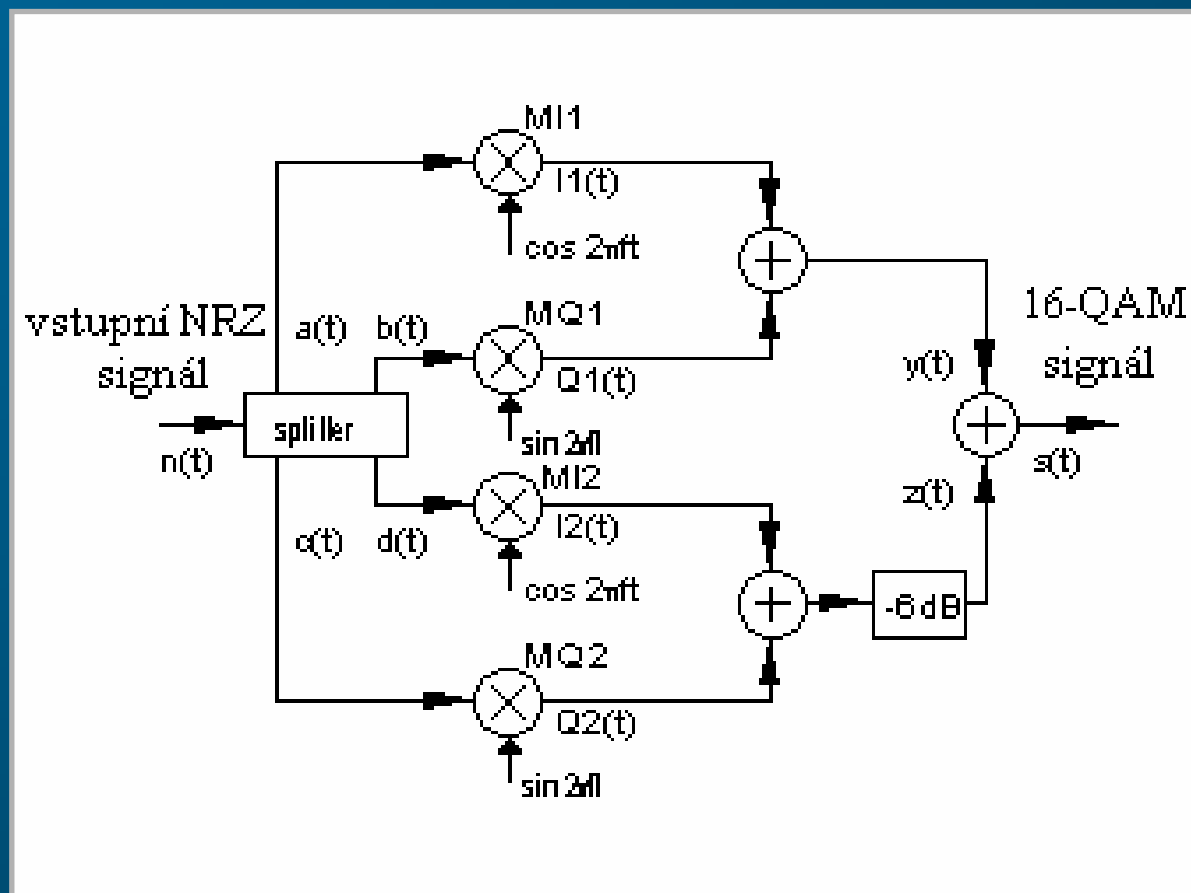
Modulační metody používané v DVB

QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

- Vícestavová modulace, v systému DVB-C 64-QAM.
- Ovlivňována amplituda i fáze nosné vlny.
- Vstupní sériový datový tok se dělí na n -tice bitů a ty jsou podrobeny QPSK modulacím.
- Náchylné na šum a rušení.
- S vyšším počtem stavů se zvětšuje spektrální účinnost, ale zvětšuje se chybovost.

