

Digitální vysílání a příjem DVB-T

Digital transmission and reception of DVB-T

Bc. Pavel Michl

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel Michl**
Osobní číslo: **A11352**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Digitální vysílání a příjem DVB-T**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární řešení tématu digitálního vysílání a příjmu DVB-T.
2. Popište technologii přenosu a kódování DVB-T.
3. Navrhněte optimalizaci řetězce příjmu a nastavení STA.
4. Realizujte navržená řešení a zvolte optimální konfiguraci zvolených systémů.
5. Provedte diskusi nad řešením projektu a vyhodnoťte jeho přínosy a zápory.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. LEGÍŇ, M. *Televizní technika DVB-T*. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 286 s. ISBN 80-7300-204-3.
2. ETSI EN 300 744 V1.4.1 (2001-01). *European Standard. Digital Video Broadcasting; Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial TV*. European Broadcasting Union, 2001.
3. Kathrein-Werke KG, *Antena signal meter system MSK 200/S2, uživatelský manuál, anglická verze*, Rosenheim, Německo, 936.3448/A/0209/ZWT.
4. ROHDE & SCHWARTZ, R&S?DVMD MPEG2 Measurement Decoder, *Key facts* dostupné na www2.rohde-schwarz.com/product/DVMD.html [cit. 20.1.2013].
5. ROHDE & SCHWARTZ, R&S?DVQ Digital Video Quality Analyzer, *Uživatelský manuál*, dostupné na www.rohde-schwarz.com/product/DVQ.html, [cit. 20.1.2013].

Vedoucí diplomové práce:

doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

8. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

3. června 2013

Ve Zlíně dne 8. února 2013


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce pojednává o principu terestriálního příjmu DVB-T, popis antén. Porovnání analogového a digitálního vysílání, jejich výhody a nevýhody. Digitální vysílání komprimuje digitalizovaný signál pomocí formátu MPEG-2. Využití SET-TOP BOXU k televizi bez digitálního tuneru a jeho základní funkce.

Klíčová slova:

Antény, DVB, DVB-T, SET-TOP box, digitální a analogový příjem

ABSTRACT

The thesis deals with the principle of terrestrial DVB-T reception, and antennas description. Furthermore, it compares analogue and digital broadcasting and specifies their advantages and disadvantages. Digital broadcasting compresses digitized signal using the MPEG-2 format. The thesis is also aimed at the use of a SET-TOP BOX connected to a TV without a digital tuner and its basic functions.

Keywords:

Antennas, DVB, DVB-T, SET-TOP box, digital and analogue reception

Poděkování, motto

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Mgr. Romanu Jaškovi, Ph.D. za jeho cenné rady a připomínky, které mi v průběhu práce poskytoval.

Dále bych rád poděkoval panu Petru Vališovi, majiteli firmy VATEN za informace a poskytnutý materiál k vytvoření této práce.

A na závěr děkuji rodině za podporu a pomoc při studiu.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 HISTORIE TELEVIZNÍ TECHNIKY, SOUČASNOST A BUDOUCNOST	13
1.1 ZAČÁTKY TELEVIZE V BÝVALÉM ČESKOSLOVENSKU.....	13
1.2 NOVÉ POŽADAVKY TELEVIZNÍHO VYSÍLÁNÍ V EVROPĚ A VE SVĚTĚ	14
1.2.1 Co je to DVB.....	15
1.2.2 Digitální vysílání	16
1.3 POROVNÁNÍ ANALOGOVÉHO A DIGITÁLNÍHO VYSÍLÁNÍ.....	18
1.3.1 Nevýhody analogového vysílání	18
1.3.2 Hlavní výhody a nevýhody DVB-T.....	19
1.3.3 Problémy s příjmem analogové televize	20
1.3.4 Možné problémy s příjmem digitální pozemské televize.....	20
1.4 DEFINICE POKRYTÍ SLUŽBOU DVB-T	21
1.4.1 Druhy příjmu signálů DVB-T	21
1.4.2 Antény na přenosný příjem	22
1.5 KMITOČTOVÁ PÁSMO A ÚROVNĚ DVB-T.....	23
1.5.1 Úroveň signálu DVB-T	23
1.6 VARIANTY SYSTÉMU DVB-T	24
1.6.1 Varianta C2 (CH97)	25
1.6.2 Varianta B2 (CH97)	25
1.7 PŘENOS TV SIGNÁLU OBECNĚ	26
1.7.1 Přenosová kapacita (počet multiplexů)	27
1.8 ZDROJOVÉ KÓDOVÁNÍ OBRAZU A ZVUKU.....	29
1.8.1 Bitová rychlost nekomprimovaného digitálního signálu.....	29
2 MPEG-2	30
2.1 MPEG-2 – FUNKCE A VÝHODY	31
2.2 POUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH METOD PRO VYSÍLÁNÍ DVB-T:	32
2.2.1 Pro použití MPEG-2:.....	32
2.2.2 Proti použití MPEG-2:	32
2.2.3 Pro použití H.264:	33
2.2.4 Proti použití H.264:.....	33
2.3 VSTUPNÍ FORMÁT OBRAZU PRO KÓDOVÁNÍ KOMPRESÍ MPEG-2.....	33
2.3.1 Predikce.....	35
2.3.2 Předpověď snímků a jejich druhy I, P, B	36
2.3.3 Transformační kódování (Diskrétní kosinová transformace) DCT.....	38
2.3.4 Kvantování kmitočtových koeficientů	38
2.3.5 Entropické kódování	38
2.3.6 Nelineární kvantování frekvenčních koeficientů v soustavě MPEG-2	39
2.3.7 Dekodér soustav MPEG-2.....	39

2.3.8	Zdrojové kódování zvukových signálů v DVB-T podle standartu MPEG.....	40
2.3.9	Standart MPEG-4	40
3	SET-TOP BOX	41
3.1	ZÁKLADNÍ FUNKCE SET-TOP BOXU.....	42
3.2	SPEKTRUM PŘIJÍMANÝCH FREKVENCÍ	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	44
4	POZEMNÍ DIGITÁLNÍ VYSÍLÁNÍ.....	45
4.1	POZEMNÍ DIGITÁLNÍ VYSÍLÁNÍ	45
4.2	TECHNOLOGIE DIGITÁLNÍHO VYSÍLÁNÍ	45
4.2.1	Funkce DVB-T	45
4.2.2	Multiplex	45
4.3	PŘIJÍMACÍ ANTÉNY	46
4.3.1	Polarizace antén.....	47
4.4	MĚŘÍCÍ POLYGON	47
4.4.1	Měřicí pracoviště a vybavení polygonu:	48
4.4.2	Možnosti měření.....	48
4.5	METODA MĚŘENÍ.....	48
4.5.1	Měření zisku substituční metodou	48
4.5.2	Směrový diagram antény	48
4.6	NAMĚŘENÉ PARAMETRY ANTÉN	50
4.6.1	TVB 21-60.....	50
4.6.2	TVA 21-60	51
4.6.3	Color STANDARD	52
4.6.4	Color STANDARD plus	53
4.6.5	Color KLASIK	54
4.6.6	Color KLASIK plus.....	55
4.6.7	Anténa firmy Televes	56
4.7	POROVNÁNÍ ZISKU ANTÉN	57
5	MĚŘENÍ ANTÉN V TERÉNU	58
5.1	ÚROVEŇ DIGITÁLNÍHO TV SIGNÁLU:	58
5.2	MER - MODULAČNÍ CHYBOVÝ POMĚR:	58
5.3	BER - CHYBOVOST DIGITÁLNÍHO SIGNÁLU	58
5.3.1	Měření a porovnání antén v terénu.....	59
5.3.2	Porovnání antén- spektrální analýza, konstelační diagram, naměřené hodnoty.....	61
5.4	SPOLEČNÉ ANTÉNY (STA) A TELEVIZNÍ ROZVODY.....	64
5.4.1	Přímý rozvod digitálních kanálů v pásmu UHF	64
5.4.2	Kmitočtová konverze z UHF do VHF.....	64
5.5	ZESILOVAČE	64
6	STA - STARŠÍ BYTOVÉ DOMY	65

6.1	ÚČASTNICKÉ ZÁSUVKY POUŽÍVANÉ V BYTOVÝCH DOMECH.....	65
6.1.1	Typy zásuvek používaných u starších rozvodů STA.....	65
6.2	POROVNÁNÍ ÚTLUMU PARAMETRŮ PŮVODNÍCH A SOUČASNÝCH KOAXIÁLNÍCH KABELŮ V ROZVODECH STA	66
6.2.1	Porovnání koaxiálního kabelu pro vnitřní kabelový rozvod - VFKP 300 a BELDEN H125.....	67
6.3	STRUKTURA BYTOVÝCH ROZVODŮ STA.....	69
6.3.1	Sériové zapojení televizních zásuvek.....	69
6.3.2	Zapojení s odbočkami	70
6.3.3	Hvězdicový rozvod	71
7	NÁVRH ŘEŠENÍ ÚPRAVY STA.....	72
7.1	SOUČASNÉ ROZVODY STA	74
8	STA V PRAXI.....	78
8.1	MONTÁŽE STA	78
8.2	STA MONTÁŽE PROVEDENÉ NEODBORNOU FIRMOU.....	79
	ZÁVĚR	83
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	85
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	88
	SEZNAM OBRÁZKŮ	90
	SEZNAM TABULEK.....	93

ÚVOD

V současné době je nejrozšířenějším příjmem televizního signálu pozemní vysílání popřípadě využití satelitní techniky.

Zahájení televizního vysílání bylo v Československé republice zpuštěno 1. května 1953 z rozhledny Petřín v Praze. V roce 1973 bylo u nás zahájeno barevné vysílání v systému SECAM a v roce 2000 prvotní projekt digitálního vysílání.

Analogová televize v technické kvalitě a množství přenesených informací prakticky vyčerpala všechny své možnosti. Vyčerpáním kmitočtového spektra pro analogovou televizi v Evropě byl vyvinutý systém digitální pozemní televize v názvem DVB-T. V Evropě bylo vytvořeno konsorcium televizními společnostmi, které specifikovali normy v oblasti digitální televize v Evropě i ve světě. Dřívější analogové vysílání s rozvojem technologií je nahrazeno digitálním pozemním vysíláním, které zaručuje lepší příjem a lepší dostupnost příjmu televizního signálu pomocí antén. Digitální vysílání je možné pomocí přenosů zemského, kabelového nebo satelitního přijímače.

Hlavním přínosem digitalizace je omezení množství řídicích a sdílených informací na praktické minimum.

Pozemní digitální vysílání nabízí lepší příjem signálu. DVB-T používá odlišný způsob pro přenos zvuku a obrazu než doposud. Obraz i zvuk spolu s datovými službami jako jsou teletext, internet, možnost více jazykových verzí zvukového doprovodu a více jazykových verzí zvukového doprovodu, popřípadě podrobného popisu právě vysílaných nebo teprve nadcházejících pořadů jsou přenášeny společným datovým kanálem.

Diplomová práce se zabývá principem a seznámením s jednotlivými komponenty pro příjem DVB-T. Zapojením a strukturou společných televizních antén (STA) a to jak původních rozvodů pro příjem analogové televize tak i současné digitální.

Dále bylo provedeno měření parametrů antén na anténním polygonu a v terénu z terestriálního televizního vysílače.

V závěru práce je uvedeno několik příkladů zapojení STA v praxi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE TELEVIZNÍ TECHNIKY, SOUČASNOST A

BUDOUCNOST

První televizní pokusy byly uskutečněny na území USA a uskutečnil je roku 1923 Vladimír Zworykin, průkopník přenosu obrazů pomocí elektronek. O osm let později již byly spuštěny experimentální televizní stanice a v roce 1939 se začala hromadná výroba televizorů. V tom samém roce několik set stálých televizních diváků, kteří žili v New Yorku a okolí, na svých televizorech vidělo slavnostní otevření světové výstavy. Pásku přestříhl prezident USA Franklin Delano Roosevelt. Pak přišla válka, a tak se o televizi přestalo hovořit

Po roce 1945 televize nastoupila znovu, a v roce 1946 bylo v Americe na 6400 televizorů.

Po válce byl výzkum obnoven.[4]

1.1 Začátky televize v bývalém Československu

Technická historie pozemské televize v bývalém Československu až po současnost:

V Československu televize začala dělat první krůčky již před 2. světovou válkou. Než se však mohlo dospět ke konkrétním výsledkům, veškerou aktivitu přerušily válečné události.

První pokusné vysílání televize v Československu se konalo 23. 3. 1948 v Tanvaldě, kde skupina vědců Vojenského technického ústavu uskutečnila ukázkou pro veřejnost. Další pokusné televizní vysílání se pak uskutečnilo v roce 1948 v rámci Mezinárodní výstavy rozhlasu MEVRO v Praze.

1953 – adaptace rozhledny na Petříně v Praze pro první televizní vysílač. Studio v Měšťanské besedě bylo vybaveno dvěma prototypovými studiovými kamerami se snímacími elektronkami, superikonoskopem čs. Výroby a filmovým snímačem 35 mm se sovětským superikonoskopem. 1.5.1953 - zahájení pravidelného zkušebního vysílání Československé televize.

1954 – studio Měšťanská beseda bylo vybaveno filmovým snímačem 16 mm

1955 – výstavba druhého TV vysílače Ostrava Hošťákovice. Do provozu byl uveden první přenosový vůz čs. televize

1957 – spuštění provozu retranslačního spojení Praha – Ostrava a v závěru roku retranslačního spojení Ostrava – Bratislava, československý třetí vysílač

1958 – dokončení retranslačního spojení všech tří studií Praha, Ostrava, Bratislava

1963 – 1. května – přímé televizní spojení Praha – Moskva

1964 – spuštění provozu koaxiálního spojení Moskva – Katovice – Praha – Berlín

1968 – spuštění provozu studia v Košicích

1970 – spuštění provozu v prvních částech střediska 254 Kavčí Hory v Praze a Mlynskej doliny v Bratislavě. Bylo zahájeno v celé ČSSR barevné vysílání v systému SECAM

1973 – spuštění provozu barevného odbavovacího kombinátu na Kavčích horách, dabingového studia v Mlynskej doline, spuštění provozu studia Petra Bezruče v Ostravě

1974 – zkušební provoz čs. pozemní stanice družicových spojů, radiokomunikačního střediska

1977 – spuštění provozu výpočetního střediska čs. televize na Kavčích horách

1990 – přípravy na vysílání v systému PAL, prakticky přechod na barevný systém PAL

1999 – první pilotní projekt vysílání digitální pozemní televize na Slovensku (Bratislava), byl vůbec první pilotní projekt DVB-T v krajinách střední Evropy, projekt se neujal kvůli tehdejšímu nezájmu politické scény

2000 – spuštění prvních pilotních projektů DVB-T v České republice (Praha, Brno)

2004 – vypsané další tři pilotní projekty DVB-T (Bratislava, Banská Bystrica + Zvolen, Košice + Prešov)

2005 – ostrý start digitálního vysílání nastal 21. října 2005, kdy začal vysílat tzv. dočasný multiplex A obsahující programy České televize a Českého rozhlasu. K němu se v následujících letech připojily ještě dočasné multiplexy B a C. Testovací provoz byl ukončen v roce 2008 [4],[14],[19],[24].

1.2 Nové požadavky televizního vysílání v Evropě a ve světě

Na přelomu 80. a 90. let (dnes již) minulého století začalo být televizním odborníkům jasné, že současné analogové televizní soustavy (v Evropě PAL a SECAM) již neskýtají mnoho možností na kvalitativní vylepšení. Navíc míra obsazení televizních kmitočtových pásem v Evropě dosáhla takého stupně, že již není možno budovat nové sítě televizních vysílačů s celorepublikovým pokrytím.

Diváci požadují větší počet programů a nároky a kvalitu obrazu a zvuku také stoupají. Popsané problémy úspěšně řeší systém digitální pozemní televize vyvinutý v Evropě s názvem DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial).

Vývoj byl zpočátku nekoordinovaný, přesto se nakonec jeho výsledky podařilo jakž takž sjednotit. V USA se o to zasloužilo, na jaře roku 1993 vzniknuvší, sdružení Grand Alliance, které předložilo Federálnímu úřadu pro komunikace (FCC) návrh systému digitální terestrické televize, který byl v roce 1996 přijat pod názvem ATSC. V Evropě pak na

podzim roku 1993 vzniklo sdružení DVB (Digital Video Broadcasting). Toto sdružení velmi záhy připravilo standardy pro satelitní (DVB-S), kabelovou (DVB-C) a o něco později i terestricky šířenou (DVB-T) digitální televizi, které byly posléze přijaty mezinárodními standardizačními organizacemi ETSI a ITU. Satelitní a vlastně i kabelová varianta systému DVB se staly celosvětovým standardem, ovšem u terestrické varianty se tomu tak nestalo. Vedle již zmíněného amerického systému ATSC totiž systému DVB-T konkuruje také japonský systém ISDB-T.

Nový systém, postavený na moderních progresivních metodách zpracování obrazu a zvuku, není kompatibilní se současným analogovým vysíláním. Na vysílací straně je nutné prakticky vyměnit celou technologii, mimo stožárů a snad i antén (jak budou technicky vyhovovat) a na přijímací straně minimálně doplnit televizor o digitální přijímač (set-top-box), který se zapojí mezi přijímací anténu a starý analogový přijímač, anebo investovat do nákupu nového digitálního přijímače s integrovaným digitálním dílem (IDTV).[4],[16]

1.2.1 Co je to DVB

DVB (Digital Video Broadcasting) je mezinárodní konsorcium vytvořené televizními společnostmi, výrobci, síťovými operátory, vývojáři softwaru, regulačními organizacemi a dalšími zástupci, celkem 260 členy z 35 států celého světa. Konsorcium bylo založeno v roce 1993 a od té doby se specifikace DVB staly fakticky normami v oblasti digitální televize nejen v Evropě, ale i ve světě. Specifikace DVB vydává Evropský telekomunikační institut ETSI v spolupráci s Evropskou unií pro televizní a rozhlasové vysílání EBU. DVB dnes nabízí různé úrovně kvality od televize s nízkou rozlišovací schopností LDTV přes standardní televizi SDTV až po televizi s vysokou rozlišovací schopností HDTV a od monotónního zvuku, přes stereofonní až po prostorový zvuk 5.1 (Dolby Digital).

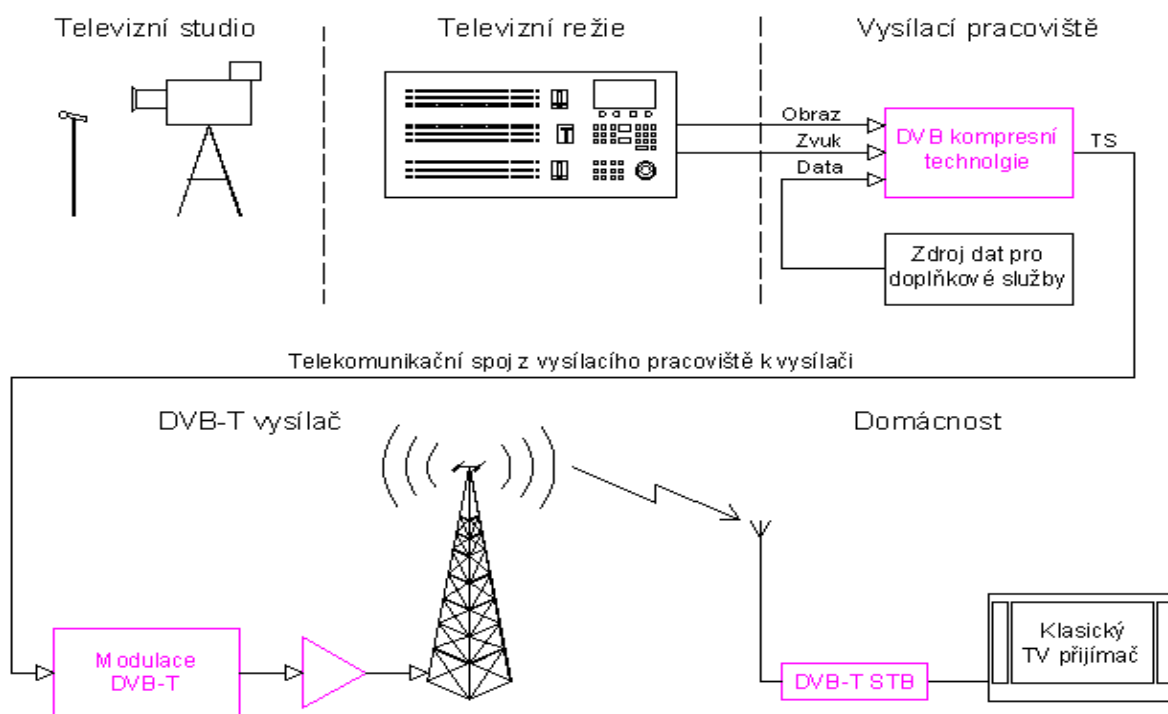
Digitální televize (DVB) je novou technologií umožňující vysílání a přenos audiovizuální informace prostřednictvím zemského, kabelového nebo satelitního vysílání. Jedním ze základních rozdílů analogové a digitální televize je, že audiovizuální informace není reprezentována spojitým signálem, ale diskretním signálem, který je tvořen posloupností 1 a 0, zatímco analogové vysílání spočívá ve změně intenzity vyzařování elektromagnetického vlnění. Přínosem DVB je zejména vyšší kvalita obrazu i zvuku, efektivní využití kmitočtového spektra (umožnění vysílání více TV programů), interaktivita služeb atd.

Jsou známé tři základní způsoby digitální způsoby televizního vysílání: družicové DVB-S, kabelové DVB-C a pozemské DVB-T a nejnovější DVB-H pro příjem televize v kapesním přijímači.

Od roku 2000 se specifikace DVB rozšířily na interaktivní televizi, set-top boxy založené na řešení pomocí softwaru, mobilní příjem v automobilech, mobilní příjem v přijímačích typu mobilní telefon (DVB-H), širokopásmový internet, otevřené normy platformy multimediálních domácích zařízení MHP.[4],[11]

1.2.2 Digitální vysílání

DVB-T – zemské digitální televizní vysílání, je šířeno pozemními vysílači. Digitální vysílání se přenáší stejně jako analogové ve formě elektromagnetického rádiového signálu. Tento signál se přijímá vhodnou anténou a data, která jsou v signálu obsažena, se zpracovávají a mění na obraz, zvuk a doprovodné informace (EPG) ve vstupní jednotce televizního přijímače v digitálním tuneru. Představuje nejlevnější způsob, jak se dostat k digitální televizi. Jde také o jediný nezaplatněný příjem televize. V České republice využívá zemský příjem televize zatím největší počet těch domácností, které jsou v dosahu digitálního signálu. [8]



Obrázek 1. Televizní řetězec [21]

Princip DVB-T spočívá v digitalizaci vstupních obrazových a zvukových signálů, v redukci datového toku informace (v odstranění redundance a relevance a v podvzorkování chrominancních složek obrazu), v kompresi signálu, ve sloučení více TV programů, případně jiných signálů, do jednoho balíku (multiplexu – vytvoření tzv. „kontejneru“), vytvoření ochrany užitečného datového toku různými kódovacími metodami a tzv. prokládání (interleaving), použití digitální modulací (QAM, QPSK), aplikování COFDM (tj. vytvoření několika tisíc nosných v kanálu), vložení ochranného intervalu v samotném vysílání.

Digitální televize dle standardu DVB (ale i ATSC) komprimuje digitalizovaný obrazový signál do formátu MPEG2, který byl zvolen především pro svoji flexibilitu (norma připouští různé snímkové kmitočty i různé počty řádků, prokládaných či neprokládaných), stabilitu (je možno si zvolit různé úrovně kvality výsledného obrazu což má přímý vliv na bitovou rychlost), nesymetričnost (komplikovaný je pouze kodér, dekodér je naopak jednoduchý a levný) a otevřenost. Pro kompresi zvuku v systému DVB byl původně uvažován pouze algoritmus MPEG2 Layer II a to i pro vícekanálový zvukový doprovod. Nicméně situace se vyvinula podobně jako u DVD a velmi záhy byl sdružením DVB, jako alternativa, povolen i vícekanálový zvukový systém Dolby Digital, který je používán v systému ATSC.

Po technické stránce systém DVB-T vychází z normy ETS EN 300 744 (systém zdrojového kódování redukce dat, kde MPEG-2 je zdrojové kódování, které je předmětem normy ISO/IEC 13818). Technická kritéria, principy a postupy koordinace kmitočtů jsou řešeny v mnohostranné koordinační dohodě, která byla podepsána v Chestru v Anglii roku 1997, a která se zkráceně označuje CH97.

Digitální TV vysílání se realizuje v doposud využívaných TV pásmech, tj. III. TV pásmo VHF (174 až 230 MHz) a IV. a V. TV pásmo (470 až 862MHz). Šířka kanálu se v porovnání s analogovým vysíláním nemění – zůstává 8, příp. 7 MHz nebo 6MHz.

Za hlavní charakteristiky DVB-T je možné považovat:

- vysílání více TV programů v jednom TV kanálu (obvykle 3 až 5 TV programů v standardní kvalitě SDTV, která odpovídá analogovému přenosu PAL, rozlišení obrazu 720 x 576 bodů, všechno v závislosti na požadované kvalitě a na způsobu řízení přenosové rychlosti),
- možnost přenosu několika zvukových doprovodů (od monotónního zvuku až po prostorový zvuk Dolby Digital AC3),

- možnost přenosu jiných datových toků, např. rozhlasové programy a toky dalších služeb pro účely zábavy, nebo obchodu (platforma MHP),
- pružná volba kvality obrazu a zvuku (včetně kvality HDTV) až do maximálního přenosového toku vybraného módu DVB-T,
- vysoká bezpečnost metod ochrany pro podmíněný přístup k placeným programům či službám (CA - Conditional Access),
- zlepšení kvality příjmu zejména v oblastech s odrazy, které jsou při analogovém přenosu rušivé, při digitálním přenosu však díky ochrannému intervalu nemají takový rušivý vliv,
- možnost budování tzv. jednokmitočtových vysílacích sítí (SFN), tj. stejný multiplex programů se vysílá sítí vysílačů na jediném kmitočtu, přičemž tyto vysílače se vzájemně neruší, naopak, za určitých podmínek podporují (úroveň signálů se sčítá). To má zásadní vliv na úsporu kmitočtového spektra,
- možnost používat přenosné přijímače s jednoduchými anténami, např. v pohybujičích se dopravních prostředcích (jen speciální konstrukce přijímačů na bázi diverzifního příjmu),
- na pokrytí území postačující vysílače s menším výkonem. [4],[16]

1.3 Porovnání analogového a digitálního vysílání

1.3.1 Nevýhody analogového vysílání

Pro TV vysílání, podobně jako pro každé radiové vysílání, platí, že informace (obraz, zvuk, data ...) se přenáší na jedné, nebo několika nosných elektromagnetických vlnách.

Podstatou pozemského analogového TV vysílání je, že snímaný obraz a zvuk jsou přeměněny na spojitý analogový elektrický signál, kterým je modulovaná nosná vlna vysílače.

Za charakteristické vlastnosti analogového TV vysílání lze považovat:

- v jednom TV kanálu o šířce 8 MHz se přenáší jeden TV program (se zvukovým doprovodem, resp. zvukovými doprovody),
- na mnoha místech (zejména místech bez přímé viditelnosti na vysílač) dochází k degradaci signálu způsobeného mnohacestným šířením (v obraze vidíme tzv. „duchy“, nízkou úroveň signálu (obraz je zašuměný) atd.,

- kvalitní příjem analogového TV signálu je možný jen pomocí vnější, pevně zabudované antény (např. na střeše domu),
- na pokrytí určitého území jsou potřeba vysílače s poměrně velkým vyzářeným výkonem (na Slovensku až 600 kW kde se zejména uplatňuje vliv terénních nerovností – hory),
- sousední vysílače nemohou kvůli možnému rušení vysílat na stejném TV kanálu (ochranná vzdálenost je závislá na výkonu vysílačů), důsledkem jsou značné nároky na kmitočtové spektrum,
- nevýhodou je také nemožnost sledovat televizi za pohybu.

1.3.2 Hlavní výhody a nevýhody DVB-T

Hlavní výhody zemské digitální televize jsou:

- značná odolnost proti nežádoucím vlivům okolního prostředí (souvisí s kvalitou obrazu – obraz bez „duchů“ a šumů)
- podstatně vyšší využitelnost vysokofrekvenčního přenosového kanálu než u analogové televize, při výborné kvalitě obrazu možnost současného přenosu 4 až 6 programů (nejen televizních) v jednom kanálu,
- možnost vytváření jednofrekvenčních vysílacích sítí, tedy opět úspora vysokofrekvenčního spektra.

Z hlediska zúčastněných stran přinese DVB-T následující výhody:

- pro diváky: zvýšení počtu programů, zvýšení kvality obrazu a zvuku (odstranění „sněžení“ a „duchů“) a poskytování doplňkových služeb, možnost vnitřního přenosného, případně mobilního příjmu,
- pro programové společnosti (vysílatele): ušetření nákladů na vysílání v přepočtu na jeden program a ušetření přenosové kapacity,
- pro průmysl: stimulace nabídky na externí přijímače (set-top boxy) a kompletní přijímače iDTV a vysílací zařízení,
- pro regulační orgán telekomunikací: optimální využití kmitočtového spektra vlivem možnosti budování sítí SFN.

Nevýhody:

- pro diváky: investování do digitálních přijímačů (tzv. set-top boxy, měly by být nabízeny za přiměřenou cenu), ke každému analogovému televizoru je nutné

zakoupit jeden set-top box, při společném příjmu náklady na rozvody STA (nové konvertory, nové rozvody v UHF pásmu),

- pro programové společnosti (provozovatele): digitalizace TV studií z hlediska výstupního signálu, nutná investice do vybavení studií, mohou nastat problémy kvality obrazu při vysílání, když je příliš mnoho programů a může nastat tzv. „kostičkování“ a neostrost dynamických scén,
- pro provozovatele vysílacích sítí: získání dostatečných investic na vybudování vysílací sítě.

Celkové nevýhody pro všechny: případný nekvalitní signál může trpět občasnými výpadky obrazu a zvuku, které se projeví v lepším případě krátkým „zamrznutím“ obrazu, v tom horším „černou obrazovkou“ pro dobu jednotek sekund. [2],[4],[13], [17]

1.3.3 Problémy s příjmem analogové televize

V analogové televizi se objevují „efekty sněžení“ způsobené příliš slabou úrovní signálu. Dalším rušivým faktorem jsou tzv. „duchy“ způsobené odrazy, které se objeví v obrazu v důsledku přítomnosti odrazů na přijímací anténě. Nepříjemný rušivý vliv je intermodulace (rušení z toho samého kanálu, příp. vedlejšího) a rušení z impulzivních rušících zdrojů, např. blízkého neodrušeného termostatu. [9]

1.3.4 Možné problémy s příjmem digitální pozemské televize

V případě digitální televize je obraz teoreticky stoprocentní nebo žádný. Jakýkoliv silný krátkodobý rušivý efekt má na digitální televizi mnohem větší dopad než na analogovou, protože analogové televizi se rušivý efekt projeví krátkodobou odezvou např. pásem přes obraz, případně praskáním zvuku, ale v případě digitální televize to může znamenat úplný výpadek obrazu a zvuku i na několik sekund (záleží na odezvě dekodéru v přijímači), obraz čtverečkuje, mrzne, chyby ve zvuku se projevují štěkáním apod.

Pro analogovou televizi může být takovýto výpadek sice nepříjemný, avšak pro digitální televizi znamená skok z výborné kvality obrazu na téměř žádný obraz a zvuk. Proto byly stanoveny hodnoty (v procentech) ochrany služeb analogové a digitální televize. V případě analogové by to mělo 95% času a v případě digitální až 99% času, právě kvůli výše uvedeným jevům. [4],[12]

1.4 Definice pokrytí službou DVB-T

Pokrytí službou digitální televize je charakterizované podle dohody CH97, velmi rychlým přechodem od téměř dokonalého příjmu k žádnému příjmu. Proto se stává rozhodující schopnost definovat, které oblasti budou pokryty a které ne. Kvůli velmi rychlému přechodu na systém DVB-T by však vysoko stanovený požadavek na dokonalé pokrytí malého území (např. 100 x 100 m) vyšel příliš drah. To by nastalo proto, protože by bylo potřeba buď zvýšit výkony vysílačů, nebo zvýšit počet vysílačů s cílem zaručit pokrytí i velmi malého procenta malých území s nedostatečným pokrytím.

Evropský systém digitální televize (DVB – Digital Video Broadcasting) spočívá v úpravě snímaného zvukového a obrazového signálu do normalizovaného (podle MPEG-2) toku digitálního signálu, ve dvou úrovních (vnější a vnitřní) ochrany signálu, ve snížení množství přenášených informací omezením jejich nadbytečnosti (komprese digitálního toku), v moderní modulaci vysílané vysokofrekvenční nosné vlny (metoda (C)OFDM) a po příjem vysokofrekvenční nosné vlny televizorem v demodulování a na audio- a videosignál. Výhody zemské digitální televize jsou: přijímaný obraz a zvuk prakticky studiové kvality, značná odolnost proti vnějším rušivým vlivům, mnohonásobná využitelnost vysokofrekvenčního přenosového kanálu, kromě televizních programů možnost přenosu programů rozhlasových a dalších dat včetně dílčích dat Internetu, úspora vysokofrekvenčního spektra (možnost vytváření jednofrekvenčních vysílacích sítí), nevylučuje se možnost mobilního příjmu. [1],[13],[21]

1.4.1 Druhy příjmu signálů DVB-T

Vzhledem k možnostem, které DVB-T svojí strukturou a principy poskytuje, se z hlediska plánování pokrytí uvažují čtyři druhy příjmu:

- a) Pevný příjem („fixed antenna reception“) – příjem se směrovou anténou na střeše budovy,

Pevný příjem je definován jako „příjem, při kterém se používá směrová přijímací anténa umístěna na úrovni střechy“.

Při výpočtech intenzity pole pro pevný příjem se za reprezentativní považuje výška přijímací antény 10 m nad zemí. Předpokládá se použití směrových přijímacích antén.

- b) Přenosný příjem („portable antenna reception“):

- vnější („outdoor“) – příjem přenosným přijímačem s připojenou nebo vestavěnou anténou mimo budovy, s anténou ve výšce max. 1,5m nad zemí,

- vnitřní („indole“) – příjem s přepojenou nebo vestavěnou anténou uvnitř budovy ve výšce max. 1,5 m nad podlahou místnosti:
 - v přízemí,
 - s oknem na vnější stěně.

Při obou typech vnitřního příjmu se počítá s tím, že:

- optimálního příjmu se dosáhne při pohybu antény do vzdálenosti 0,5 m v libovolném směru,
- v průběhu příjmu se již přenosným přijímačem nahýbe a též se nehýbe s velkými předměty, které se nacházejí v blízkosti přijímače,
- neuvažuje se příjem v extrémních podmínkách, např. v úplně elektromagneticky stíněné místnosti,
- pro optimalizaci příjmu se vyvíjí tzv. diverzitní přijímače pro přenosný a mobilní příjem DVB-T.

Přenosový příjem v prvním, nebo vyšším poschodí se považuje za příjem třídy B, přičemž se používají korekce úrovně signálu, avšak přenosný příjem v přízemí dobu je asi nejčastějším případem praktického příjmu.

Podmínky při přenosném příjmu se od pevného příjmu liší v:

- neexistenci zisku a směrovosti přijímací antény;
- zmenšeném útlumu napáječe;
- všeobecně nižší přijímací výšce;
- v tlumení průnikem budovou v případě vnitřního příjmu.

Předpokládá se, že přenosný přijímač a přijímač pro pevný příjem mají stejné šumové číslo, a to 7 dB.

- c) Mobilní příjem – příjem při pohybu s jednoduchou všesměrovou (prutovou) anténou umístěnou max. 1,5 m nad zemí, nebo diverzitní příjem použitím diverzitního přijímače a více všesměrových (minimálně dvou) antén pro zamezení Dopplerova efektu kmitočtového posuvu. [17],[21],[22]

1.4.2 Antény na přenosný příjem

Anténa přenosového přijímače je všesměrová, a její zisk (vztáhnutý k $\lambda/2$ dipólu) je 8dB v případě UHF antény a -2,2 dB v případě VHF antény. Předpokládá se, že útlum napáječe přenosného přijímače je ve všech pásmech 0 dB. Všeobecně není možné očekávat od tohoto typu antény (pro přenosný příjem) žádnou polarizační diskriminaci.

Zatímco u analogového přenosu se v průběhu cesty signálu pozvolně (a někdy i dost značně) zhoršuje kvalita, je u digitálního systému možné poměrně jednoduchými metodami signál „vyčistit“, takže mezi vstupem a výstupem kanálu nelze téměř zaznamenávat rozdíl.

Digitální systémy jsou velmi úsporné, pokud se týče využití kmitočtového spektra. Do kanálu, který byl schopen přenášet analogově jediný televizní program, lze při použití digitálního přenosu s kompresí MPEG 2 umístit 4 až 8 televizních programů srovnatelné kvality. Další výhodou je okolnost, že při digitálním přenosu jde vždy o přenos dat, a to bez ohledu na to, zda jde o přenos pohyblivých obrázků, telefonních hovorů, počítačových programů nebo třeba datových souborů. Příslušná přenosová zařízení se tak stávají univerzálními a jednotlivé dříve specializované sítě splývají do jediného systému.

Pro přenos digitalizovaného televizního signálu v plné kvalitě je nutný poměrně veliký datový tok. Bez použití komprese je nutné přenést tok o velikosti 270 Mbitů/s. Protože to je příliš velká hodnota, byly zavedeny kompresní metody, které dovolily tento datový tok snížit nejprve na hodnotu 34 Mbitů/s a poté (MPEG 2) až na toky 8 a méně Mbitů/s. Zavedení komprese ovšem znamená určité omezení kvality signálu a znesnadňuje jeho další režijní zpracování.[2],[3],[5],[6]

1.5 Kmitočtová pásma a úrovně DVB-T

Kmitočtová pásma pro zavádění DVB-T v Evropské vysílací oblasti jsou 174-230MHz a 470-862 MHz. CEPT však požaduje kmitočtové pásmo 216-230 MHz za nosné pásmo pro T-DAB v pásmu VHF.

1.5.1 Úroveň signálu DVB-T

Protože změna od téměř dokonalého příjmu k žádnému je velmi rychlá, je potřebné, aby minimální požadovaná úroveň signálu byla dosažena ve vysokém procentu míst. Toto procento je stanoveno na 95% pro „dobrý“ a na 70% pro „přijatelný“ příjem. Z toho mohou být odvozeny odpovídající minimální mediální úrovně signálu, přičemž se zohlední prvky šíření tak, aby se zaručilo, že v definovaném procentu míst se dosáhne těchto minimálních hodnot. Uvedená čísla jsou odvozena za předpokladu, že šumové číslo přijímače je 7 dB.

Minimální mediální úroveň signálu se počítají pro:

- kanály se šířkou 8 MHz; při kanálech se šířkou 7 MHz se od příslušných výsledků uvedených v tabulkách minimálních ekvivalentních intenzit pole odečte 0,6 dB;
- tři různé příjmové situace:

- pevný příjem;
 - vnější přenosný příjem (třída A);
 - vnitřní přenosný příjem v přízemí domu (třída B);
- kmitočty reprezentující pásmo III, pásmo IV a pásmo V: 200, 500 a 800 MHz;
- reprezentativní poměry C/N: 2, 8, 14, 20 a 26 dB, včetně zaváděcího faktoru 3dB.
- [17], [21],[22]

1.6 Varianty systému DVB-T

Systém DVB-T svou variabilitou poskytuje celou řadu variant. Základní dělení je dané počtem nosných kmitočtů v rámci tzv. multiplexu COFDM, a to:

- systém 2k (1705 nosných v jednom TV kanálu širokého 7, resp. 8 MHz);
- systém 8k (6817 nosných v jednom TV kanálu širokého 7, resp. 8 MHz);
- další varianty se liší způsobem modulace (QPSK, 16-QAM nebo 64-QAM), kódovým poměrem (tzv. konvolučním kódem – 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 nebo 7/8 – jinak označovaným FEC) a ochranným intervalem ($D/T_u = 1/4, 1/8, 1/16$ nebo $1/32$). To vše má vliv na tzv. čistou přenosovou bitovou rychlost (4,98 až 31,67 Mbit/s, z čehož vyplývá, kolik TV programů, resp. jiných služeb je možné přenášet v rámci jednoho TV kanálu) a na tzv. robustnost systému (tj. odolnost proti narušení kvalitního příjmu v různých příjmových podmínkách).
- Systém DVB-T umožňuje současně přenášet jednu modulaci v druhé, např. QPSK v 64-QAM. Tento způsob modulace se nazývá hierarchickou modulací. Samostatné modulace QAM a QPSK jsou nehierarchické přenosové varianty. Hierarchický přenos tedy umožňuje, aby z určitého balíku programů byly programy vysílány sice s různou přenosovou bitovou rychlostí, ale o to robustněji. Tento fakt je možné výhodně využít např. na vysílání určené pro mobilní příjem. Mimoto, detailní struktura modulace umožňuje, aby modulace byla tzv. uniformní nebo neuniformní, což má vliv na požadovaný odstup signálu od šumu na vstupu přijímače DVB-T, a tedy na požadovanou intenzitu elektromagnetického pole.