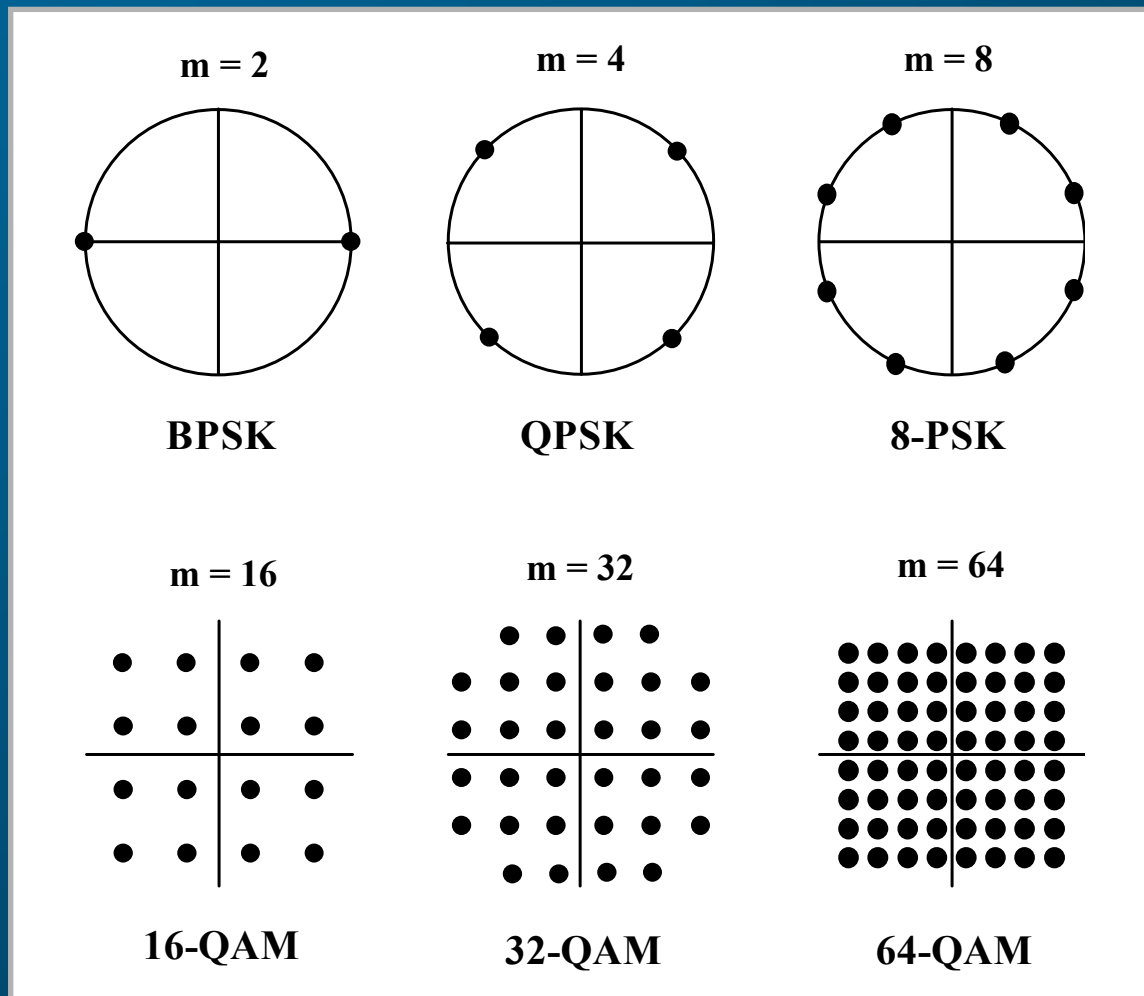
Modulační metody používané v DVB

Modulátor 16-QAM



Modulační metody používané v DVB

Konstelační diagramy PSK a QAM modulací



Modulační metody používané v DVB

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

- Použití v systému DVB-T.
- Typ modulace s více nosnými vlnami
– 2k (1705), 8k (6817).
- V kombinaci s FEC v základním pásmu se označuje jako COFDM (Coded OFDM).
- Vysoká odolnost vůči mezisymbolovým interferencím vlivem odrazů a vícenásobného příjmu, způsobná použitím tzv. ochranného intervalu.
- Pro modulaci subnosných vln se používá QAM nebo QPSK modulace.

Modulační metody používané v DVB

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

- Symbol OFDM je dán stavem všech k subnosných.
- Kmitočtová spektra jednotlivých subnosných se překrývají a kmitočtový rozestup je roven celočíselnému násobku převrácené hodnoty doby trvání symbolu OFDM.
- Sériový vstupní datový tok se dělí na k paralelních skupin n -tic bitů, které se modulují QAM nebo QPSK.
- Bitová rychlost se tak v každé větvi k -krát sníží.

Situace v ČR a probíhající projekty

V současné době lze přijímat na signál všech systémů DVB:

- DVB-S (paket Czech Link z družice Eutelsat II F4 nebo Eurobird 1).
- DVB-C (kabelové sítě společnosti UPC).
- DVB-T (experimentální vysílání Českých radiokomunikací pro Prahu a Střední Čechy a dále zkušební vysílání Czech Digital Group ve stejné oblasti).

DVB-T (České radiokomunikace, a.s.)

Experimentální vysílání bylo zahájeno 12. 5. 2000 jako první v ČR.

Digitálně se vysílají TV a rozhlasové programy

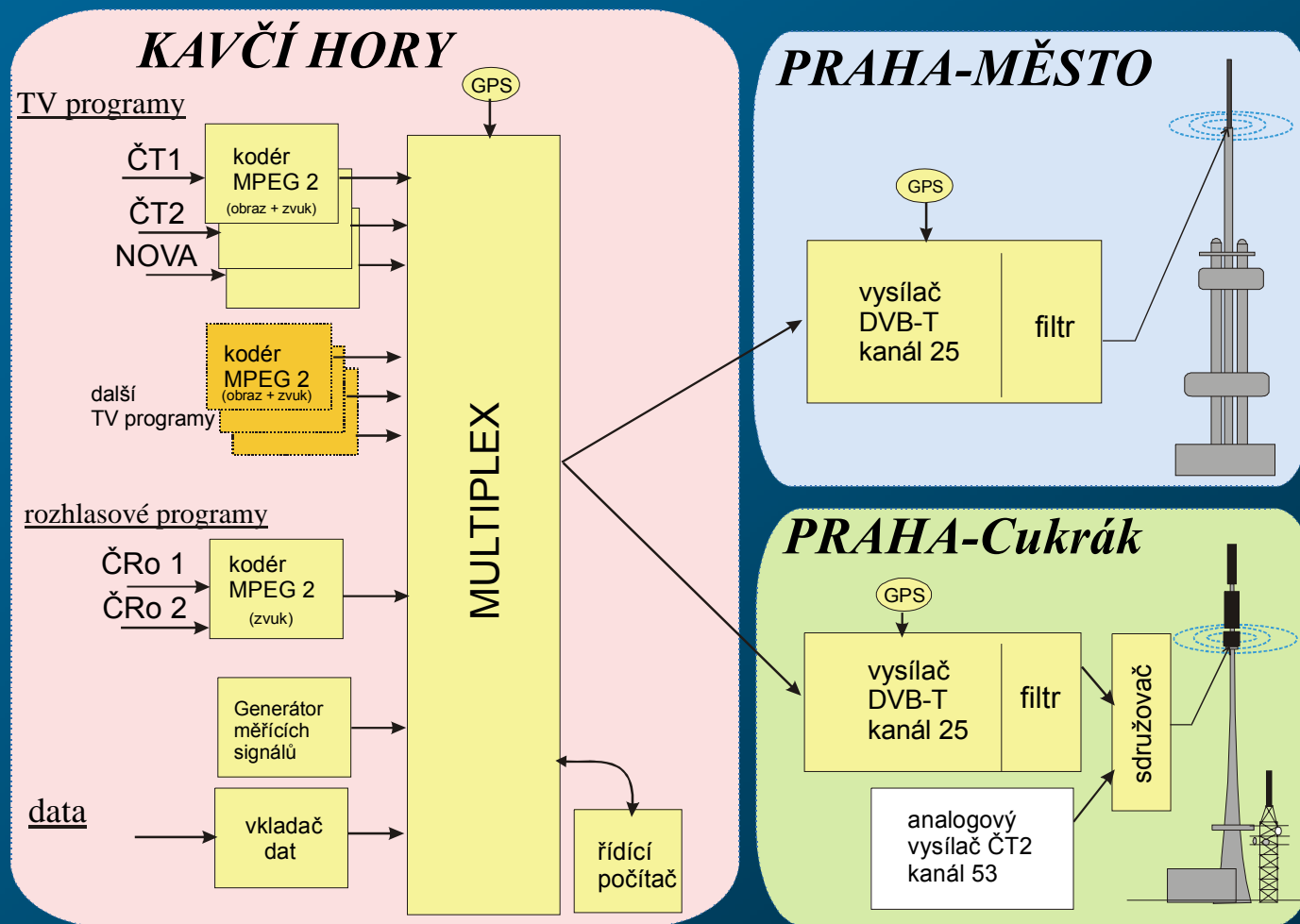
- ČT1, ČT2 a Nova.
- ČRo1 a ČRo2.

Vysílání signálu probíhá ze dvou vysílačů

- Praha-město (výkon cca 1 kW).
- Praha-Cukrák (výkon cca 250 W).



DVB-T (České radiokomunikace, a.s.)



DVB-T (České radiokomunikace, a.s.)

Oba vysílače pracují v jednofrekvenční síti SFN na jediném televizním kanálu (25. kanál).

V „sousedství“ 25. kanálu jsou analogové signály

- 24. kanál (TV Prima, Praha-město).
- 26. kanál (ČT1, Praha-Cukrák).

Použitá digitální modulace OFDM v módu 8k.

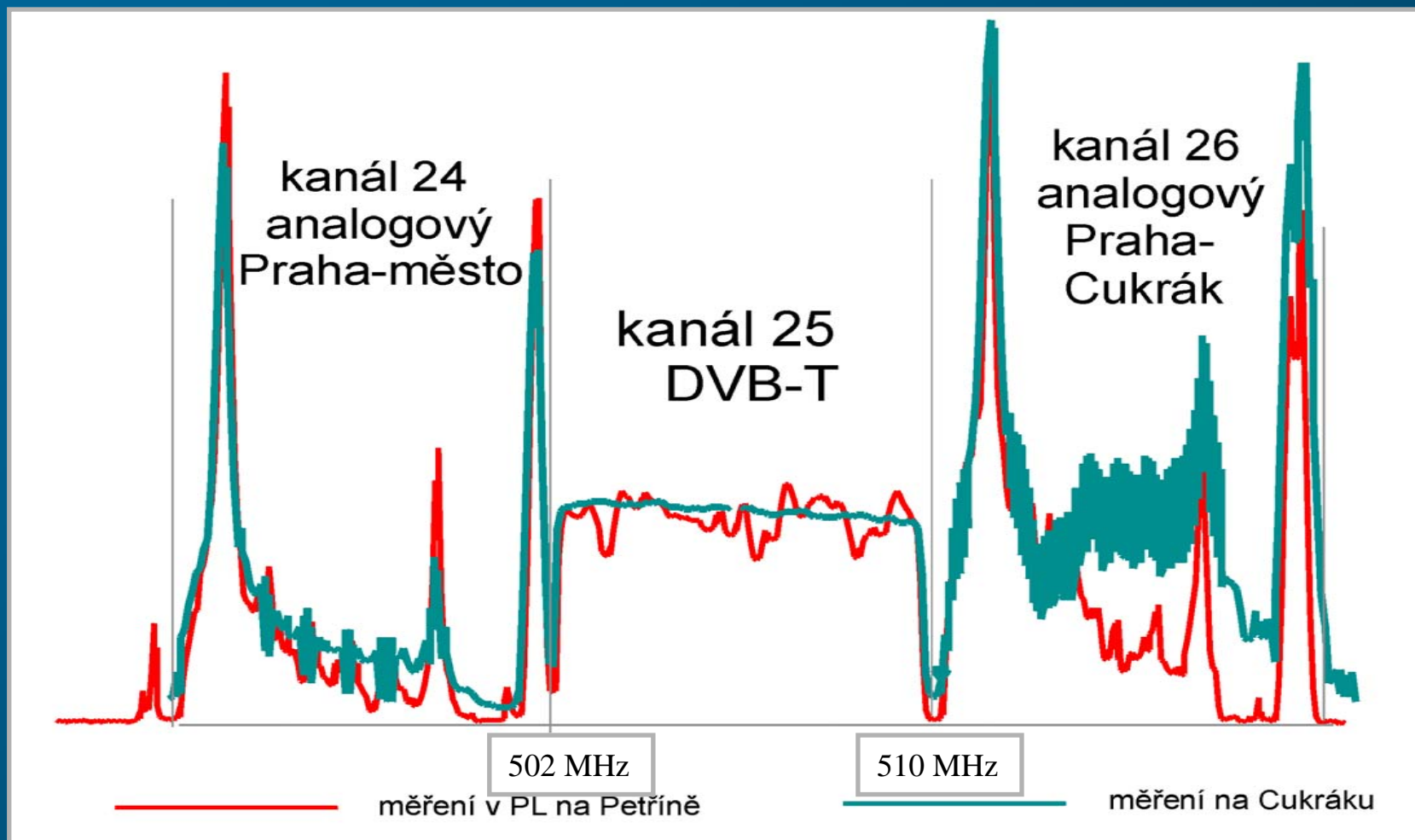
Vnitřní modulace QPSK.