Tabulka 1 Požadované C/N (dB) pro nehierarchické vysílání pro dosažení $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ za Viterbiho dekódovačem pro všechny kombinace kódových poměrů a typů modulace. Jsou tu uvedeny i čisté bitové rychlosti za Reed-Solomonovým dekódovačem. [4]

			Požadované C/N pro $BER=2 \cdot 10^{-4}$ za Viterbiho dekódovačem, (kvazi-bezchybné za Reed-Solomonovým dekódovačem)			Čistá bitová rychlost (Mbit/s)			
Varianta systému	Modulace	Kódový poměr	Gaussův Kanál	Riceův kanál (F_1)	Rayleigho kanál (P_1)	$D/T_u = 1/4$	$D/T_u = 1/8$	$D/T_u = 1/16$	$D/T_u = 1/32$
A1	QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	8,85	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
B1	16QAM	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
B2	16QAM	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
B3	16QAM	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
B5	16QAM	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
B7	64QAM	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
C1	64QAM	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
C2	64QAM	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
C3	64QAM	3/4	18,0	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
C5	64QAM	5/6	19,3	20,0	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
C7	64QAM	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31,97

1.6.1 Varianta C2 (CH97)

1. stupeň protichybové ochrany
RS kód (188, 204, 8)
2. stupeň protichybové ochrany
konvoluční kód (FEC) 2/3
vysílací mód 8k
modulace 64-QAM
ochranný interval ($D/T_u = 1/4$)
užitečný přenosový tok 19,91 Mbit/s

1.6.2 Varianta B2 (CH97)

1. stupeň protichybové ochrany
RS kód (188, 204, 8)
2. stupeň protichybové ochrany
konvoluční kód 2/3
vysílací mód 8k

modulace 16-QAM

ochranný interval ($D/T_u = 1/4$)

užitečný přenosový tok 13,27 Mbit/s

Z toho potom vyplývají požadavky na intenzitu elektromagnetického pole (na účely plánování vysílačů).

Volba uvedených módů vychází i z předpokladu, že bude vysílání DVB-T perspektivně založeno na budování jednokmitočtových sítí SFN. Pro mnohokmitočtovou síť MFN by vyhovoval provoz s vysílacím módem 2k a s poměrem ochranného intervalu $D/T_u = 1/16$.

Varianta C2 je vhodná pro kvalitní přenos čtyř TV programů v jednom multiplexu bez použití statistického multiplexování (tj. bez dynamické změny přenosové rychlosti pro jednotlivé TV programy podle momentálního obsahu scény). Při statistickém multiplexování je možné počítat s pěti TV programy v jednom multiplexu bez doplňkových rozhlasových služeb, přitom se uvažuje zachování přiměřené kvality obrazu bez viditelného čtverečkování.

Varianta B2 je vhodná pro kvalitní přenos tří TV programů v jednom multiplexu bez použití statistického multiplexování. Při statistickém multiplexování je možné počítat se čtyřmi TV programy v jednom multiplexu bez vysílání dalších doplňkových např. rozhlasových služeb.[4], [22],[23]

1.7 Přenos TV signálu obecně

Analogový obraz a zvuk je převeden do digitální formy (nekomprimovaný formát ITU R-601). Aby bylo možné číslicový signál přenášet musí se poměrně složitým způsobem komprimovat (zdrojově kódovat) tak, aby jej bylo možné přenášet v analogovém televizním kanále s kvalitou obrazu a srovnatelnou s analogovými standardy PAL, NTSC, SECAM. Přičemž se počítá s úsporou frekvenčního spektra, v jednom analogovém kanálu CAM. Přičemž se počítá s úsporou frekvenčního spektra, v jednom analogovém kanálu přenášíme více televizních programů. Komprimovaný číslicový signál je třeba zabezpečit proti chybovým opatřením (kanálové kódování). Mutlplex televizních programů není přenášen na jedné nosné, ale na tisících nosných v systému OFDM a používají se digitální vícecestavové modulace m-QAM, QPSK. Systém digitální televize tedy může využít možnost šíření více televizních programů na jedné frekvenci více vysílači (sítě SFN).[4]

1.7.1 Přenosová kapacita (počet multiplexů)

Při stanovení počtu potřebných multiplexů je vhodné vycházet ze současného, resp. perspektivního počtu TV programů.

Všechny stanice vysílají v systému s běžnou standardní rozlišovací schopností 720 x 576 bodů (SDTV), poměr obrazu 4:3. Některé stanice vysílají ve kvalitě HDTV 1920x1080 bodů, s poměrem stran obrazu 16:9. V jednom TV kanálu se šířkou 8MHz je možné přenášet jen jeden program HDTV, v normě MPEG-2. Po úspěšném zavedení nového způsobu komprese MPEG-4 do soustavy HDTV je možný přenos i více než jednoho programu v rozlišení HDTV. [1],[4],[25]

Tabulka 2 Minimální úrovně napětí a intenzity elmag. pole pro kanály vysílaných DVB-T služeb v Čechách a na Slovensku (pevný příjem)[4]

Provozovatel	K	TV pásmo	Šířka pásmo [MHz]	Variant	Min. C/N [dB]	U_{smin} [dB μ V] 75 Ω	E_{min} [dB μ V/m]	E_{med} (95%) [dB μ V/m]
České Radiokomunikace	25	IV.	8	C2	20	31	44	53
Cz. Digital group	46	V	8	C2	20	31	48	57
B Plus TV a.s.	28	IV	8	C2	20	31	44	53
Český Telecom	25	IV.	8	C2	20	31	44	53
Český Telecom	64	IV.	8	C2	20	31	48	57
Telecom corp.	44	V.	8	C2	20	31	48	57
Slovak Telecom, Rádiokomunikace o.z.	59	V.	8	C2	20	31	48	57
Slovak Telecom, Rádiokomunikace o.z.	66	V.	8	C2	20	31	48	57

Vysvětlivky:

Min. C/N – minimální odstup C/N požadovaný systéme,

U_{smin} [dB μ V] – minimální ekvivalentní úroveň na vstupu přijímače, 75 Ω ,

E_{min} [dB μ V/m] – minimální ekvivalentní intenzita pole v místě příjmu,

E_{men} [dB μ V/m] – minimální mediánní ekvivalentní intenzita pole (pravděpodobnost 95%) ve výšce 10 m nad zemí pro 50% času a 50% míst.

Tabulka 3 Minimální úrovně napětí a intenzity elektromagnetického pole pro kanály vysílaných DVB-T služeb v Čechách a na Slovensku (vnější přenosný příjem)[4]

Provozovatel	K	TV pásmo	Šířka pásma [MHz]	Variant	Min. C/N [dB]	U_{smin} [dB μ V] 75 Ω	E_{min} [dB μ V/m]	E_{med} (95%) [dB μ V/m]
České Radiokomunikace	25	IV.	8	C2	20	31	51	72
Cz. Digital group	46	V	8	C2	20	31	55	76
B Plus TV a.s.	28	IV	8	C2	20	31	51	72
Český Telecom	25	IV.	8	C2	20	31	51	72
Český Telecom	64	IV.	8	C2	20	31	55	76
Telecom corp.	44	V.	8	C2	20	31	55	76
Slovak Telecom, Rádiokomunikace o.z.	59	V.	8	C2	20	31	55	76
Slovak Telecom, Rádiokomunikace o.z.	66	V.	8	C2	20	31	55	76

Tabulka 4 Minimální úroveň napětí a intenzity elmag. pole pro kanály vysílaných DVB-T služeb v Čechách a na Slovensku (vnitřní přenosný příjem)[4]

Provozovatel	K	TV pásmo	Šířka pásma [MHz]	Variant	Min. C/N [dB]	U_{smin} [dB μ V] 75 Ω	E_{min} [dB μ V/m]	E_{med} (95%) [dB μ V/m]
České Radiokomunikace	25	IV.	8	C2	20	31	51	84
Cz. Digital group	46	V	8	C2	20	31	55	88
B Plus TV a.s.	28	IV	8	C2	20	31	51	84
Český Telecom	25	IV.	8	C2	20	31	51	84
Český Telecom	64	IV.	8	C2	20	31	55	88
Telecom corp.	44	V.	8	C2	20	31	55	88
Slovak Telecom, Radiokomunikace o.z.	59	V.	8	C2	20	31	55	88
Slovak Telecom, Radiokomunikace o.z.	66	V.	8	C2	20	31	55	88

1.8 Zdrojové kódování obrazu a zvuku

1.8.1 Bitová rychlost nekomprimovaného digitálního signálu

Při 8bitovém kvantování a vzorkovacím kmitočtu 13,5MHz pro televizní normu s 625 řádky a 25 snímky za sekundu je potřebné následující bitová rychlost:

Pro jasový signál se 864 obrazovými body (pixely) čili vzorky na jednom řádku (vzorkovací kmitočet 13,5 MHz)

$$864 \cdot 625 \cdot 8 \cdot 25 = 108 \text{ Mbitů/s při 10bitovém kvantování)}$$

Pro každý chrominanční signál (vzorkovací kmitočet C_B a C_R je 6,75 MHz)

$$432 \cdot 625 \cdot 8 \cdot 25 = 54 \text{ MBitů/s (67,5 Mbitů/s při 10bitovém kvantování)}$$

Celkový bitový tok

$$108 + 2,54 = 216 \text{ Mbitů/s (270 Mbitů/s při 10bitovém kvantování)[4]}$$

2 MPEG-2

Digitální televize dle standardu DVB (ale i ATSC) komprimuje digitalizovaný obrazový signál do formátu MPEG2, který byl zvolen především pro svoji flexibilitu (norma připouští různé snímkové kmitočty i různé počty řádků, prokládaných či neprokládaných), stabilitu (je možno si zvolit různé úrovně kvality výsledného obrazu což má přímý vliv na bitovou rychlost), nesymetričnost (komplikovaný je pouze kodér, dekodér je naopak jednoduchý a levný) a otevřenost. Pro kompresi zvuku v systému DVB byl původně uvažován pouze algoritmus MPEG2 Layer II a to i pro vícekanálový zvukový doprovod. Nicméně situace se vyvinula podobně jako u DVD a velmi záhy byl sdružením DVB, jako alternativa, povolen i vícekanálový zvukový systém Dolby Digital, který je používán v systému ATSC.

Po technické stránce systém DVB-T vychází z normy ETS EN 300 744 (systém zdrojového kódování redukce dat, kde MPEG-2 je zdrojové kódování, které je předmětem normy ISO/IEC 13818). Technická kritéria, principy a postupy koordinace kmitočtů jsou řešeny v mnohostranné koordinační dohodě, která byla podepsána v Chestru v Anglii roku 1997, a která se zkráceně označuje CH97.

Digitální TV vysílání se realizuje v doposud využívaných TV pásmech, tj. III. TV pásmo VHF (174 až 230 MHz) a IV. a V. TV pásmo (470 až 862MHz). Šířka kanálu se v porovnání s analogovým vysíláním nemění – zůstává 8, příp. 7 MHz nebo 6MHz.

Za hlavní charakteristiky DVB-T je možné považovat:

- vysílání více TV programů v jednom TV kanálu (obvykle 3 až 5 TV programů v standardní kvalitě SDTV, která odpovídá analogovému přenosu PAL, rozlišení obrazu 720 x 576 bodů, všechno v závislosti na požadované kvalitě a na způsobu řízení přenosové rychlosti),
- možnost přenosu několika zvukových doprovodů (od monotónního zvuku až po prostorový zvuk Dolby Digital AC3),
- možnost přenosu jiných datových toků, např. rozhlasové programy a toky dalších služeb pro účely zábavy, nebo obchodu (platforma MHP),
- pružná volba kvality obrazu a zvuku (včetně kvality HDTV) až do maximálního přenosového toku vybraného módu DVB-T,
- vysoká bezpečnost metod ochrany pro podmíněný přístup k placeným programům či službám (CA - Conditional Access),

- zlepšení kvality příjmu zejména v oblastech s odrazy, které jsou při analogovém přenosu rušivé, při digitálním přenosu však díky ochrannému intervalu nemají takový rušivý vliv,
- možnost budování tzv. jednokmitočtových vysílacích sítí (SFN), tj. stejný multiplex programů se vysílá sítí vysílačů na jediném kmitočtu, přičemž tyto vysílače se vzájemně neruší, naopak, za určitých podmínek podporují (úroveň signálů se sčítá). To má zásadní vliv na úsporu kmitočtového spektra,
- možnost používat přenosné přijímače s jednoduchými anténami, např. v pohybujiících se dopravních prostředcích (jen speciální konstrukce přijímačů na bázi diverzitního příjmu),
- na pokrytí území postačující vysílače s menším výkonem. [4],[16],[25]

2.1 MPEG-2 – funkce a výhody

MPEG-2 je ztrátový komprimační datový formát, který slouží ke snížení datového toku a tím i velikosti výsledného souboru u digitálně zpracovávaných videozáznamů při co nejmenším viditelném zhoršení kvality po dekomprimaci. Jeho předchůdcem je formát MPEG-1 a dokonalejším technologickým nástupcem formát MPEG-4.

MPEG-2 je standardním formátem užívaným pro ukládání a přenos videa na DVD, nebo při distribuci digitálního televizního signálu DVB-T. U aplikací, které vyžadují MPEG-2 komprimaci či dekomprimaci videa v reálném čase, jsou kladeny výrazně vyšší nároky na výpočetní kapacitu procesoru, než u formátu MPEG-1.

Písmena MPEG zkracují název expertní skupiny *Motion Pictures Experts Group*, která počátkem 90. let 20. století pracovala na standardizaci komprimačních formátů. Současně obecně pojmenovávají celou skupinu komprimačních MPEG formátů. MPEG-2 byl představen v roce 1994. [25]

Jak postupuje vývoj systémů pro kompresi obrazových signálů, objevuje se v poslední době mezi odbornou veřejností diskuse, zda by nebylo lepší pro digitální televizní vysílání DVB-T zavést některý z nových systémů, např. H.264 (označovaný také jako standard MPEG 4 Part 10 nebo ještě jinak jako MPEG-4 AVC, Advanced Video Coding).

Při kompresi obrazových dat podle standardů MPEG se docíluje úspor datového toku několika typy zpracování. Podstatou je redukce redundantních (nadbytečných) a irelevantních (nepodstatných) informací v televizním obrázku. Provádí se při tom zpracování v oblasti prostorové, kdy se (zjednodušeně řečeno) přenáší pouze informace o

např. určité barevné ploše v obrázku, zatímco normálně by se přenášela informace o každém jednotlivém bodu, dále redukce v oblasti časové, kdy se přenáší pouze změny dvou po sobě jdoucích snímků, dále redukce v oblasti vizuální, kdy jsou zanedbávány informace, které lidské oko stejně není prakticky schopno vyhodnotit, a konečně se provádí zpracování statistické, kdy se matematickými postupy snižuje objem přenesených dat. V tabulce jsou uvedeny hlavní metody používané u obou druhů kompresí. [4],[21],[25]

Tabulka 5 Hlavní metody používané u obou druhů kompresí [21]

redukce	MPEG-2	H.264 / MPEG-4 Part 10
prostorová	transformace DCT s bloky 8 × 8 pixelů	transformace Integer 4 × 4 s proměnnými bloky od 16 × 16 do 4 × 4 pixelů
časová	pouze sousední snímky jednoduché pohybové vektory pouze mezi-snímková predikce I, B a P snímky	vícenásobné snímky vážené pohybové vektory mezi- i intra-snímková predikce I, B a P řezy
vizuální	kvantizace a zaokrouhlování DCT koeficientů	deblokovací filtr
statistická	obecná metoda RLE	metoda Content Adaptive Binary Arithmetic Coding speciálně navržená pro H.264

2.2 Použití jednotlivých metod pro vysílání DVB-T:

Nejzávažnější argumenty, které hovoří pro či proti použití jednotlivých metod pro vysílání DVB-T.

2.2.1 Pro použití MPEG-2:

Kódovací a dekodovací technologie je velmi dobře propracována.

Know-how je široce rozšířeno jak v oblasti průmyslu, tak geograficky.

Výrobky všech typů (profesionální kodéry, integrované obvody pro dekodéry, apod.) jsou snadno dostupné od mnoha výrobců v plně konkurenčním prostředí.

Efektivita využití kmitočtového spektra je pro stávající služby dostatečná.

Licenční poplatky se platí pouze za dekodér.

Obrazové signály MPEG-2 jsou dekodovatelné na většině nových set top boxů vybavených již dekodérem H.264, takže budoucí migrace by byla snadná.

2.2.2 Proti použití MPEG-2:

Potřebuje více kmitočtového spektra pro určitý počet služeb, takže je jen malý prostor pro nové, dosud ještě nezavedené služby.

Jedná se o překonanou technologii, která se používá již více než 12 let.

2.2.3 Pro použití H.264:

Pro televizi se standardním rozlišením využívá kmitočtové spektrum efektivněji.

Při vysílání televize s vysokým rozlišením (HDTV) umožní do jednoho multiplexu umístit dva programy, zatímco při použití MPEG-2 lze zařadit pouze jeden program. To by nemuselo stačit pro získání dostatečného zájmu diváků.

V dané velikosti kmitočtového spektra lze provozovat více služeb. V případech, kdy je spektra nedostatek, jako například v období koexistence analogového a digitálního vysílání, použití systému H.264 poskytne více možností k přechodu na plně digitální vysílání.

Kombinací více služeb s určitou kvalitou se při statistickém multiplexování dosahuje větší efektivity kódovacího procesu.

Existuje možnost integrovat přijímač televize s vysokým i standardním rozlišením do jednoho čipu.

2.2.4 Proti použití H.264:

Produkty (profesionální kodéry, integrované obvody pro dekodéry) nejsou ještě v masové produkci. Kupující tak musí platit vyšší cenu za vývoj, tzv. daň za časný nákup.

Teoreticky dosažitelnou efektivitu využití spektra je potřeba ověřit v praxi. Nelze např. nyní odhadnout, kdy bude dosaženo televize s vysokým rozlišením (HDTV) při rychlosti 8 Mbit/s.

Vysoká efektivita využití spektra přináší riziko, že bude existovat snaha nevyužité části spektra přidělit jiným službám.

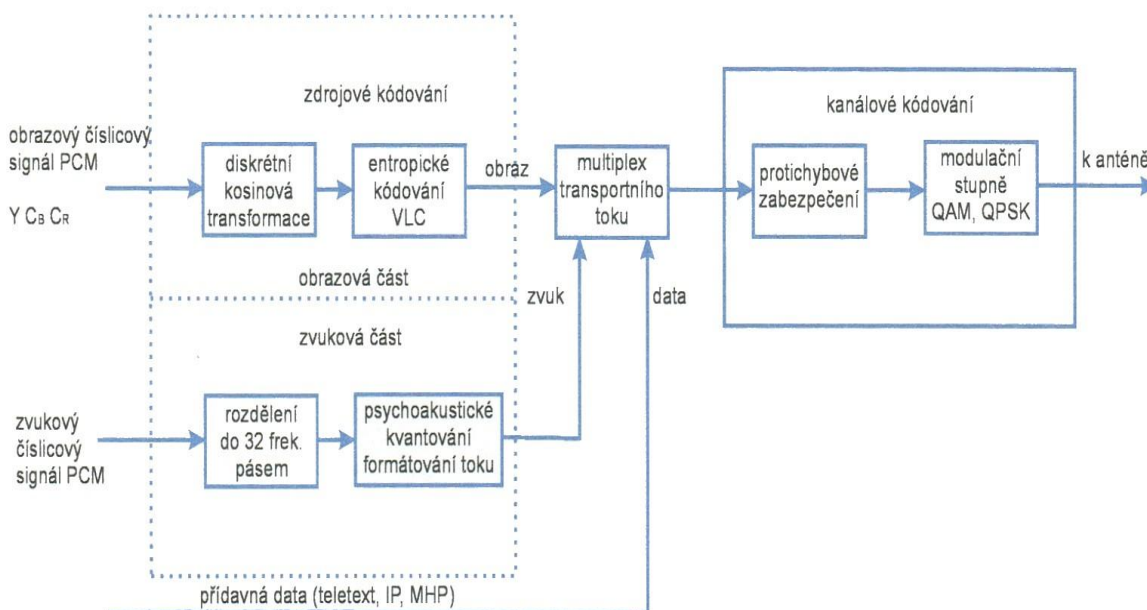
Licenční poplatky se platí za dekodér i kodér. Navíc není uspokojivě vyřešena otázka plateb za záložní jednotky, které jsou pro vysílací společnosti nezbytné. [21]

2.3 Vstupní formát obrazu pro kódování kompresí MPEG-2

Soustava MPEG-2 je soustava s mnohoznačným využitím, jak pro stupně rozlišení v signálu (standardní TV i HDTV) v jednom bitovém toku, tak pro různou kvalitu signálu uplatňující se při šíření za různých přenosových podmínek, či v různých přenosových prostředích, tj. při družicovém přenosu či přenosu pozemskými vysílači (systém DVB-T). podle způsobu zdrojového kódování se zmenšuje bitová rychlost číslicového signálu PCM

(s impulsní kódovou modulací) vstupujícího do kodéru ze 216 Mbitů/s u standardní televize na redukovanou rychlost 4-15 Mbitů/s. Komprimovaný bitový tok určený pro televizní kanál se dále kóduje kanálově, tj. opatřuje se zabezpečovacími bity proti poruchám (FEC), a to i za cenu zvětšení redundance (nadbytečnosti).

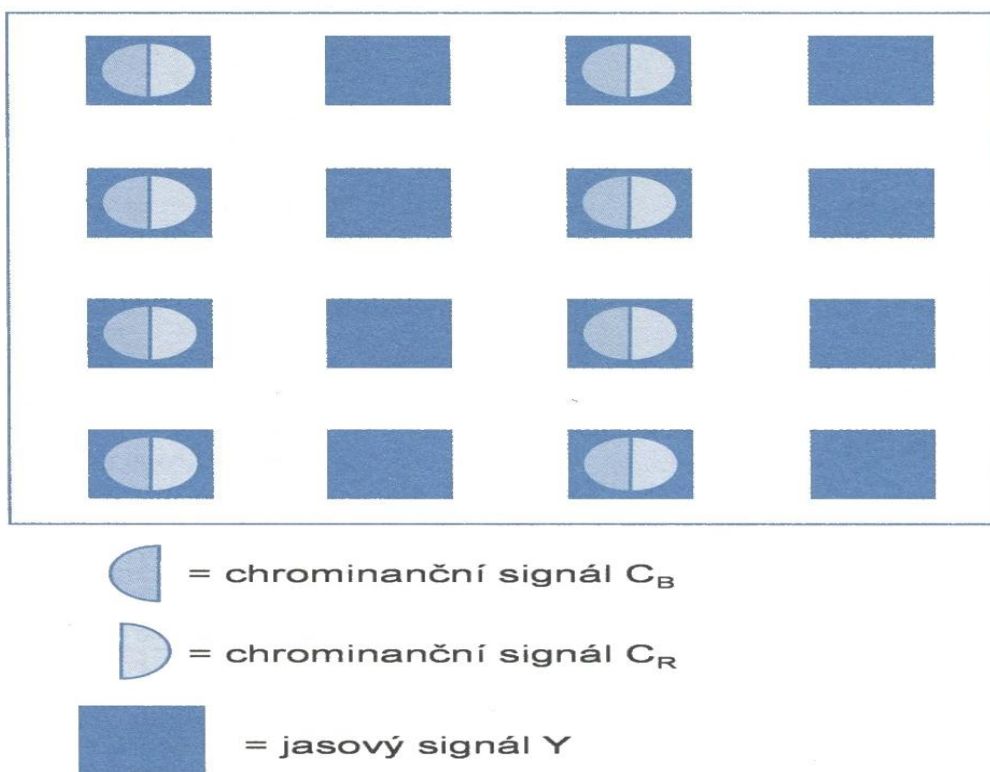
Nadbytečnost (redundance) digitálního signálu se zmenšuje snížením počtu bitů potřebných pro přenos, aniž by se signál viditelně zkruslil. Nejprve se tak děje pomocí diferenciální impulsní kódové modulace DPCM, která vytváří rozdíly dvou sousedních hodnot binárně kódovaného signálu. Zmenšení entropie signálu, a tím zmenšení počtu bitů (snížení bitové rychlosti) spočívá v transformační operaci, čili v transformačním kódování. Tím se rozumí nahrazení prostorového (plošného) rozložení hodnot vzorků TV signálu spektrem jeho frekvenčních složek s příslušnými amplitudami zvanými transformační koeficienty. Příkladem je diskretní kosinová transformace tvořící základ většiny komprimačních metod. Druhé hlavní zmenšení počtu bitů v datovém toku zajišťuje kódování s proměnnou délkou slova (VLC), označované ve schématech zdrojových kodérů jako entropické kódování, jedním z nich může být např. Hoffmanův kód. [4]



Obrázek 2 Zpracování TV signálu pro komprimované digitální vysílání[4]

Kodér MPEG-2 je složen jako rozvojová stavebnice umožňující různým složením kódovacích metod použít standard pro různé účely. Hlavní profil s hlavní úrovní se rozumí zpracování televizního signálu podle doporučení ITU-R 601 se 720 vzorky aktivním řádku a se 576 aktivními řádky. Na vstup kodéru přichází číslicový signál PCM. I když v dokonalejších seskupeních kodéru, tj. ve vysokém profilu zpracovává kodér číslicový

barevný televizní signál i s formátek 4:2:2, je pro hlavní profil třeba v obvodech předběžného zpracování přeměnit signál na formát 4:2:0.



Obrázek 3 Formát obrazu 4:2:2 ITU R 601 (YUV) [4]

Do vstupních obvodů pro předběžné zpracování je zařazen obvod pro přemístění snímků ve stanovených skupinách snímků I, B, P. U soustavy MPEG-2 mohou být voleny různé počty snímků B s roztečí M pro opakování snímků P, a se vzdáleností N snímků I. [4]

2.3.1 Predikce

Podstatou velkého ušetření bitů u soustav MPEG je redukce redundance v časové oblasti. Děje se tak na základě diferenční impulzní kódové modulace DPCM.

Vysoké bitové rychlosti číslicového přenosu s modulací PCM a požadavkem na velké kapacity paměti při úpravách a režijním zpracování v televizním studiu i v televizoru vyžadují snížení těchto rychlostí. DPCM se uplatňuje při moderních standardech komprimovaného televizního signálu. Je to zdrojové kódování, kde hodnota určitého vzorku v televizním řádku se oceňuje porovnáním její skutečné hodnoty s hodnotou např. některého dřívějšího vzorku.

2.3.2 Předpověď snímků a jejich druhy I, P, B

Modulace DPCM vytváří předpověď mezi snímky (inter frame), tj, vytváří rozdíl v hodnotách vzorků mezi současným snímkem a předchozím snímkem. Rozdíl se posuzuje v rozmezí makrobloků. Stav předcházejícího snímku se označuje jako snímek P a předpověď (predikaci) se nazývá dopřednou. Předpovídat se může podoba současného snímku též ze snímku, který bude následovat, ovšem je potřeba jej mít před vytvořením rozdílu v paměti. To je predikace zpětná. Vytváření rozdílů při jednosměrné predikaci se níží bitová rychlost asi dvakrát. Ještě většího zmenšení bitové rychlosti (až osmi násobného) se dosáhne obousměrnou predikací. U ní je třeba vytvořit pro rozdíl současného snímku předpověď jako průměr z minulého snímku a snímku, který následuje po právě kódovaném snímku. Takto kódovaný snímek se označuje jako snímek B (Bidirectional). Snímky, z kterých se předpovídá, jsou snímky referenční. Kdyby byly všechny snímky s predikací, neměl by dekodér komprimovaného signálu výchozí bod pro svou činnost, neboť všechny snímky by byly na sobě závislé. Nebyl by též možný libovolný přístup k určité části signálu. Proto se vytváří skupina snímků (GOP), ve kterém se po určitém intervalu opakují snímky bez predikace. Ty se zpracovávají přímo diskretní kosinovou transformací a nazývají se snímky I (Intra frame). Opakují se podle volby algoritmu v kodéru, obvykle po 12 snímcích, takže dekodér je schopen při změně programu nebo při zapnutí přijímače nejpozději do $12 \cdot 25 + 0,5$ sekundy dekodovat signál.

I – (Intra frame coded Picture) – snímky s kódováním uvnitř snímku (bez predikace);

P – (Inter frame forward predicted Picture) – snímky s jednosměrnou predikací vpřed;

B – (Bidirectional predicted Picture) – snímky s obousměrnou predikací, kterou se získá z I a P, nebo P a P snímků.

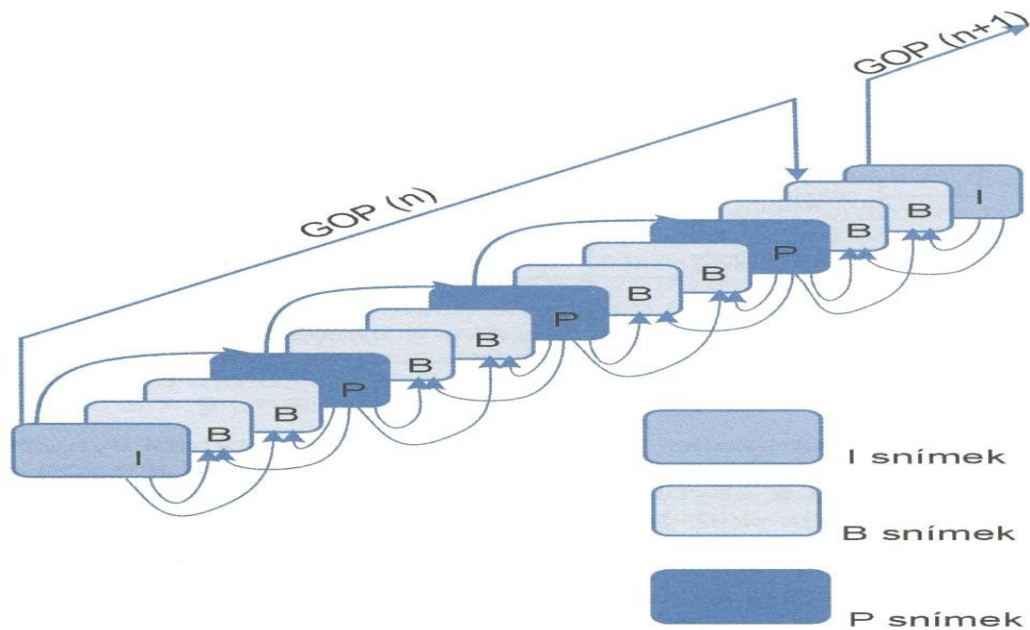
Skupina snímků (GOP):

Snímky I, P, B vytvářejí skupinu snímků, délka skupiny je ohraničena snímkem I.

N – celkový počet snímků skupiny;

M – počet snímků P uvnitř skupiny.

Typická délka skupiny snímků je $N = 12$, $M = 3$, pak trvání celé skupiny je $12 \cdot 40 \text{ ms} = 480 \text{ ms}$.



Obrázek 4 Skupina snímků[4]

Celosnímkový mód:

Protože oba půlsnímký náležící různému časovému období vytvářejí pro celosnímkovou predikaci jeden makroblok se současným prostřídáním lichých a sudých řádků, zanáší tento způsob predikace chybu při vodorovně se pohybujících svislých hranách obrazu tak, že nastává jejich vytrhávání (roztřepení ve vodorovném směru). Proto se tento způsob predikace hodí jen pro statické obrazy, přičemž je tento postup účinný, neboť je zapotřebí jen jeden (u snímků P) nebo dva (u snímků B) vektory pohybu.

Pro vodorovně se pohybující části obrazu je lépe použít predikaci na základě půlsnímků. K tomu účelu je třeba mít makroblok rozložen do dvou částí po 16×8 obrazových bodech. Pak se předpovídá pro každou část rozděleného makrobloku vždy pomocí jednou samostatného vektoru.

Půlsnímkový mód:

V půlsnímkovém módu jsou oba půlsnímký tj. obě části rozděleného makrobloku, považovány za samostatné snímky a jsou samostatně kódované jako snímky I, P, B. V každém půlsnímků se predikace provádí samostatně způsobem jako u standardu MPEG1. Tento mód se hodí pro pohyblivé obrazy. Půlsnímkový nebo celosnímkový mód přepíná kodér jen po celých snímcích. Protože se jak v celosnímkovém módu tak v půlsnímkovém módu při půlsnímkové predikaci počet vektorů pohybu zdvojnásobuje,

což může hlavně při obousměrné predikaci činit úsporu bitů v následném kódování problematickou, nahrazuje se obousměrná predikace v obou módech predikací zvanou Dual Prime.

Predikace Dual Prima je vhodná pro obrazy s rovnoměrným pohybem v jejich obsahu. Při této predikaci se zprůměrnují dvě predikace pro současný makroblok v pulsničce, a to predikace z předchozího pulsničce stejné parity a z pulsničce opačné parity. [4], [10]

2.3.3 Transformační kódování (Diskrétní kosinová transformace) DCT

Pro komprimaci vstupního digitálního signálu se hodí transformační kódování. Jeho úkolem je převést hodnoty vzorků navzájem závislých (podle toho, jak tvoří prostorovou, tj. plošnou mozaiku obrazu) na jiné vzorky v sousedství na sobě nezávislé, jejichž hodnoty by byly soustředěny do menší rozlohy matice, než tomu je u netransformovaných vzorků.

2.3.4 Kvantování kmitočtových koeficientů

Pro výpočet kmitočtových koeficientů je prokázáno, že pro 8 bitové hodnoty vzorků signálu PCM, tj. $N = 8$, je třeba $N + 3$ čili 11bitové vyjádření kmitočtových koeficientů, přičemž některé koeficienty vycházejí záporné. Tím by se ovšem na bitové rychlosti v přenosu nijak nešetřilo. Proto se velikost kmitočtových koeficientů upravuje kvantováním, tj. dělí se čísla obsaženými v kvantizační matici.

2.3.5 Entropické kódování

Při dalším zpracování kvantových kmitočtových koeficientů dále se zmenší redundance signálu entropickým kódováním v podobě kódování s proměnnou délkou slova VLC (Variable Length Coding).

Entropie udává minimální počet bitů pro vyjádření hodnoty jednoho vzorku určené k přenosu v závislosti na tom, s jakou pravděpodobností neboli s jakým statistickým přehledem se tato hodnota v přenosu vyskytuje. Délka slova přisouzena přenášenému vzorku se pak mění a je u často se vyskytujících hodnot krátká a naopak řídce se objevující hodnoty jsou kódovány dlouhými slovy. Tím se v celkovém bitovém toku ušetří počet bitů, signál se komprimuje a zmenšuje se bitová rychlost. Kdyby měly všechny vzorky signálu stejnou pravděpodobnost (jako je tomu u šumu), signál by měl velkou entropii a počet bitů pro jeho vyjádření by se zvětšil. Entropické kódování se označuje též jako statické.

2.3.6 Nelineární kvantování frekvenčních koeficientů v soustavě MPEG-2

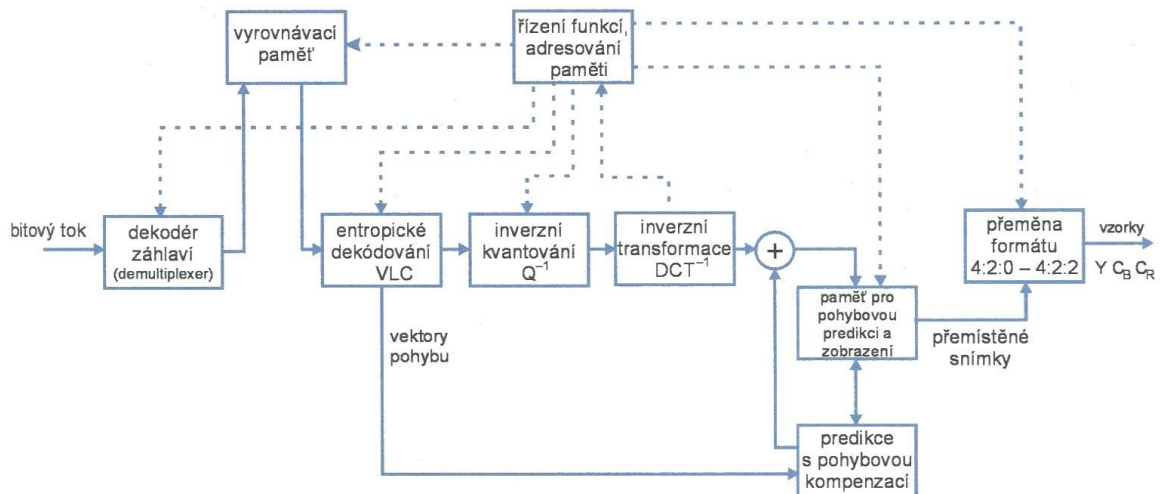
Kvantování je u soustavy MPEG-2 nelineární a označuje se jako „téměř lineární“ ve čtyřech úsecích. Výstupní signál do velikosti 256 je přenášen nezměněn ve všech kvantizačních hladinách. Při větších vstupních velikostech se výstupní hodnoty kvantují podle menší strmosti, takže úsek mezi vstupní hodnotou 1024 až 2048 má kvantování 8 bitové. To znamená, že podle strmosti posledního úseku by vstupnímu rozkmitu 0 až 2048 odpovídalo jen 256 úrovní (= 640 – 384). Tímto nelineárním kvantováním se 12bitový signál (-2048 až +2048) převede na menší počet (10) bitů. Bitový tok z kvantizéru lze zeslabovat v poměru $1:2^{n/16}$ pro $n = 0$ (bez zeslabení) až do $n = 175$, což je 1961, 17x zeslabení.

2.3.7 Dekodér soustav MPEG-2

Soustava MPEG-2 poskytující kodéru konstrukční volnost definuje přesně bitový tok a dekodér, který jej má bez závad zpracovat. Aby mezi kodérem a dekodérem nevznikal nesouběh (drift), jsou oba řízeny hodinovými impulzy 27 MHz. Signál, který doladuje zdroj hodinových impulzů v dekodéru, se přenáší v bitovém toku vznikajícím v dalších multiplexech. Pro dekodéry je předepsána určitá přesnost výpočtu (zaokrouhlování koeficientů při zpětné transformaci DCT) a rychlost zpracování. Důležitou částí je vstupní vyrovnávací paměť. Požadovaná hodnota se přenáší v záhlaví každé obrazové sekvence. Důležitým záhlavím pro činnost dekodéru je záhlaví každého snímku, kde se mimo jiné přenáší údaje o době naplnění vyrovnávací paměti (VBV = Video Buffer Verifier) z prázdného stavu do stavu maximálního naplnění.

Tyto řídicí bity uvedou paměť do stavu naplnění, od něhož začíná čtení a nové naplňování. Obvod pro detekci bitů v záhlaví pracuje jako demultiplexer. Je proto úvodní částí dekodéru a předává základní informace do obvodu pro řízení funkcí dekodéru. Odtud je též řízena vyrovnávací paměť. Kódovací parametry přicházejí do obvodu pro řízení funkcí dekodéru. Užitečná obrazová data se po inverzním sledu čtení „zig-zag“ seřadí s potřebnými nulami a hodnotami koeficientů do blokových rastů. Ty se pak inverzním kvantováním řízeným násobícím kvantovacím signálem Q a inverzní kosinovou transformací dostávají do dekodéru diferenční impulzní kódové modulace. První dekódovaný snímek je typu I a je uložen do paměti. Z ní se použije pro predikaci snímků P. Ty se rovněž uloží do paměti a oba typy snímků (I a P) jsou potřebné pro kompenzaci pohybu snímků B. Čtení při pohybové kompenzaci je po makroblocích.

Adresy makrobloků se vypočtou z dekodovaných vektorů pohybu. Paměť pro referenční snímky se využívají pro přemístění snímků do původního pořadí I B B P, které bylo na kódovací straně přemístěno pro účely predikace. Z paměti se pak obrazová data (hodnoty obrazových bodů) čtou po řádcích a po pulsnímciích a přicházejí do výstupního obvodu pro přeměnu na formát 4:2:0.



Obrázek 5 Zapojení dekodéru standardu MPEG-2 [4]

2.3.8 Zdrojové kódování zvukových signálů v DVB-T podle standardu MPEG

Digitální televize vyžaduje kromě komprimace obrazového signálu také komprimaci doprovodného zvuku. Pro kompresi zvuku byl v systému DVB-T původně uvažován jenom algoritmus MPEG-1, vrstva 1 nebo 2 pro doukanálový zvuk (zvukové módy single channel, dual channel, stereo a joint stereo) resp. MPEG-2, vrstva 2 pro vícekanálový zvuk (5.0 či 5.1). Současně s novou přicházejí alternativou komprese obrazu ve formátu MPEG-4 AVC/H 264 se zavádí také komprese zvuku ve formátu AAC (Advanced Audio Coding) a MP3.