Bitový tok 22 Mbit/s v 8 MHz kanále.

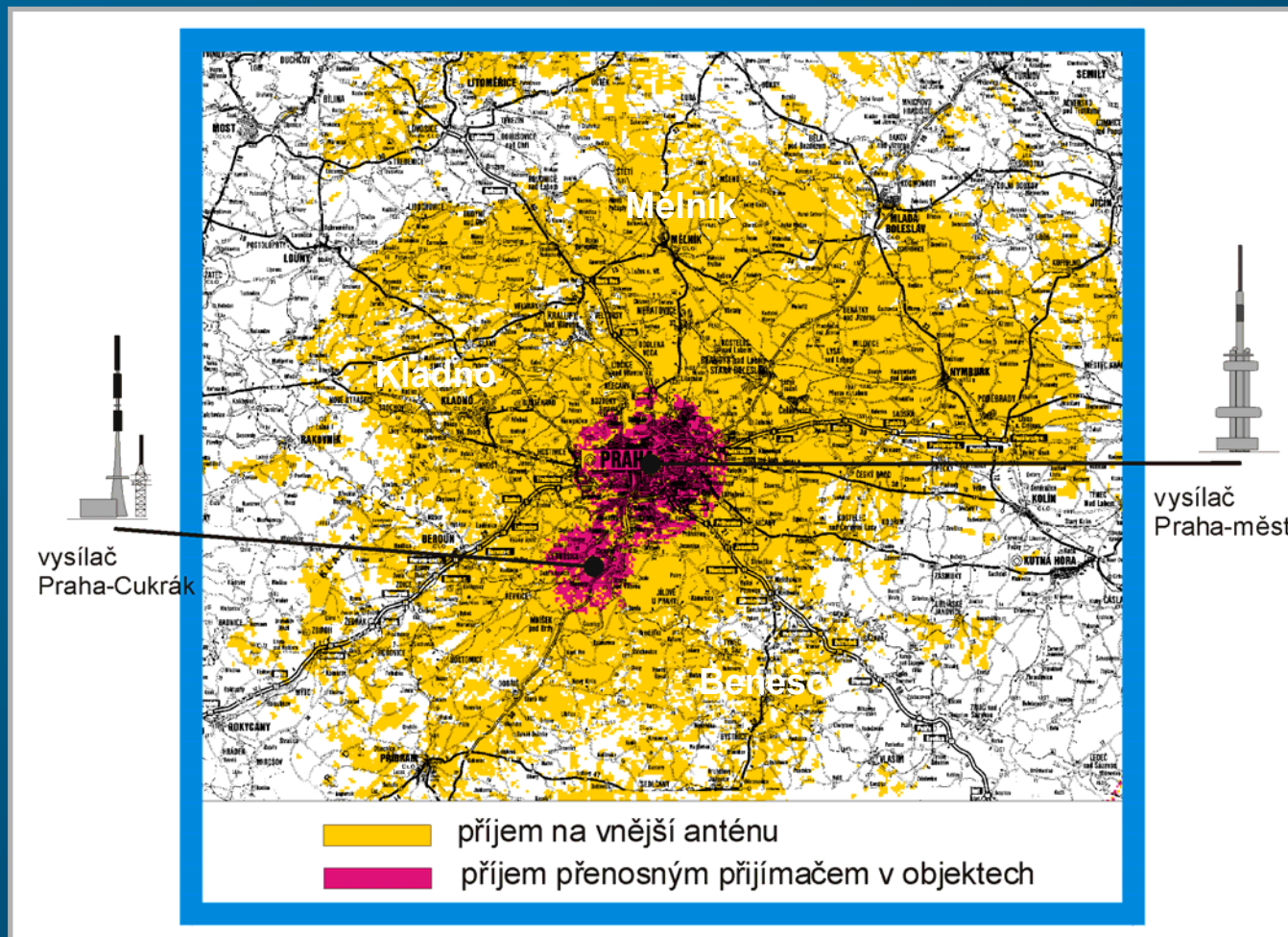
Dosah signálu teoreticky až 67 km.



DVB-T (České radiokomunikace, a.s.)



DVB-T (České radiokomunikace, a.s.)