2.3.9 Standart MPEG-4

Standard MPEG-4 byl poprvé normován v roce 1998 a několikrát doplněn. Základ vychází z modelu DPCM/DCT, ale je doplněn velkým množstvím dodatečných nástrojů pro kompresi, spolehlivost přenosu, kódování videoobjektů, různé modely a animace. Obdobně jako MPEG-2 definuje MPEG-4 profil a úrovně, které jsou určeny pro vybrané aplikace. Standart podporuje neprokládané i prokládané řádkování. Kompresní účinnost pro pravoúhlé objekty je vyšší než u MPEG-1, 2. Novým přínosem je kódování objektů s libovolným tvarem a umožňuje tak nezávislé kódování objektů s libovolným tvarem popředí a pozadí scény. Podporuje efektivní přenos v datových sítích zvýšenou odolností

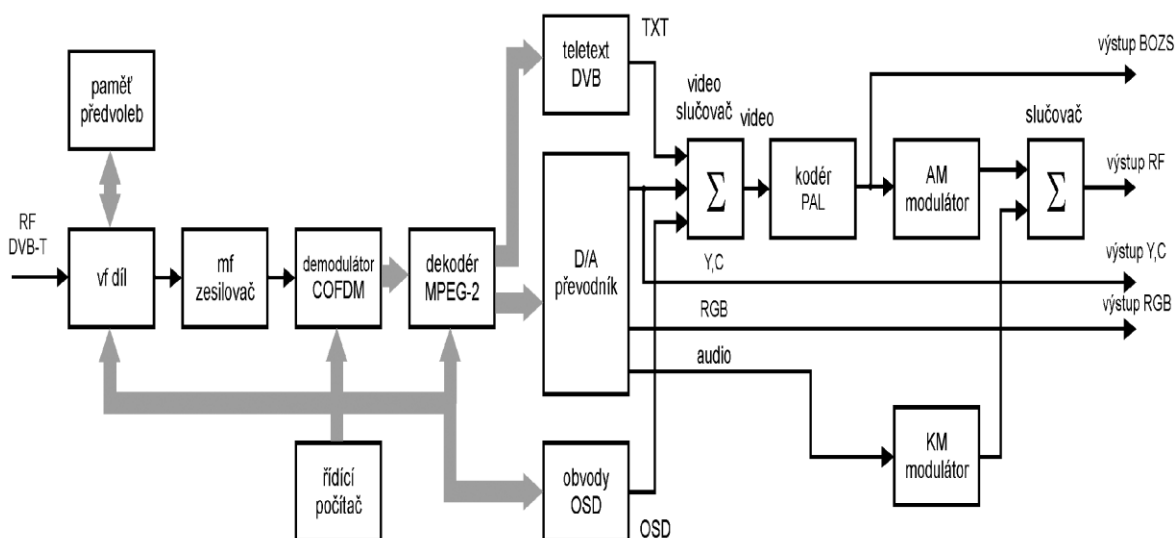
proti chybám a stupňovatelným kódováním v širokém rozmezí hodnot bitových toků. Kódování statické textury (obrazu) dovoluje přenášet i statické obrazy spolu s videosekvencemi. Tento nástroj je velmi užitečný i pro aplikaci se syntetickými (animovanými) objekty. [4],[5],[8],[10],[12]

3 SET-TOP BOX

Set-top box (běžně zkracován na STB) je zařízení sloužící k převodu digitálního televizního signálu na signál, který jsou schopny zpracovat televize bez digitálního tuneru, tedy signál analogový. Přístroj je zapojený mezi televizí a anténou (většinou anténní přípojkou). Set-top box obsahuje většinou jen jeden vlastní digitální tuner, volba programů se proto provádí přímo na něm, nejčastěji dálkovým ovladačem.

Set-top box má podobně jako přijímač analogového televizoru vstupní přijímací vysokofrekvenční část (tuner), kterou lze naladit na příslušný televizní kanál. Analogové kanály IV. A V. TV pásma jsou stejné jako kanály digitální zemské televize téhož pásma.

Digitální přijímač (Set Top Box) je samostatný přijímač digitálního pozemského vysílání, který je koncipován jako doplněk ke stávajícím televizorům na příjem DVB-T spolu s pevně uchycenou (fixní) anténou umístěnou na střeše budovy (venkovní anténa), nebo pokojovou (pasivní nebo aktivní) anténou uvnitř místnosti. Přijímač konvertuje digitální signál na analogový (do normy PAL, SECAM, NTSC). Jeho úkolem je tedy umožnit sledování digitálního vysílání na jakémkoliv klasickém televizoru. Přijímače se vyrábějí v mnoha různých provedeních s různou hardwarovou a softwarovou výbavou.



Obrázek 6 Blokové schéma jednoduchého Set-top-boxu DVB-T [17]

Všechny přijímače jsou vybaveny konektorem pro připojení pokojové nebo venkovní televizní antény. Výstupní obrazový signál je pak možné pomocí konektorů RCA (kompozitní signál), S-VHS, SCART (známé z videorekordéru, DVD přehrávače, satelitního přijímače), nebo modulovaného výstupu (kanál 21 až 69 UHF) přivést do klasického televizního přijímače a použít pro monitor. Základní nevýhodou je, že ke klasickému TV přijímači přibude další zařízení, které většinou bude mít vlastní dálkový ovladač. Nevýhodou takového příjmu je nemožnost nezávislého sledování jiných, než právě zvoleného programu na větším počtu televizorů v domácnosti. Tento problém se vyřeší jen koupí dalšího přijímače (set-top boxu) nebo plně digitálních televizorů IDTV.[1],[27]

3.1 Základní funkce set-top boxu

Základní funkce, které většinou běžný set-top box obsahuje:

- softwarové ovládací menu (OSD menu);
- příjem volně vysílacích (nekódovaných – FTA) programů (televizních a rozhlasových) v pásmech VHF a UHF určených pro příjem DVB-T, vyšší verze budou mít také dekodéry pro placené programy pro případ placené televize, nebo alespoň slot na připojení takového modulu;
- příjem (dekódování) většího množství zvukových kanálů (stereo, duo, příp. Dolby Digital 5.1);
- příjem teletextu;
- příjem elektronického programového průvodce (EPG);
- funkcí automatického a manuálního vyhledávání multiplexů (kanálů) a detekci programů;
- zobrazení jednoduché informace o stavu signálu (úroveň a kvalita);
- napájení aktivní pokojové antény přes konektor IEC vstupního tuneru;
- rodičovský zámek;
- automatické vypnutí, funkce časovače;
- resetování do výrobního nastavení;
- výstupní konektor video signálu prostřednictvím SCART, nebo kompozitní, S-video (PAL nebo NTSC) ;
- výstupní konektor pro audio signál.[4]

3.2 Spektrum přijímaných frekvencí

- UHF a VHF pásmo (III., IV. a V. televizní pásmo);
- šířka pásma kanálu 7 nebo 8 MHz;
- podpora všech modulačních metod DVB-T (16-QAM, 64-QAM, QPSK) ;
- podpora COFDM módů 2k a 8k;
- podpora všech kódovaných poměrů (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) ;
- podpora všech ochranných intervalů (1/4, 1/8, 1/16, 1/32) ;
- podpora hierarchických módů.

Minimální požadovaná vstupní úroveň signálu pro dosažení BER = $2 \cdot 10^{-4}$ za Viterbiho dekodérem je:

$$P_{\min} = -97,2\text{dBm} + C/N \text{ [dB]} \text{ pro kanál o šířce 8MHz,}$$

$$P_{\min} = -97,8\text{dBm} + C/N \text{ [dB]} \text{ pro kanál o šířce 7MHz,}$$

$$U_{\min} = 11,6\text{dB}\mu\text{m} + C/N \text{ [dB]} \text{ pro kanál o šířce 8MHz,}$$

$$U_{\min} = 11,0\text{dB}\mu\text{m} + C/N \text{ [dB]} \text{ pro kanál o šířce 7MHz.}$$

Tabulka 6 C/N pro dosažení BER = $2 \cdot 10^{-4}$ za Viterbiho dekodérem [4]

Modulace	Kódový poměr	Gaussův kanál [dB]	Pevný příjem [dB]	Přenos. příjem [dB]
QPSK	1/2	5,6	6,1	7,9
	2/3	7,4	8,2	10,9
	3/4	8,4	9,3	13,2
	5/6	9,4	10,5	15,7
	7/8	10,2	11,2	19,0
16-QAM	1/2	11,3	12,1	13,8
	2/3	13,7	14,2	16,8
	3/4	15,1	15,6	19,4
	5/6	16,1	17,0	22,1
	7/8	16,5	17,6	26,1
64-QAM	1/2	17,0	17,3	18,7
	2/3	19,2	19,8	22,1
	3/4	20,8	21,4	24,8
	5/6	22,1	22,9	29,4
	7/8	23,0	24,0	33,9

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POZEMNÍ DIGITÁLNÍ VYSÍLÁNÍ

4.1 Pozemní digitální vysílání

Pozemní digitální vysílání - DVB-T (Digital Video Broadcasting- Terrestrial) postupně nahradilo analogové vysílání v České republice. Pozemní vysílání, neboli zemské proto, že je vysíláno z pevně ukotvených vysílačů a je přijímáno standardními anténami, nejedná se tedy o satelitní ani kabelové vysílání.

Pozemní digitální vysílání nabízí dobrý příjem signálu i v členitých regionech. Televizní stanice mají kvalitnější obraz, mobilitu a interaktivní služby.

Pro příjem digitálního vysílání je potřeba mít nový typ televizního přijímače, který je již připraven na digitální příjem nebo si pořídit digitální přijímač tzv. set-top-box, který se připojí mezi přijímací anténu a televizi.

Dalším nezbytným krokem pro kvalitní digitální příjem je nutné provést částečnou nebo kompletní rekonstrukci anténního rozvodu z původního analogového příjmu. V menších rodinných domech většinou není potřeba provádět žádný rozsáhlejší zásah, neboť jsou zde rozvody bez konverze v pásmu UHF. Jiná situace nastává ve větších bytových domech, kde se používá kmitočtová konverze z UHF pásma do VHF pro analogovou televizi, tyto zesilovací soupravy a konvertory nejsou pro příjem DVB-T již použitelné.

4.2 Technologie digitálního vysílání

4.2.1 Funkce DVB-T

DVB-T je odlišný způsob přenosu obrazu a zvuku než u analogového vysílání. Televizní obraz, zvukový doprovod a přidružené datové služby, jako je teletext, VPS, WSS jsou přenášeny společným datovým kanálem v podobě tzv. multiplexu.

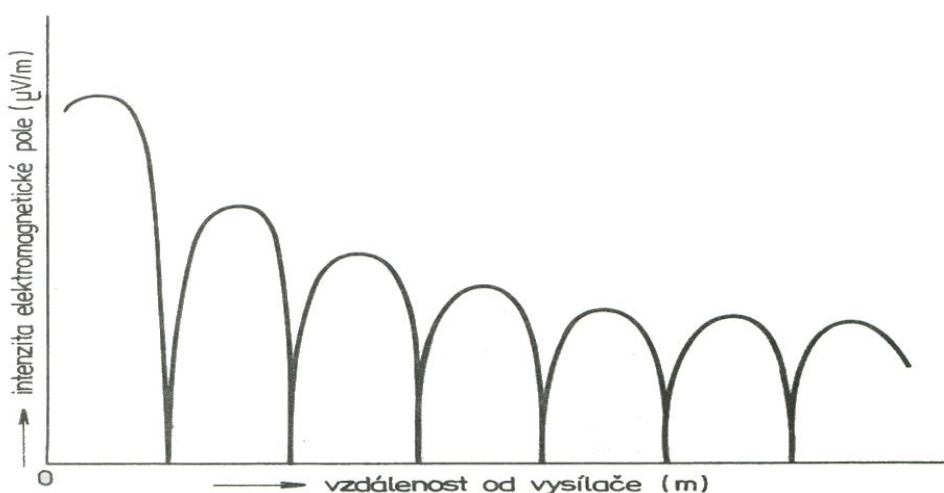
4.2.2 Multiplex

Zakódované obrazové a zvukové signály se šíří společným datovým kanálem, které je třeba sloučit dohromady. „Sloučení“ se nazývá multiplexování. Výsledný datový tok je pak nazýván „multiplexem“. Multiplex zpravidla obsahuje 4 až 6 televizních programů. Záleží na požadované kvalitě reprodukce. [10]

4.3 Příjímací antény

Antény pro příjem televizního signálu jsou specifickou součástí přenosového řetězce. Samostatná mechanická konstrukce přijímacích antén je relativně jednoduchá a jejich funkce závisí na podmínkách v nichž jsou instalované.

Pozemní digitální vysílání probíhá v pásmu UHF, které je používáno i pro analogové televizní vysílání, tudíž se stávající antény pro příjem DVB-T měnit nemusí. Při vysílání DVB-T signálu se využívají především kanály 21 – 69 (frekvence 470 – 860 MHz), přičemž šířka pásma pro jeden kanál je 8 MHz. Signál je šířen v tomto pásmu přímočaře. Dosah vysílačů je omezen jejich přímou viditelností, už jen při malé překážce, jako je kopec, zástavba apod. se signál ztlačuje nebo mizí úplně.



Obrázek 7 Nerovnoměrnost rozložení elektromagnetického pole v blízkosti vysílače v pásmu UHF [3]

Pro příjem je potřeba zcela vyhovující přijímací antény a příslušenství – zesilovač, selektivní slučovač, rozbočovač.

Antény v pásmech UHF dosahují zisku až 16 dB při docela přijatelných rozměrech.

Antény můžeme rozdělit na kanálové a širokopásmové.

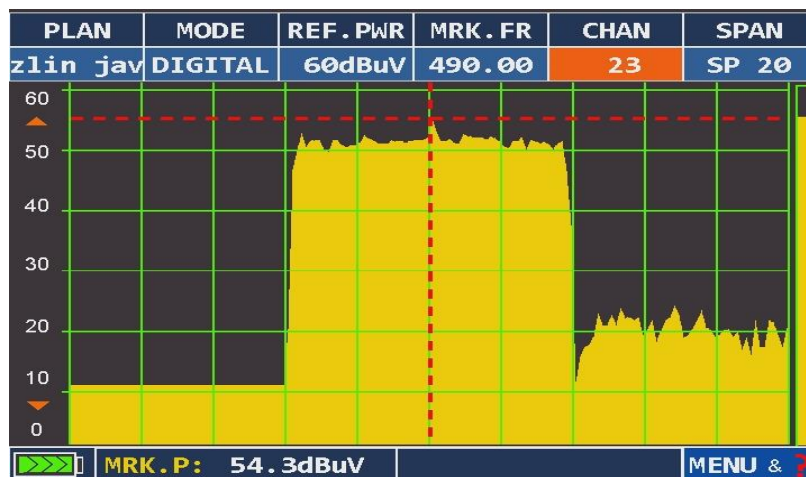
Kanálové antény jsou naladěny pro příjem několika žádaných kanálů (2-3 kanálů “vedle sebe“ např. kanál 33-35) v pásmu UHF, které dosahují zpravidla největšího zisku a mají dobrou směrovost.

U širokopásmové antény zisk poměrně kolísá v celém pásmu. Výhodou těchto antén je příjem více kanálů v celém spektru pásma UHF.

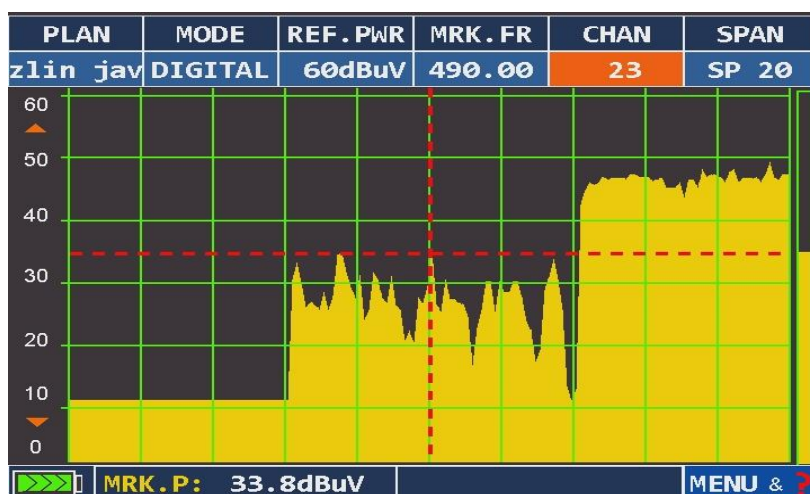
Výběr antén pro instalaci se odvíjí dle vzdálenosti od vysílače členitosti terénu apod. Zhruba do 10 km od vysílače se mohou použít menší a levnější typy antén např. TVB 21-60, do 20 km TVA 21-60, do 30 km TVA 21-60 s použitím pásmového zesilovače a pro větší vzdálenost je vhodné využít větší anténní systém s použitím selektivního zesilovače.

4.3.1 Polarizace antén

Televizní vysílače využívají při svém provozu horizontální nebo vertikální polarizaci. Přijímací antény mají také polohu (způsob montáže) pro horizontální a vertikální polarizaci. Polarizace na vysílači a přijímací anténě by se měly shodovat. Při opačné polarizaci dochází k útlumu signálu. V některých případech, kdy je signál velmi silný je možné přijímat vysílání i na přijímací anténu s jinou polarizací. Tam kde je signál slabší může nesoulad mezi polarizacemi zcela zabránit příjmu televizního vysílání.



Obrázek 8 Průběh signálu při správné polarizaci antény. [vlastní zdroj]



Obrázek 9 Průběh signálu při opačné polarizaci antény. [vlastní zdroj]

4.4 Měřicí polygon

Anténní měřicí polygon je určen pro měření anténních systémů ve volném prostoru v oblasti měření ve vzdálené zóně.

Měření a porovnání níže uvedených antén se uskutečnilo na anténním měřicím polygonu společnosti RAMET a.s. Kunovice.

4.4.1 Měřicí pracoviště a vybavení polygonu:

- měřicí systém NSI-RF-PNA20-001
- možnost sběru dat na 40 kmitočtech současně
- dynamická měření 40,60,80,100 dB
- měření lze realizovat na vzdálenost 1024 m nebo 70 m
- hmotnost měřeného objektu max. 4 000 kg

4.4.2 Možnosti měření

- měření vyzařovacích charakteristik v E a H rovině ve vzdálené zóně
- měření zisku
- měření elipticity
- měření polarizačních charakteristik [7]

4.5 Metoda měření

4.5.1 Měření zisku substituční metodou

Měřená anténa je umístěna do měřicího prostoru a je zde vystavena dopadu rovinné elektromagnetické vlny, která má polarizaci stejnou jako měřená anténa. Výstupní výkon měřené antény, je zapojen do specifikované zátěže. Po vyhodnocení se anténa srovná s výkonem referenční antény. Parametry referenční antény musí být přesné tj. směrovost, polarizace a charakteristika křížové polarizace. Referenční anténa by měla být typově podobná měřené anténě.

4.5.2 Směrový diagram antény

Měřená anténa musí být umístěna do homogenního elektromagnetického pole. Anténa je připevněna na izolačním držáku točny která umožňuje natáčení v horizontální rovině ve které je měřen diagram, a dále umožňuje natočení antény kolem vodorovné osy tak, aby

mohly být měřeny různé řezy prostorovým diagramem. Přístrojové vybavení měřícího pracoviště je závislé na kmitočtovém pásmu, ve kterém se bude měřit a na velikosti měřených antén. Výkon na výstupu měřené přijímací antény vyvolaný vysílací anténou je dán vzorcem: $P_r = P_o (\lambda/4\pi R)^2 g(\Theta, \varphi) g'(\theta', \varphi')$, (1)

kde P_r je přijatý výkon [W],

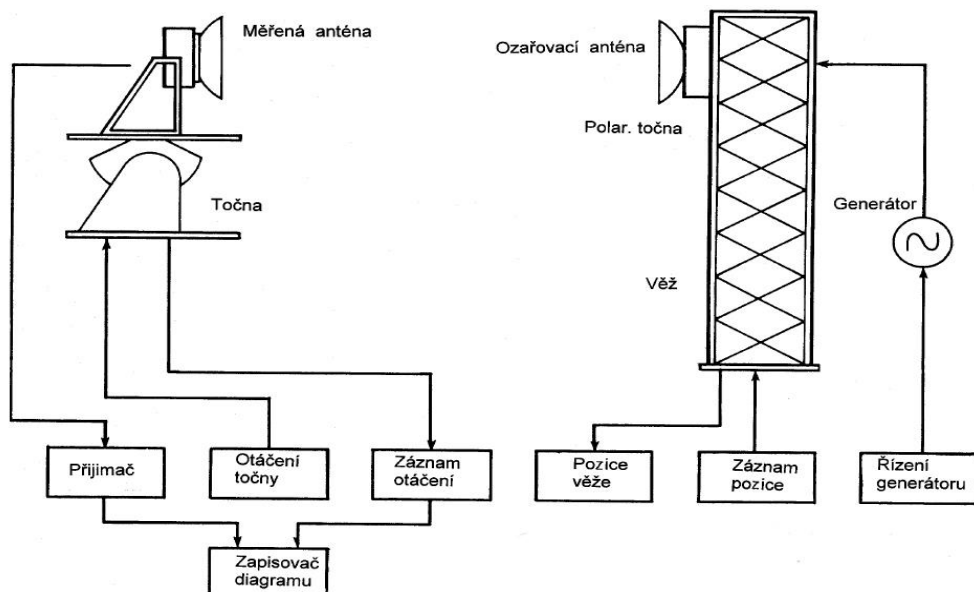
P_o je vstupní výkon na vysílací anténě [W],

R je vzájemná vzdálenost mezi anténami,

λ je vlnová délka (λ i R je ve stejném měřítku),

$g(\Theta, \varphi)$ je zisk vysílací antény ve směru (Θ, φ) ,

$g'(\theta', \varphi')$ je zisk přijímací antény ve směru (θ', φ') za předpokladu, že obě antény mají stejnou polarizaci.



Obrázek 10 Schéma měřicí soustavy pro měření směrových diagramů [15]

4.6 Naměřené parametry antén

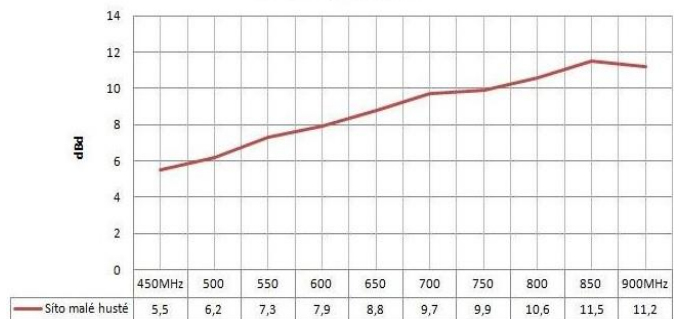
4.6.1 TVB 21-60

Anténa plošná směrová, soufázová se dvěma celovlnnými dipóly s plochým reflektorem – (malé síto).

Směrovost této antény je v horizontální polarizaci nižší ve srovnání antén typu YAGI. Anténa je vhodná do míst se členitým terénem kde jsou předpokladem nehomogenity elektromagnetického pole.

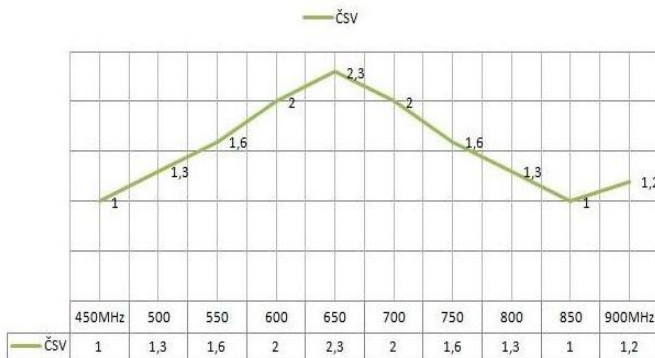
Tabulka 7 Elektrické vlastnosti TVB 21-60

Rozsah	21-60K (470-790MHz)
Zisk dB	6-11,5dB
Úhel příjmu horizontál	57°-35°
Úhel příjmu vertikál	70°-45°
Činitel zpětného příjmu dB	≥23dB
Impedance Z [Ω]	75 Ω



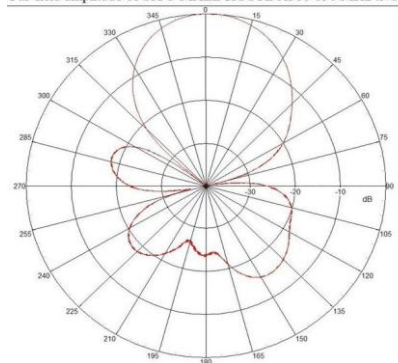
Obrázek 11 Anténa TVB 21-60 [28]

Obrázek 12 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]



Obrázek 13 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]

Far-field amplitude of SITO MALE HUSTE A360 650 MHz .NSI



Obrázek 14 Směrový diagram [28]

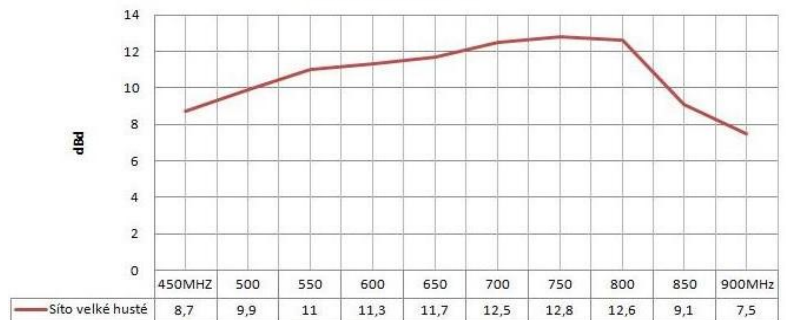
4.6.2 TVA 21-60

Anténa plošná směrová, soufázová se čtyřmi celovlnnými dipóly s plochým reflektorem – (velké síto).

Anténa je vhodná do míst se členitým terénem kde jsou předpokladem nehomogenity elektromagnetického pole.

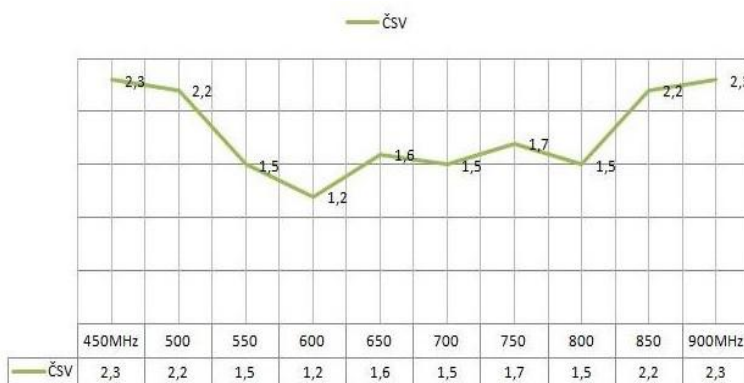
Tabulka 8 Elektrické vlastnosti TVA 21-60

Rozsah	21-60K (470-790MHz)
Zisk dB	10-12,8dB
Úhel příjmu horizontál	57°-35°
Úhel příjmu vertikál	34°-23°
Činitel zpětného příjmu dB	≥23dB
Impedance Z [Ω]	75 Ω

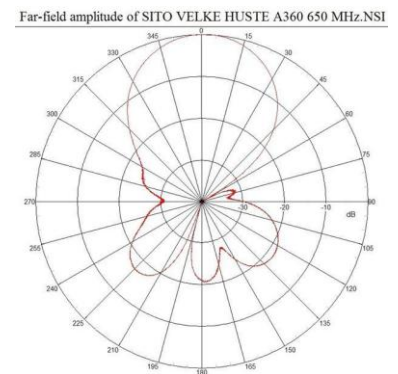


Obrázek 15 Anténa TVA 21-60 [28]

Obrázek 16 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]



Obrázek 17 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]



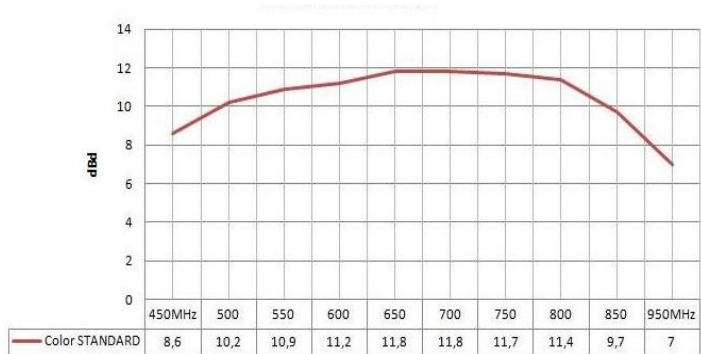
Obrázek 18 Směrový diagram [28]

4.6.3 Color STANDARD

Anténa YAGI širokopásmová, směrová složená ze skupinových direktorů, počet prvků 47.

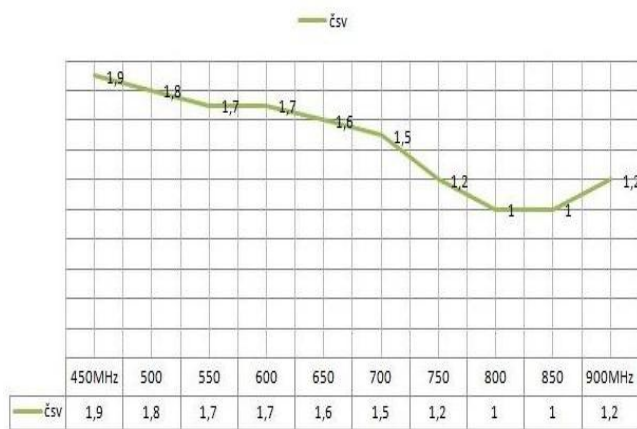
Tabulka 9 Elektrické vlastnosti Color STANDARD

Rozsah	21-60K (470-790MHz)
Zisk dB	9-12dB
Úhel příjmu horizontál	50°-34°
Úhel příjmu vertikál	60°-37°
Činitel zpětného příjmu dB	≥22dB
Impedance Z [Ω]	75 Ω

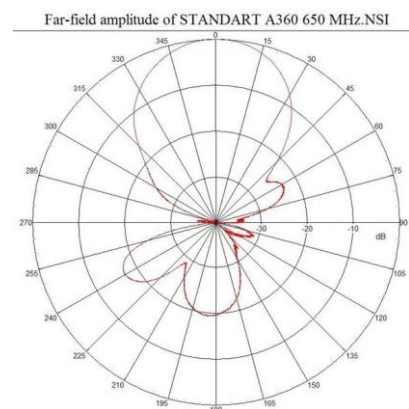


Obrázek 19 Color standard [28]

Obrázek 20 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]



Obrázek 21 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]



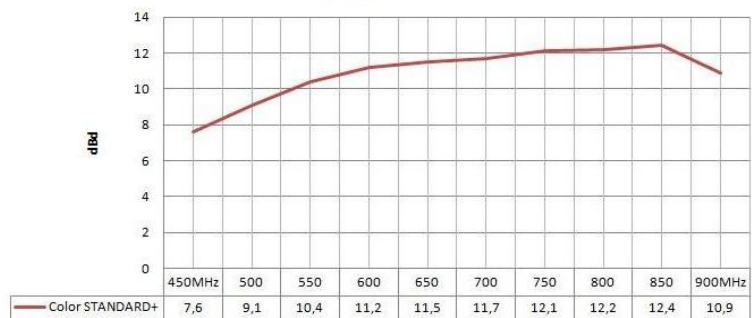
Obrázek 22 Směrový diagram [28]

4.6.4 Color STANDARD plus

Anténa YAGI širokopásmová, směrová složená ze skupinových direktorů, počet prvků 47. Anténa je upravená pro navýšení zisku nad 60 kanál.

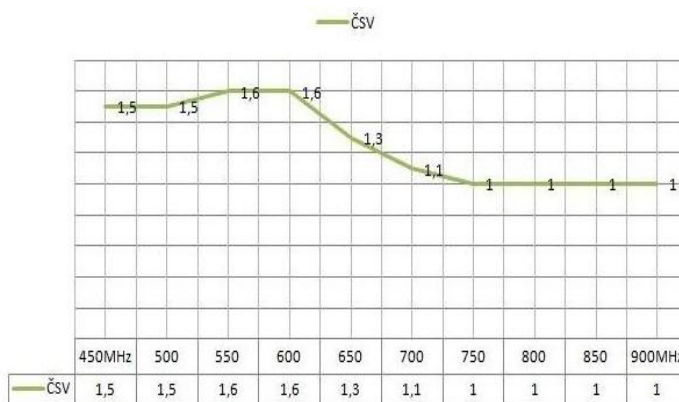
Tabulka 10 Elektrické vlastnosti Color STANDARD plus

Rozsah	21-69K (470-858MHz)
Zisk dB	9-12,4dB
Úhel příjmu horizontál	50°-34°
Úhel příjmu vertikál	60°-37°
Činitel zpětného příjmu dB	≥22dB
Impedance Z [Ω]	75 Ω

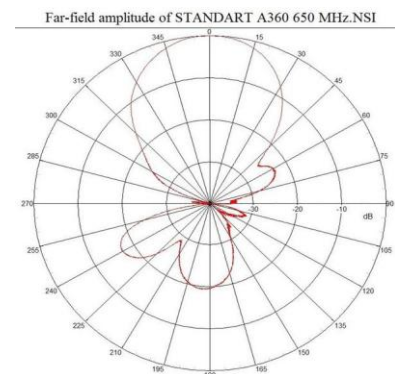


Obrázek 23 Color standard plus [28]

Obrázek 24 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]



Obrázek 25 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]



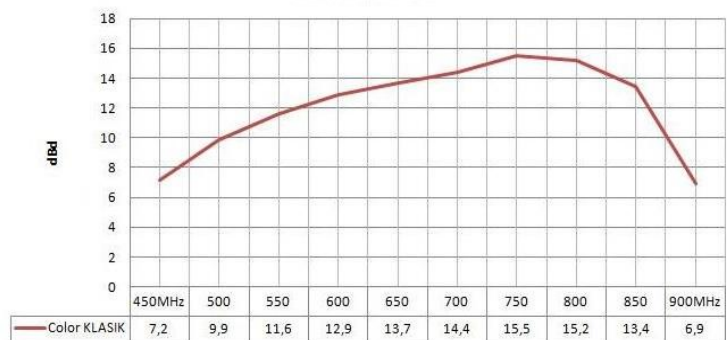
Obrázek 26 Směrový diagram [28]

4.6.5 Color KLASIK

Anténa YAGI širokopásmová, směrová složená ze skupinových direktorů, počet prvků 91. Anténa je vhodná pro dálkový příjem.

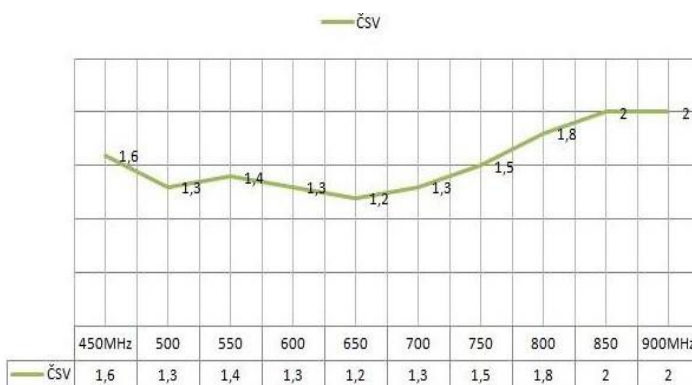
Tabulka 11 Elektrické vlastnosti Color KLASIK

Rozsah	21-60K (470-790MHz)
Zisk dB	9,7-15,5dB
Úhel příjmu horizontál	44°-22,5°
Úhel příjmu vertikál	49°-24°
Činitel zpětného příjmu dB	≥32dB
Impedance Z [Ω]	75 Ω

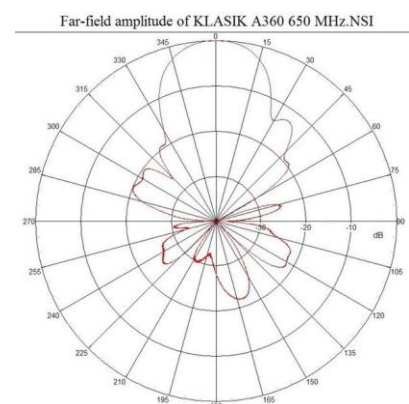


Obrázek 27 Color Klasik [28]

Obrázek 28 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]



Obrázek 29 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]



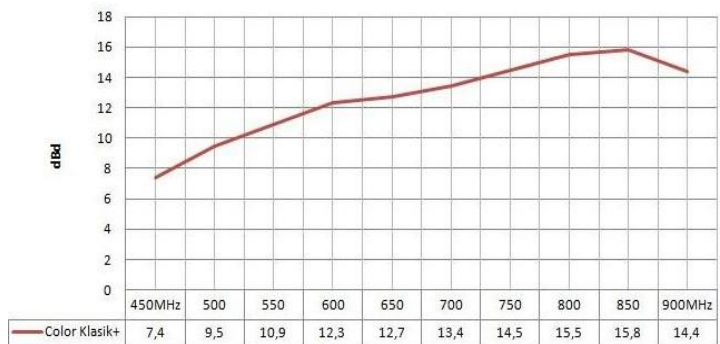
Obrázek 30 Směrový diagram [28]

4.6.6 Color KLASIK plus

Anténa YAGI širokopásmová, směrová složená ze skupinových direktorů, počet prvků 91. Anténa je vhodná pro dálkový příjem, upravená pro navýšení zisku nad 60kanál

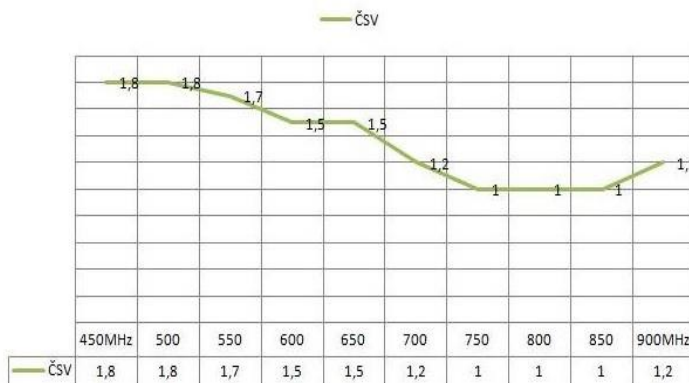
Tabulka 12 Elektrické vlastnosti Color KLASIK plus

Rozsah	21-69K (470-858MHz)
Zisk dB	9-15,8dB
Úhel příjmu horizontál	44°-22,5°
Úhel příjmu vertikál	49°-24°
Činitel zpětného příjmu dB	≥32dB
Impedance Z [Ω]	75 Ω

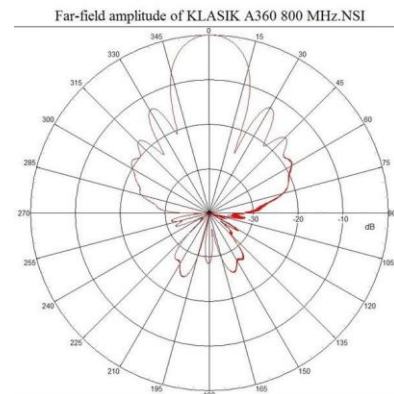


Obrázek 31 Color Klasik plus [28]

Obrázek 32 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]



Obrázek 33 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]



Obrázek 34 Směrový diagram [28]

4.6.7 Anténa firmy Televes

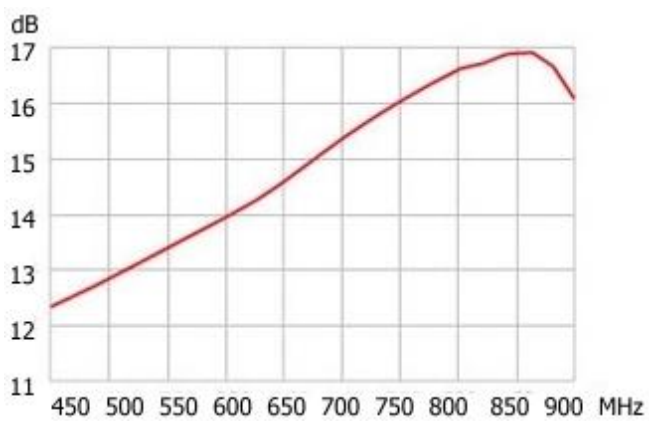
Televes DAT 45 HD - anténa širokopásmová, směrová.