DVB-T (České radiokomunikace, a.s.)

Cíle experimentálního vysílání Čra

- Praktické představení DVB-T v ČR veřejnosti.
- Ověřit funkci DVB-T na 25. kanále.
- Ověřit různé možnosti kódování, digitálních modulací a odpovídající kvalitu obrazu a zvuku.
- Měření pokrytí území digitálním signálem.
- Možnost rozšíření počtu programů a přenos datových služeb.
- Ověřit možnosti dodávaných vysílacích technologií a technologie pro kompresi dat.

DVB-T (Czech Digital Group a.s.)

Zkušební vysílání bylo zahájeno 31. 8. 2000.

Digitálně se vysílají TV a rozhlasové programy

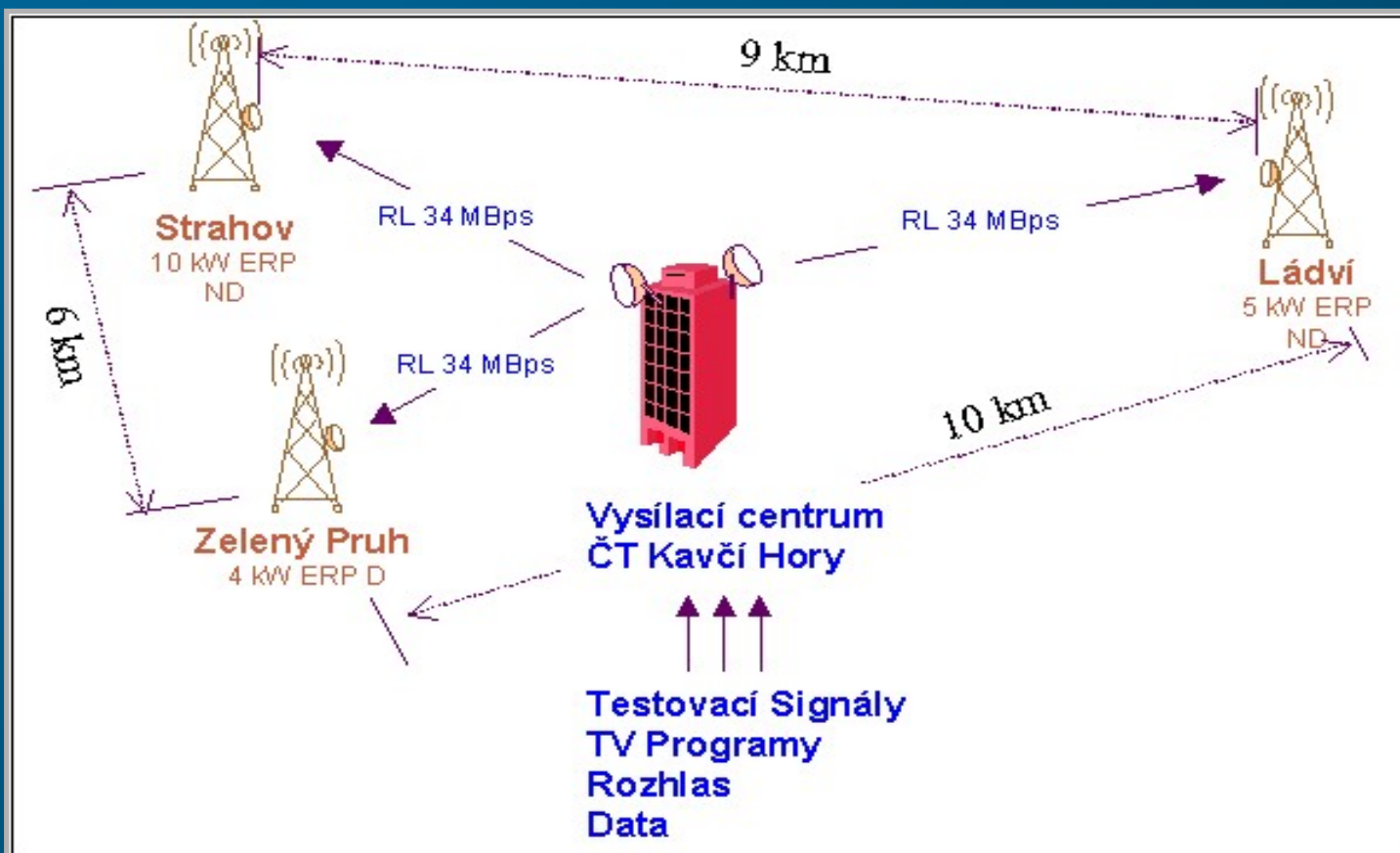
- ČT1, Prima a TV3.
- ČRo1 a Radio Proglas.

Vysílání signálu probíhá ze tří vysílačů

- Strahov (výkon cca 10 kW).
- Ládví (výkon cca 5 kW).
- Zelený Pruh (výkon cca 4 kW).



DVB-T (Czech Digital Group a.s.)



DVB-T (Czech Digital Group a.s.)

Vysílače pracují v jednofrekvenční síti SFN na jediném televizním kanálu (46. kanál).