Tabulka 13 Elektrické vlastnosti Televes DAT 45 HD

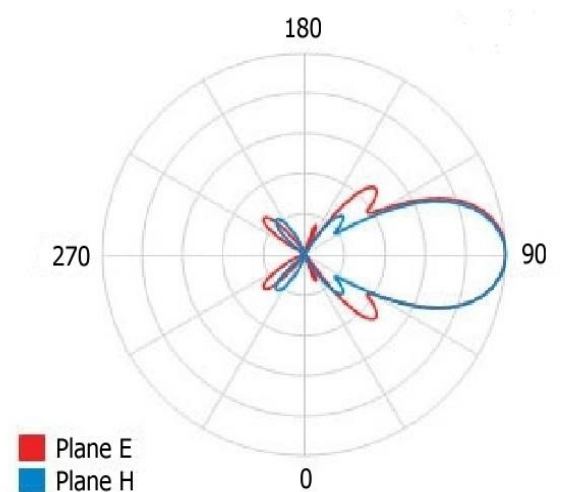
Rozsah	21-69K (470-858MHz)
Zisk dB pasivní mód	17dB
Zisk dB aktivní mód	29dB
Úhel příjmu horizontál	30°
Úhel příjmu vertikál	30°
Impedance Z [Ω]	75 Ω



Obrázek 35 Anténa firmy Televes [20]



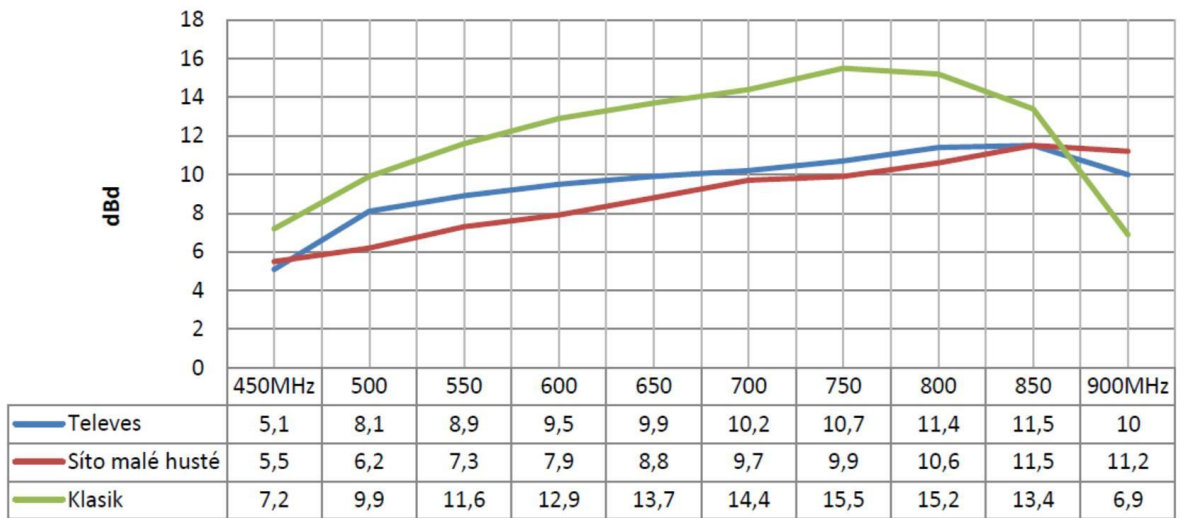
Obrázek 36 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [20]



Obrázek 37 Směrový diagram [20]

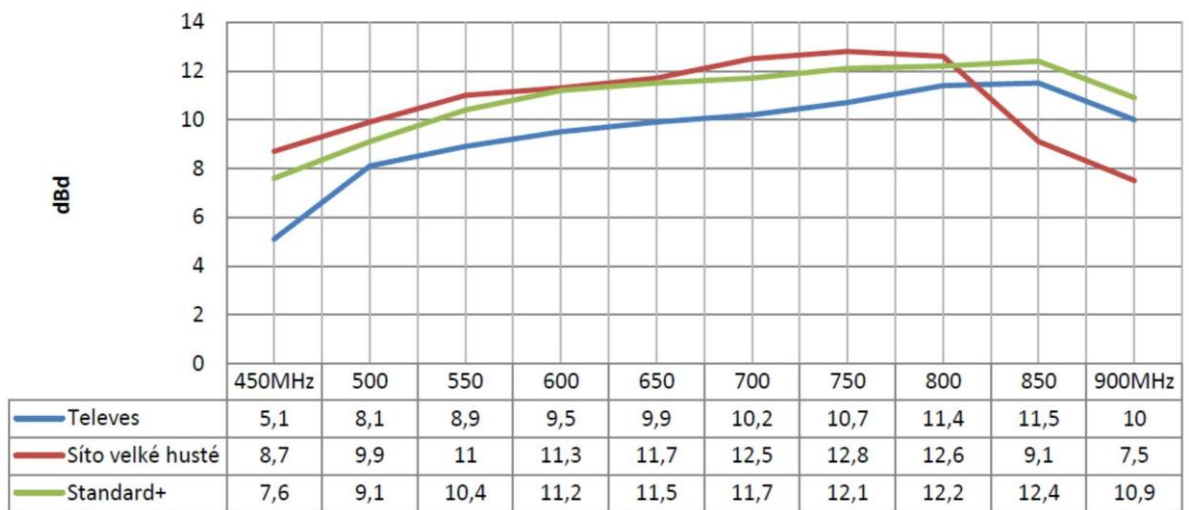
4.7 Porovnání zisku antén

A) Televes 45, TVB 21-60 síto malé husté, color KLASIK



Obrázek 38 Televes 45, TVB 21-60 síto malé husté, color KLASIK [28]

B) Televes 45, TVB 21-60 síto malé husté, color STANDARD plus



Obrázek 39 Televes 45, TVB 21-60 síto malé husté, color STANDARD plus [28]

5 MĚŘENÍ ANTÉN V TERÉNU

5.1 Úroveň digitálního TV signálu:

Měří se výkon digitálního signálu, který se přepočítává na dB μ V

- měření na středu kanálu (zadááme šířku TV kanálu)
- měření integrační metodou
- měření metodou FFT
- Měření se provádí: v režimu spektrální analýzy

Minimální hodnota úrovně:

- teoreticky 31 dB μ V
- prakticky od 35 dB μ V (v závislosti na šumovém čísle přijímače)
- za přítomnosti rušivých signálů od 45 dB μ V
- maximální hodnota úrovně:
- 70 dB μ V (v závislosti na odolnosti vstupu proti vzniku intermodulačních produktů)

Poměr C/N by měl být větší jak 23 dB.

5.2 MER - modulační chybový poměr:

Poměr mezi průměrným celkovým a průměrným chybovým výkonem digitálního signálu. Jednotka: dB Měří degradaci signálu šumem a interferencemi vznikajícími na přenosové cestě.

- Pro 64 QAM individuální DVB-T příjem MER > 24 dB
- Pro 16 QAM stačí MER > 18 dB

5.3 BER - chybovost digitálního signálu

BIT ERROR RATIO - poměr špatně přenesených bitů k celkovému počtu všech bitů. Jedná se o číselnou hodnotu vyjádřenou v exponenciálním tvaru.

Čím menší číslo, tím lepší hodnota.

Např. BER 2×10^{-4} = 2 chybné bity z 10 000.

CH BER 5×10^{-5} vyhovující hodnota

CH BER 5×10^{-3} hraniční hodnota

CH BER 5×10^{-2} nevhovující hodnota

5.3.1 Měření a porovnání antén v terénu

Měření bylo provedeno profesionálním spektrálním analyzerem Rover Digicube STC.

Lokalita měření Zlín-Březnice souřadnice: 49°10'34.16"N, 17°40'43.09"E.

Vysílače zachytitelné v této lokalitě:

Zlín-Tlustá Hora

Souřadnice: 49°12'29.99"N, 17°38'47.00"E

Tabulka 14 Technické parametry vysílače Zlín – Tlustá Hora

Vysílač	Kanál	Sít'	Výkon ERP (kW)	Polarizace	Nadmořská výška
Zlín	25	DVB-T 3	10	H	457 m n. m.
Zlín	33	DVB-T 1	100	H	457 m n. m.
Zlín	49	DVB-T 2	100	H	457 m n. m.

Zlín – Jižní Svahy

Souřadnice: 49°14'12.79"N, 17°40'10.73"E

Tabulka 15 Technické parametry vysílače Zlín – Jižní Svahy

Vysílač	Kanál	Sít'	Výkon ERP (kW)	Polarizace	Nadmořská výška
Zlín Jižní Svahy	42	DVB-T 4	10	H	304 m n. m.

Nové Mesto nad Váhom - Veľká Javorina

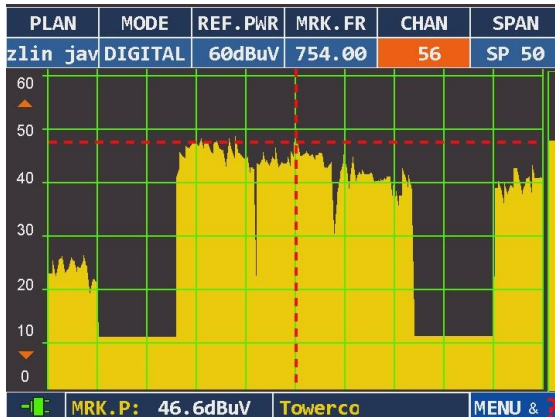
Souřadnice: 48°51'28"N, 17°40'31"E

Tabulka 16 Technické parametry vysílače Nové Mesto nad Váhom – Veľká Javorina

Vysílač	Kanál	Síť	Výkon ERP (kW)	Polarizace	Nadmořská výška
Veľká Javorina	23	DVB-T 4	50	V	970 m n. m.
Veľká Javorina	55	DVB-T 1	50	V	970 m n. m.
Veľká Javorina	56	DVB-T 2	50	V	970 m n. m.
Veľká Javorina	57	DVB-T 3	50	V	970 m n. m.

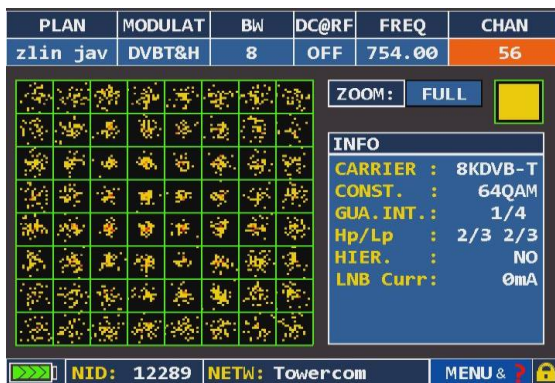
5.3.2 Porovnání antén- spektrální analýza, konstelační diagram, naměřené hodnoty

Anténa TVB 21-60 (malé síto)



Spektrální analýza 55, 56, 57 kanál vysílače Velká Javorina. Šířka spektra 50 MHz.

Obrázek 40 Anténa TVB 21-60
Spektrální analýza [vlastní zdroj]



Konstelační diagram 64 QAM, 56 kanál vysílače Velká Javorina.

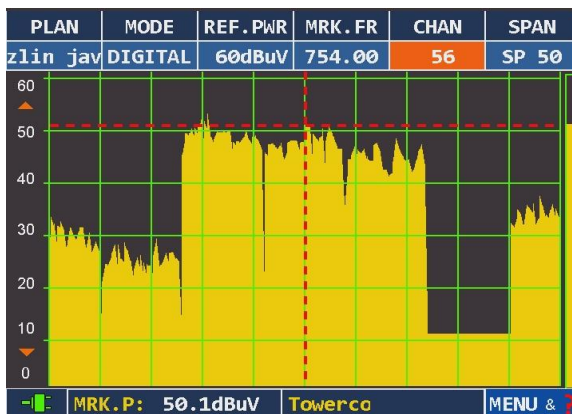
Obrázek 41 Anténa TVB 21-60
Konstelační diagram [vlastní zdroj]



Naměřené hodnoty digitálního signálu 56 kanál vysílače Velká Javorina.

Obrázek 42 Anténa TVB 21-60
naměřené hodnoty [vlastní zdroj]

Anténa TVA 21-60 (velké síto)



Spektrální analýza 55, 56, 57 kanál vysílače Velká Javorina. Šířka spektra 50 MHz.

Obrázek 43 Anténa TVA 21-60 (velké síto) Spektrální analýza [vlastní zdroj]



Konstelační diagram 64 QAM, 56 kanál vysílače Velká Javorina.

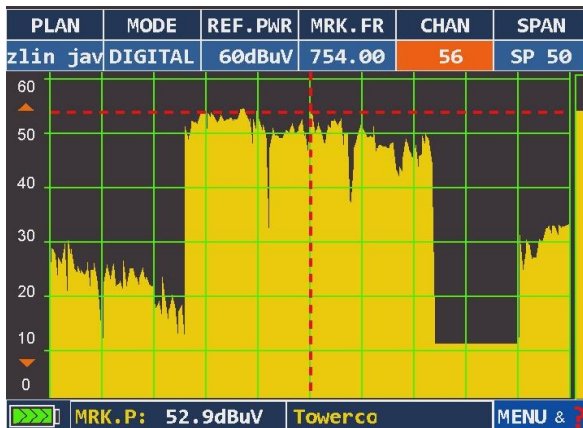
Obrázek 44 Anténa TVA 21-60 (velké síto) Konstelační diagram 64 QAM [vlastní zdroj]



Naměřené hodnoty digitálního signálu 56 kanál vysílače Velká Javorina.

Obrázek 45 Anténa TVA 21-60 (velké síto) Naměřené hodnoty digitálního signálu [vlastní zdroj]

Anténa Color KLASIK plus



Spektrální analýza 55, 56, 57 kanál vysílače Velká Javorina. Šířka spektra 50 MHz.

Obrázek 46 Anténa Color KLASIK plus
Spektrální analýza [vlastní zdroj]



Konstelační diagram 64 QAM, 56 kanál vysílače Velká Javorina.

Obrázek 47 Anténa Color KLASIK plus
Konstelační diagram [vlastní zdroj]



Naměřené hodnoty digitálního signálu 56 kanál vysílače Velká Javorina.

Obrázek 48 Anténa Color KLASIK plus
Naměřené hodnoty digitálního signálu [vlastní zdroj]

5.4 Společné antény (STA) a televizní rozvody

Společné televizní antény (STA) se používají při příjmu vysílání na více televizních přijímačích, např. bytových domech, kde signál je rozváděn do jednotlivých bytů. Existuje několik variant řešení příjmu digitálního signálu prostřednictvím STA. Mezi tyto řešení patří:

- Přímý rozvod (sériový, hvězdicový) digitálních kanálů bez konverze v pásmu UHF
- Kmitočtová konverze z UHF do VHF
- Převod programu z DVB-T na kanál PAL
- Převod pozemního vysílání DVB-T do standardu kabelové televize DVB-C
- Přímý rozvod (hvězdicový) digitálních kanálů DVB-T-S

5.4.1 Přímý rozvod digitálních kanálů v pásmu UHF

Perspektivní a nejlevnější řešení pro televizní rozvody je přímý rozvod digitálních kanálů v pásmu UHF. Některé bytové domy měly starší anténní rozvody, které zvládaly pouze VHF pásmo. Při přechodu na digitální vysílání je nutné zrekonstruovat společné antény.

5.4.2 Kmitočtová konverze z UHF do VHF

Kmitočtová konverze z UHF do VHF je alternativa pro starší společné antény použitelné jen do 300 MHz. V tomto případě účastníci mají jen omezenou možnost ve volbě přijímačů dostupných na trhu, které jsou schopné fungovat v prostředí anténního systému, protože kmitočet nebyl konvertován do jiného televizního kanálu.

5.5 Zesilovače

Zesilovače se nerozlišují na analogové a digitální. Zesilovače signálu se používají v případě, kdy je signál slabý a je potřeba jej zesílit, nebo v rozsáhlejších TV/SAT rozvodech.

Pro zesílení velmi slabého signálu je vhodný anténní předzesilovač s nízkým šumem se zesílením 10-25 dB, vybuditelnost zesilovače 95-100 dB/ μ V, šumové číslo by nemělo překročit 2 dB. Předzesilovač musí být instalován co nejbližší k anténě.

Pro zesílení velkých rozvodů jsou určeny zesilovače s velkým výkonem tj. výstupní úroveň až 125 dB/ μ V, vstupní úroveň 50-80 dB/ μ V, šumové číslo u výkonných zesilovačů bývá 9 dB.

6 STA - STARŠÍ BYTOVÉ DOMY

V současné době je nutná revitalizace společných televizních antén na starších bytových domech pro přechod z původního analogového vysílání na digitální DVB-T.

V bytových domech postavených do roku 1980 je nutná výměna celého stávajícího anténního systému, důvodem je nevyhovující kabelový rozvod, účastnické zásuvky a technologie hlavní stanice. Domy postavené po roce 1980 již používají kvalitnější komponenty pro rozvody, kde lze ve většině případů příjem DVB-T zpracovat.

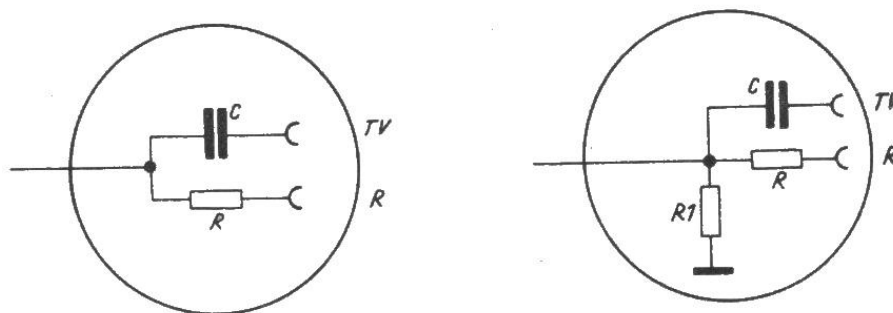
6.1 Účastnické zásuvky používané v bytových domech

Účastnická zásuvka funguje jako dvojitý odbočovač, tj. odbočovací a průchozí útlum.

Původní účastnické zásuvky jsou hlavní příčinou problémů rozvodů STA, neumožňují přímý rozvod analogových a digitálních kanálů v pásmu UHF, zásuvky jsou pro velký útlum a absenci oddělovacího útlumu mezi jednotlivými účastníky nevhodné.

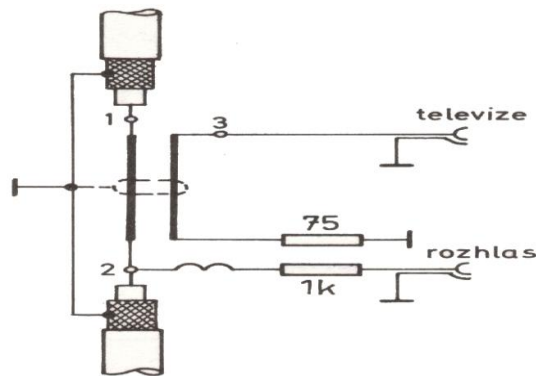
6.1.1 Typy zásuvek používaných u starších rozvodů STA

Rok 1963-1969 zásuvka průběžná 6AN 050 07 a koncová 6AN 050 12



Obrázek 49 zásuvka průběžná 6AN 050 07 a koncová 6AN 050 12

Zásuvka je použitelná jen v pásmu VHF. V UHF má vazební útlum jen 3 dB. Oddělení mezi účastníky na jednom stoupacím vedení není žádné. Pro příjem v pásmu UHF je zásuvka nepoužitelná. [18]

Rok 1969-1975 Zásuvka průběžná 6AN 050 21 a koncová 6AN 050 18

Obrázek 50 Zásuvka průběžná 6AN 050 21 a koncová 6AN 050 18

Zásuvka je použitelná jen pro signály v pásmu VHF; v pásmu UHF vyhoví jen pro malé rozvody; vazební útlum je zde pouze 4-5 dB. [18]

Rok 1975-1980 zásuvka průběžná PZK 11 a koncová PZK 01

Konstantní vazební a oddělovací útlum v pásmu VHF i UHF se dosáhl oddělením pomocí transformátoru. Průchozí útlum je ale při kmitočtech nad 500 MHz kolem 3,5 dB, takže přenos analogových i digitálních signálů v UHF pásmu je omezen na malé rozvody. [18]

Rok 1980 průběžná PZX 11 a koncová PZX 01

Vyhovují i v pásmu UHF, mají dobré impedanční přizpůsobení a dostatečný oddělovací útlum. Pokud vyhovují i připojené kabely, jsou stoupací vedení vhodná pro přenos digitálních signálů v pásmu UHF. [18]

6.2 Porovnání útlumu parametrů původních a současných koaxiálních kabelů v rozvodech STA

Koaxiální kabely používané ve starších bytových domech byly určeny převážně do I-III pásma VHF. V pásmu UHF je útlum a potlačení vyzařování starších typů koaxiálních kabelů oproti současným již značný. Dalším podstatným problémem u původních kabelů je krátká časová stabilita elektrických parametrů a jednoduché opletení což má za následek zvýšení útlumu a menší odolnost vůči vnějšímu rušení.