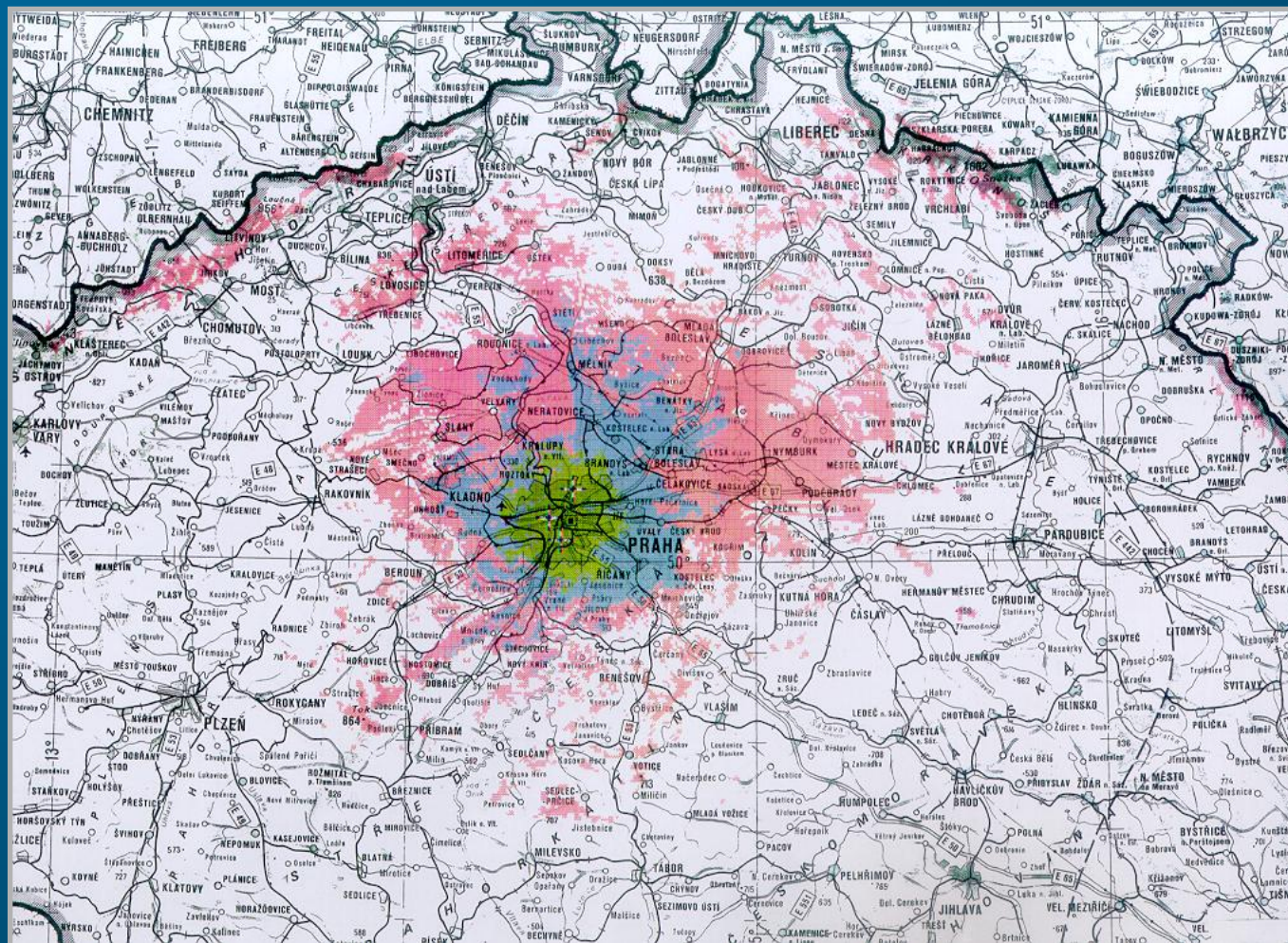
Použitá digitální modulace OFDM v módu 8k.

Vnitřní modulace 64-QAM.

Bitový tok 26,35 Mbit/s v 8 MHz kanále.



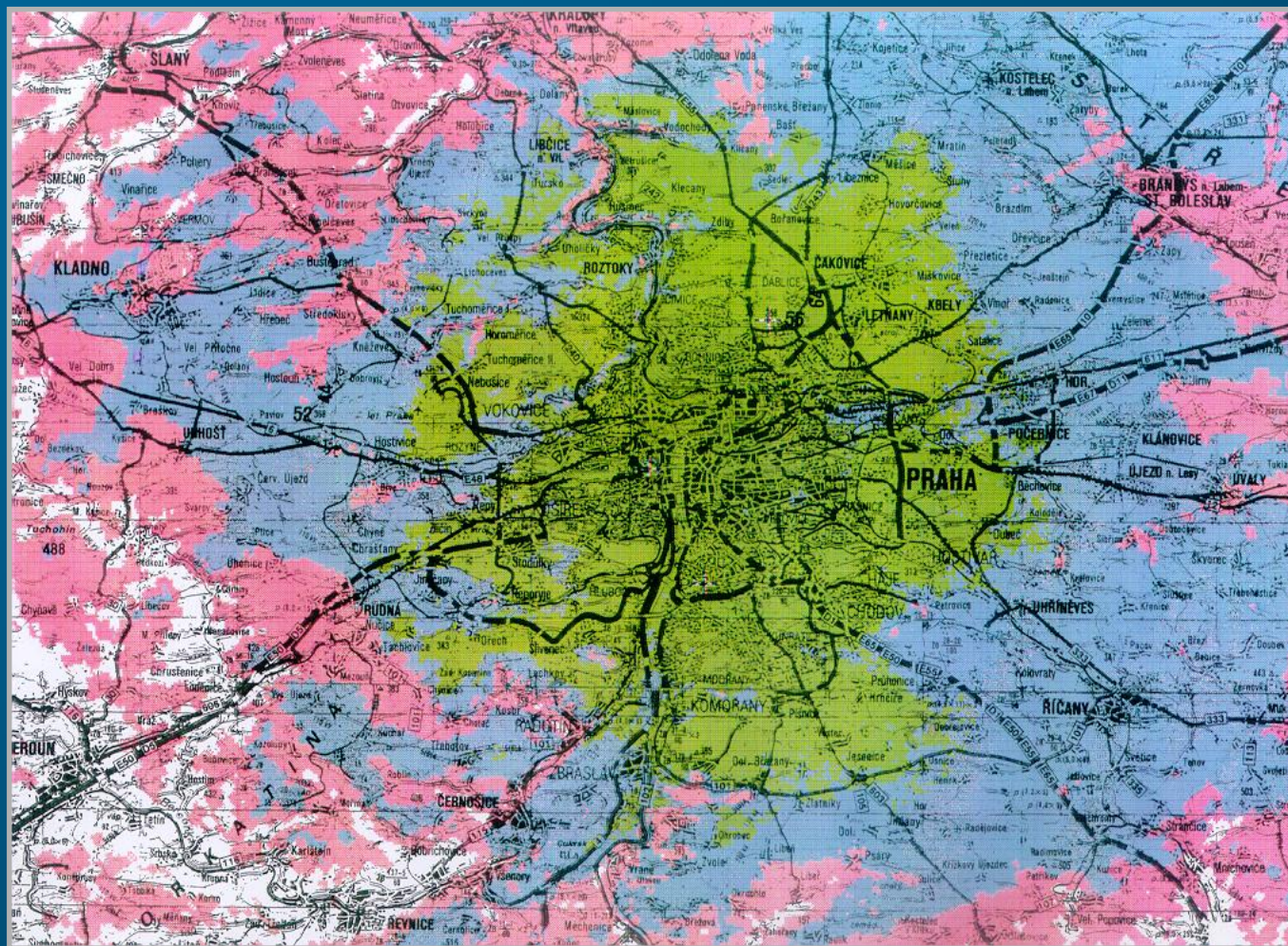
DVB-T (Czech Digital Group a.s.)



Příjem **vnitř budov** vně budov **UHF antény**



DVB-T (Czech Digital Group a.s.)



Příjem **vnitř budov** **vně budov** **UHF antény**



DVB-S (Czech Link spol. s r.o.)

- Vysílání bylo zahájeno v roce 1997. Majitelé společnosti jsou UPC a Czech Digital Group.
- Vysílá se digitální paket Czechlink tvořený TV a rozhlasovými pořady.
- Vysílání digitálního paketu je zajišťováno prostřednictvím digitální uplinkové stanice umístěné na Kavčích horách v areálu ČT.
- Stanice vysílá na satelitní segment EUROIRD 1 na pozici 28,5° východní délky.

DVB-S (Czech Link spol. s r.o.)



Uplinková stanice na Kavčích horách.



Odbavovací pracoviště.

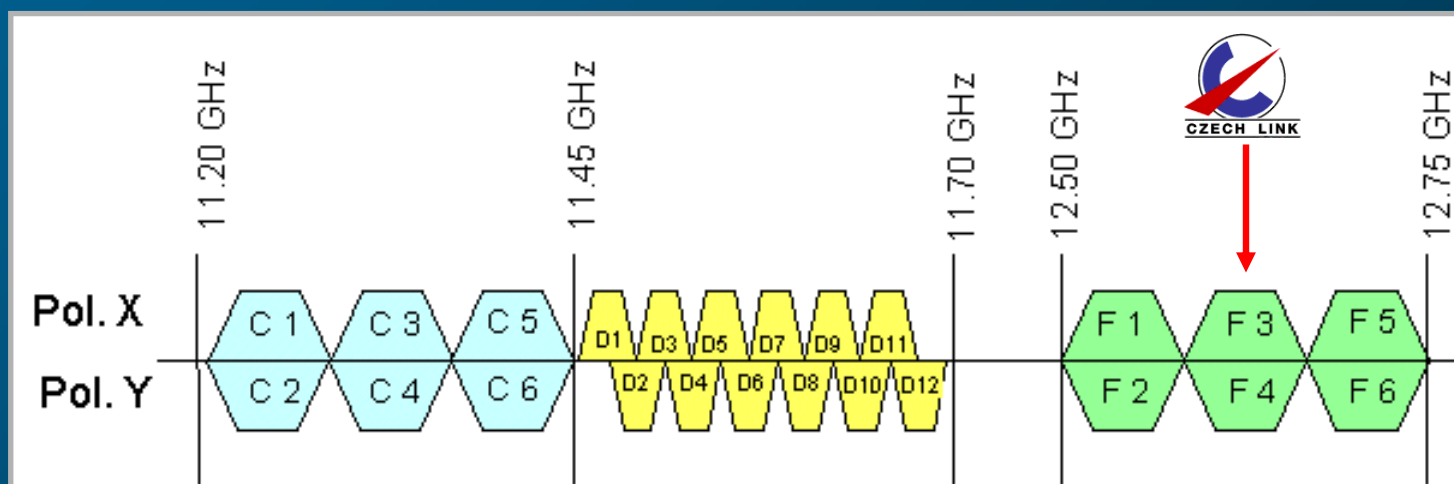


Digitální paket Czechlink

Prima TV		Video Audio TXT	ČRo1		Audio RDS data
ČT1		Video Audio 1 a 2 TXT, VPS	ČRo2		Audio RDS data
ČT2		Video Audio 1 a 2 TXT, VPS	ČRo3		Audio RDS data
TV3		Video Audio TXT	Proglas		Audio
Test 2		Video	IN STORE		Audio

Družice EUROBIRD 1 28,5°E

- Operátor Eutelsat, životnost 12 let.
- Pozice družice 28,5° východní délky.
- Třiosá stabilizace.
- Vyzařovací digramy: Spot1, Spot2 a Fixed Beam.
- Transpondéry: 6x72 MHz, 12x33MHz, 6x72 MHz.

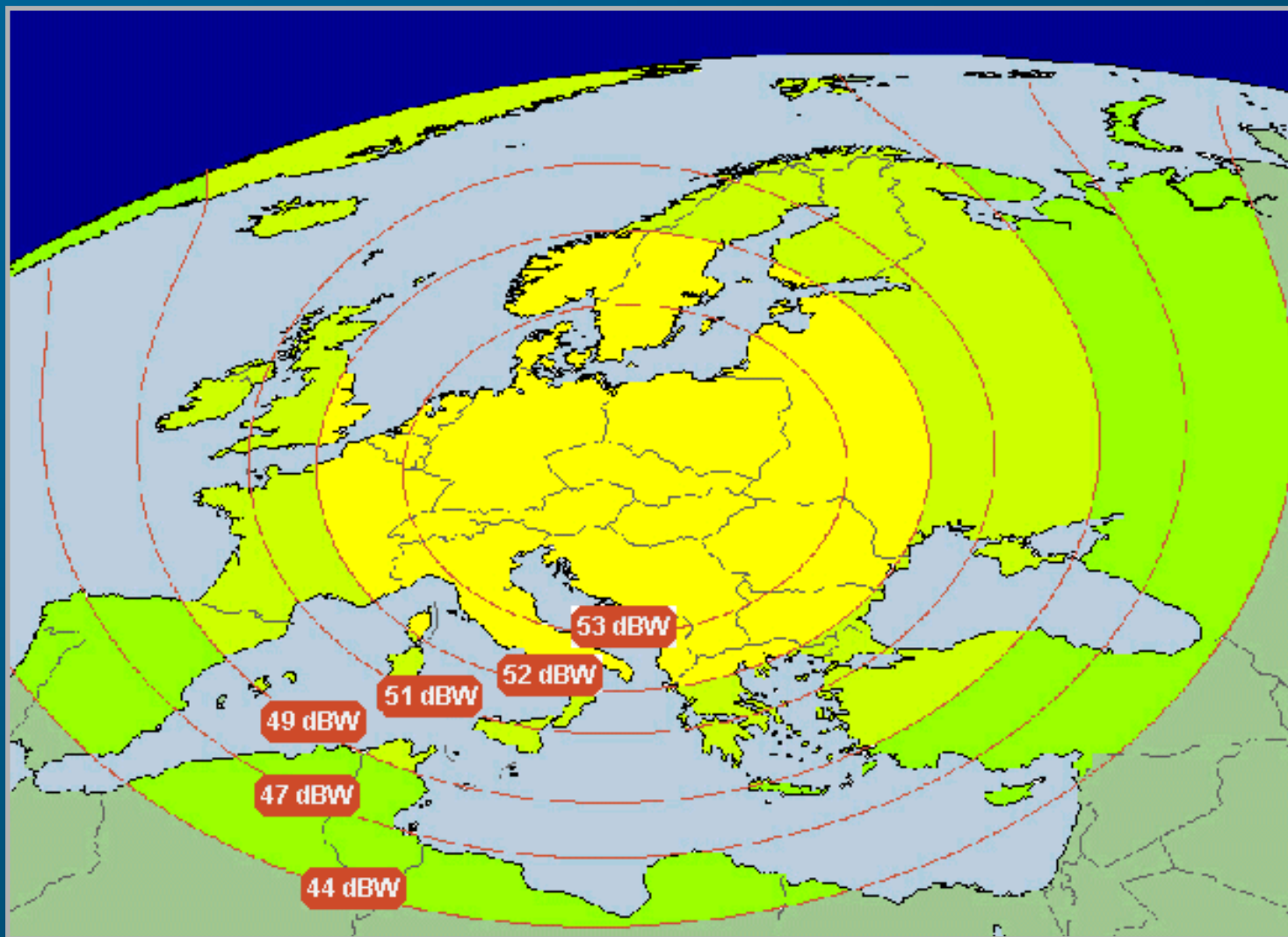


Parametry paketu Czechlink

- Transpondér F3.
- Polarizace horizontální H.
- Kmitočet 12,607 GHz.
- Symbolová rychlost 27,5 Mbit/s.
- FEC 3/4.
- Vyzařovací diagram Spot 2.



Vyzařovací diagram Spot 2



Co z DVB je na ÚREL?

Digitální satelitní přijímač DVB-S CzechLink F1-CI.

- Frekvenční rozsah 950 – 2150 MHz.
- Demodulátor QPSK.
- Vstupní symbolová rychlost 2-31 Mbit/s.
- Dekodér FEC (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8).
- Dekodér MPEG-2 MP@ML (hlavní profil a hlavní úroveň).
- Obrazová rozlišovací schopnost 720x576.
- Audiodekodér MPEG-2 I a II (33, 44.1, 48 kHz).



Děkuji Vám za pozornost!

Nyní Vás zvu ke krátké ukázkce
v laboratoři Televizní techniky
a Videotechniky ÚREL.