6.2.1 Porovnání koaxiálního kabelu pro vnitřní kabelový rozvod - VF KP 300 a BELDEN H125

Původní typ používaného kabelu pro bytové rozvody - **VF KP 300**

Tabulka 17 Původní typ používaného kabelu pro bytové rozvody

Vnitřní vodič	Cu
Vnější vodič (stínění)	Cu – jednoduché opletení
Střední vodič \varnothing	0,89 mm
Vnější plášť	8 mm
Činitel odrazu	0,66
Impedance Z_0	$75 \pm 3 \Omega$
Kapacita (pF/m)	$67 \text{pF} \pm 2.0 \text{pF}$
Potlačení vyzařování 30-1000 MHz dB	$\geq 35 \text{dB}$

Současný typ používaného kabelu pro bytové rozvody - **BELDEN H125 Cu**

Tabulka 18 Současný typ používaného kabelu pro bytové rozvody

Vnitřní vodič	Cu
Vnější vodič (stínění)	Cu – fólie Cu - jednoduché opletení
Střední vodič \varnothing	1 mm
Vnější plášť	6,8 mm
Činitel odrazu	0,81
Impedance Z_0	$75 \pm 3 \Omega$
Kapacita (pF/m)	$55 \pm 2.0 \text{pF}$
Potlačení vyzařování 30-1000 MHz dB	$\geq 85 \text{dB}$

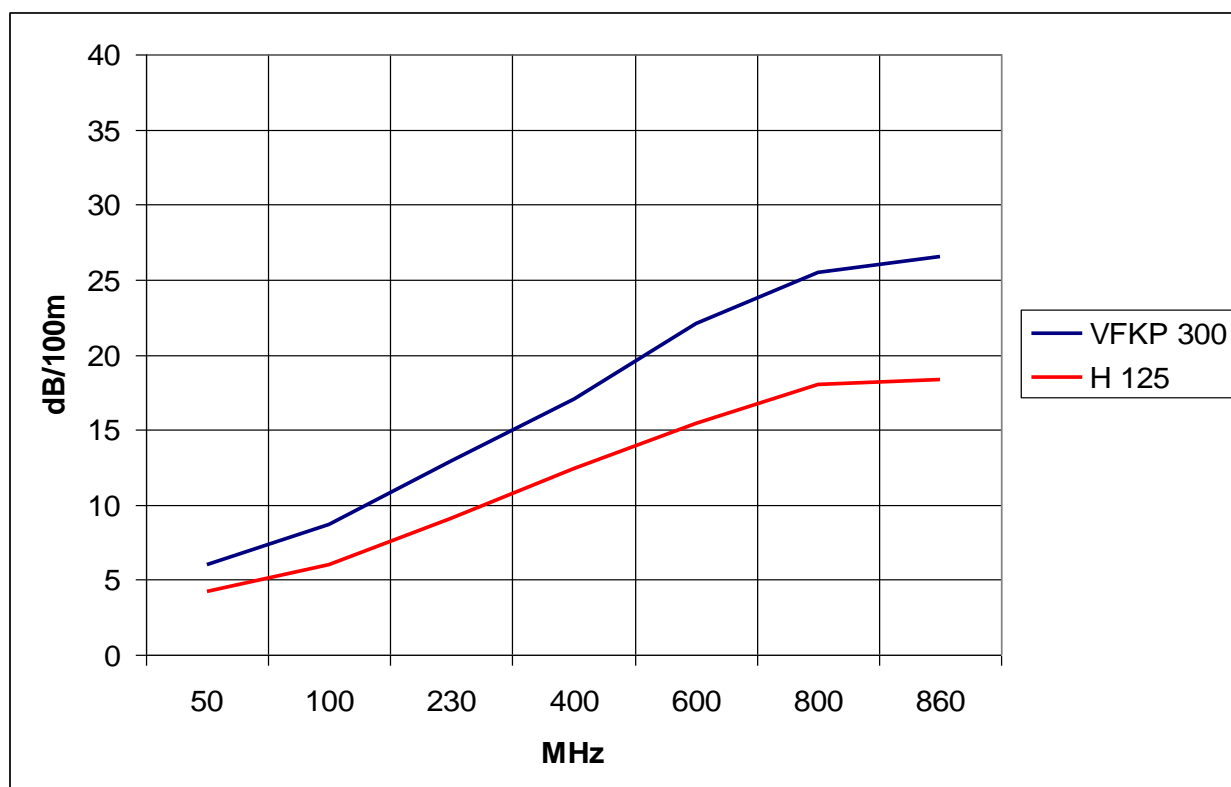
Měrný útlum při 20°C (dB/100m) pro kabel VF KP 300 a H 125

Tabulka 19 Měrný útlum při 20°C (dB/100m)

MHz	50	100	230	400	600	800	860
VF KP 300 dB/100m	6,0	8,7	12,9	17,0	22,1	25,5	26,5
H 125 dB/100m	4,2	6,0	9,1	12,4	15,4	18,0	18,3

Kmitočtová závislost měrného útlumu koaxiálních kabelů

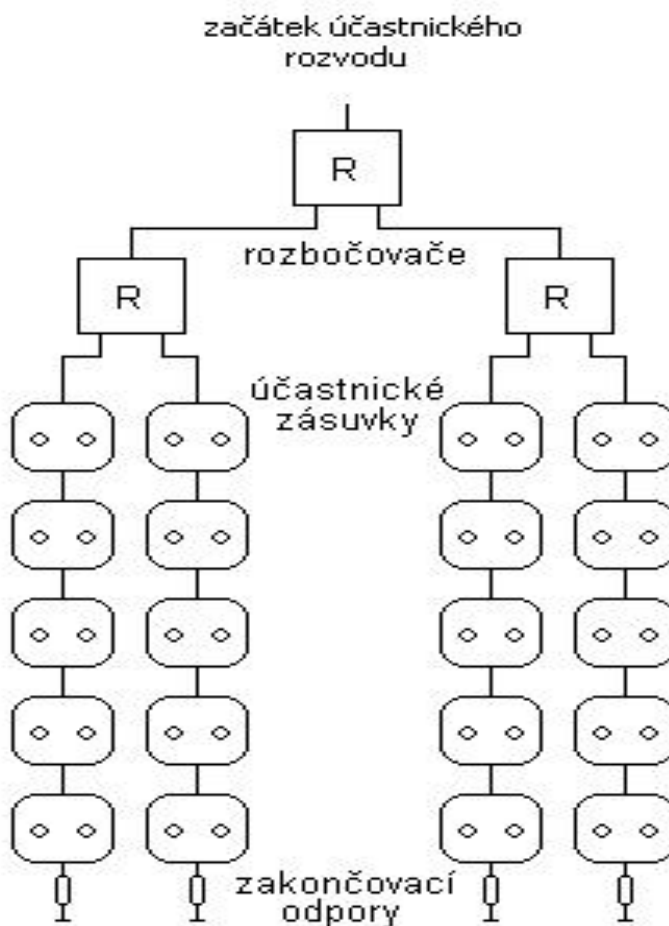
Tabulka 20 Kmitočtová závislost měrného útlumu



6.3 Struktura bytových rozvodů STA

6.3.1 Sériové zapojení televizních zásuvek

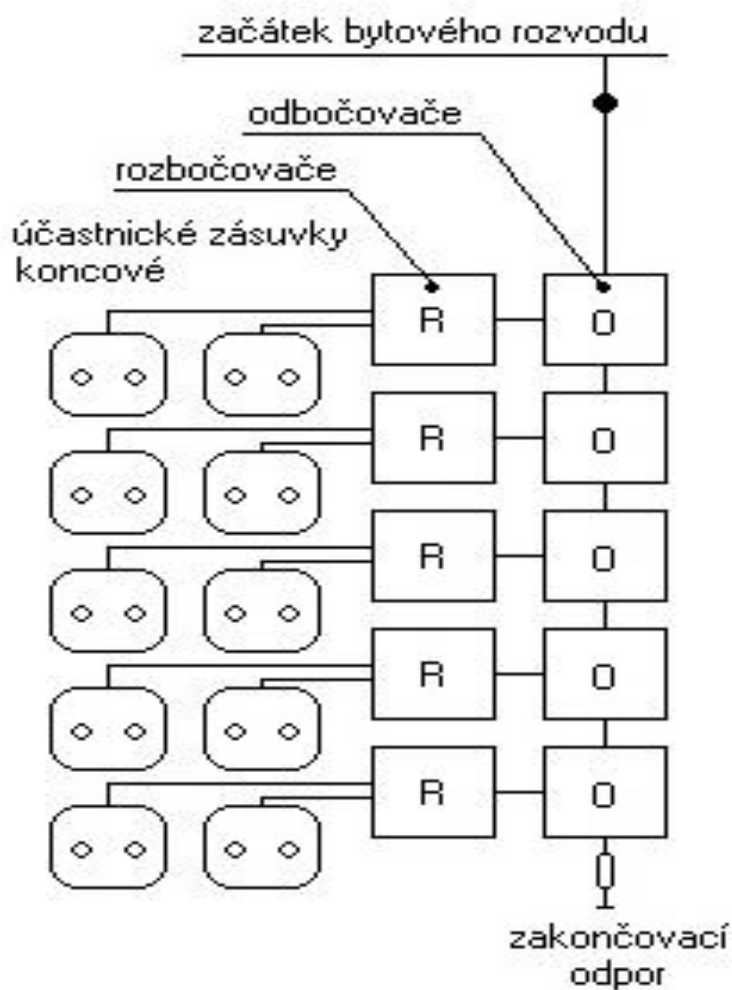
Je to nejčastěji používaný způsob řazení účastnických zásuvek u starších společných antén. Řešení takového zapojení je jednoduché a levné, vložný útlum je ve srovnání s ostatními variantami nejmenší.



Obrázek 51 Sériové zapojení televizních zásuvek [9]

Nevýhodou sériového rozvodu je omezený počet zapojených účastnických zásuvek. Při závadě nebo zásahu do průchozí zásuvky může nastat výpadek signálu na zbývajících navazujících zásuvkách.

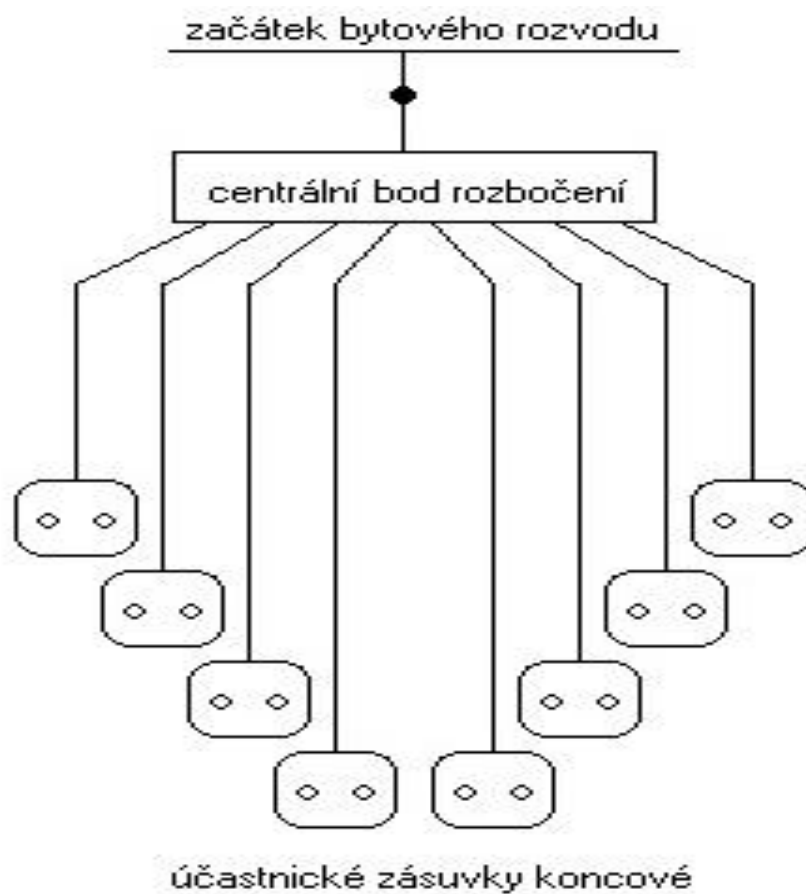
6.3.2 Zapojení s odbočkami



Obrázek 52 Zapojení s odbočkami [18]

V základním uspořádání jsou ve svislém vedení zařazeny odbočovače, ze kterých se signál přivádí k vodorovně řazeným účastnickým zásuvkám. Používal se ve starých, již obydlených domech, kde svislé vedení procházelo schodišťovým prostorem a na poschodích se odbočovalo k bytům. [18]

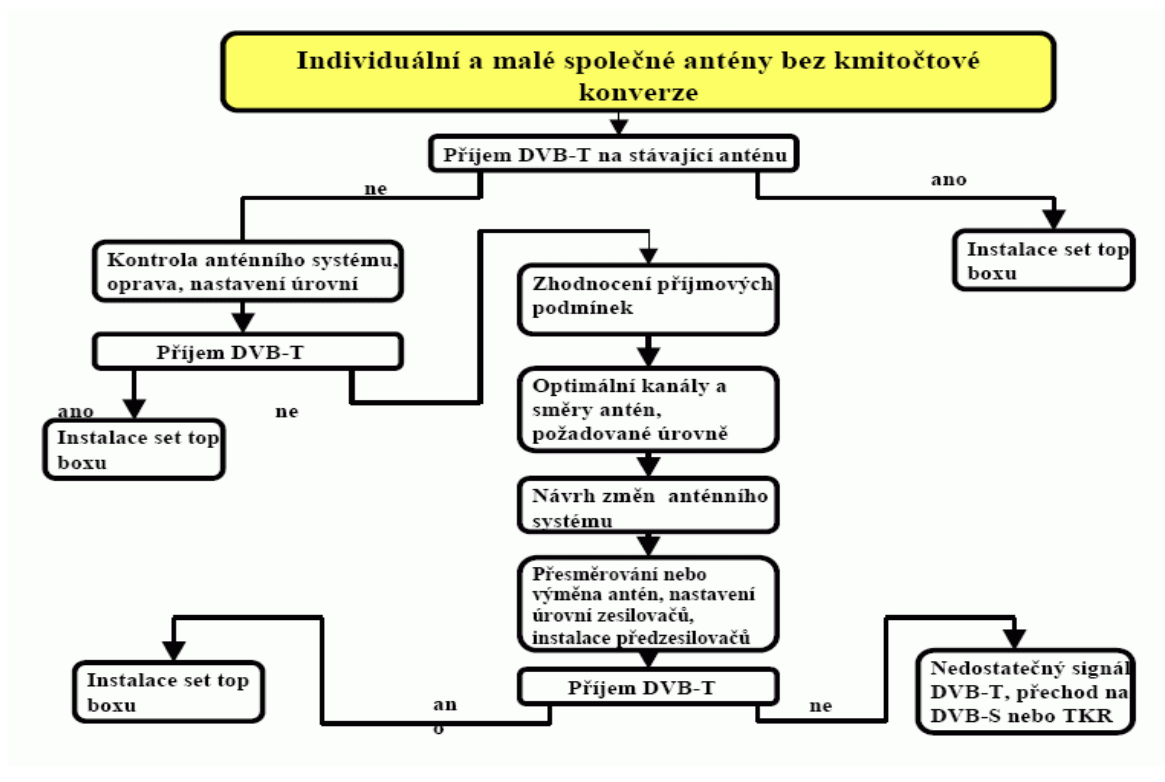
6.3.3 Hvězdicový rozvod



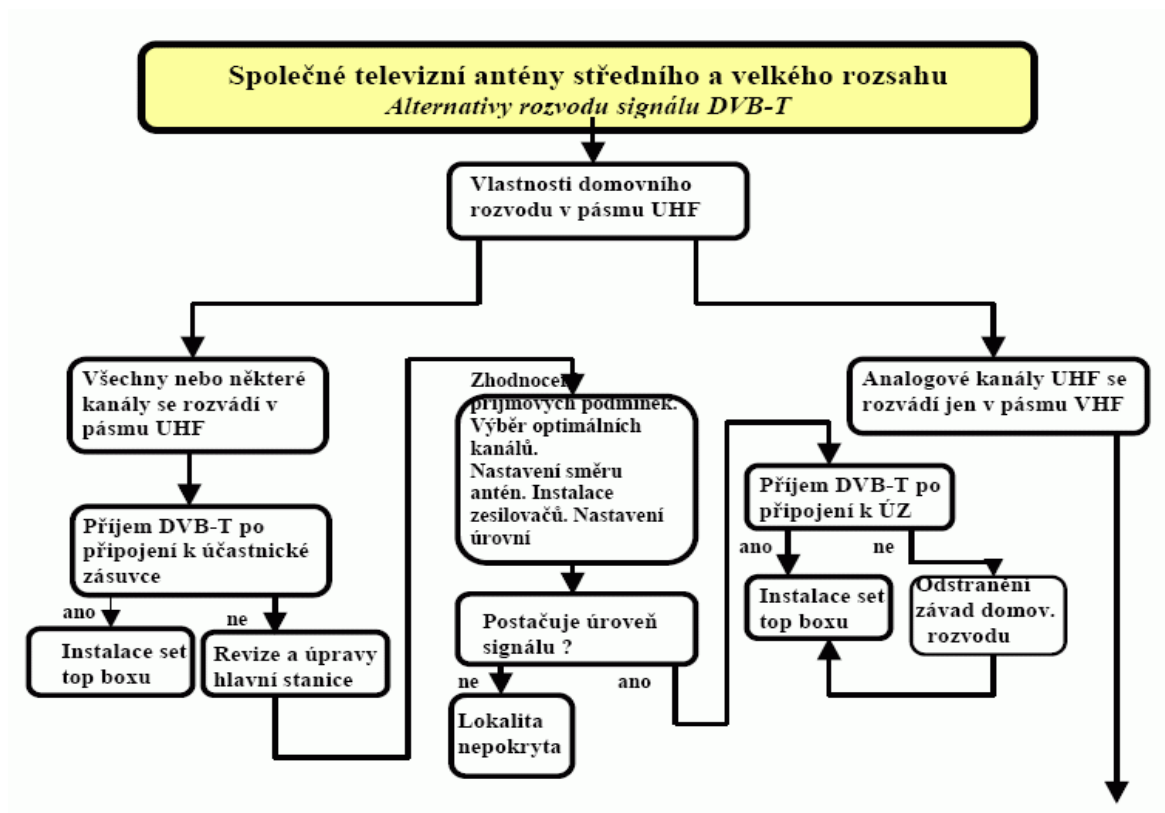
Obrázek 53 Hvězdicový rozvod [18]

U starších společných antén se hvězdicový rozvod nepoužíval. Nebyly k dispozici kvalitní koaxiální kabely s malým vnějším průměrem a rozváděly se jen dva TV programy. Nyní se hvězdicové uspořádání projektuje pro nové domy, hotely a rodinné domky. Významnou předností je možnost individuální programové nabídky zařazením filtru do přípojného vedení. Zásah do účastnické zásuvky prakticky neovlivní ostatní uživatele připojené k centrálnímu bodu. [18]

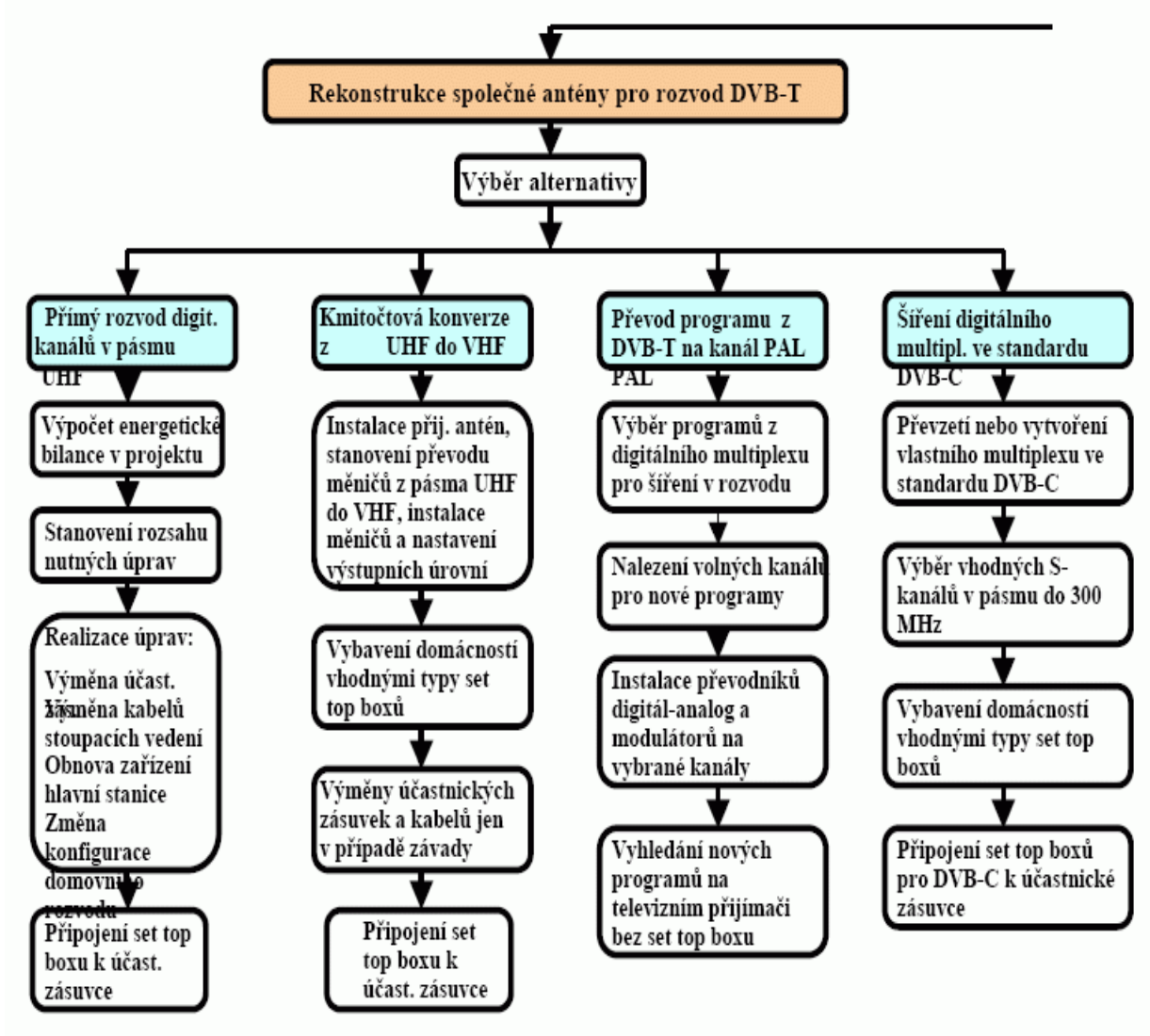
7 NÁVRH ŘEŠENÍ ÚPRAVY STA



Obrázek 54 Individuální a malé společné antény [13]



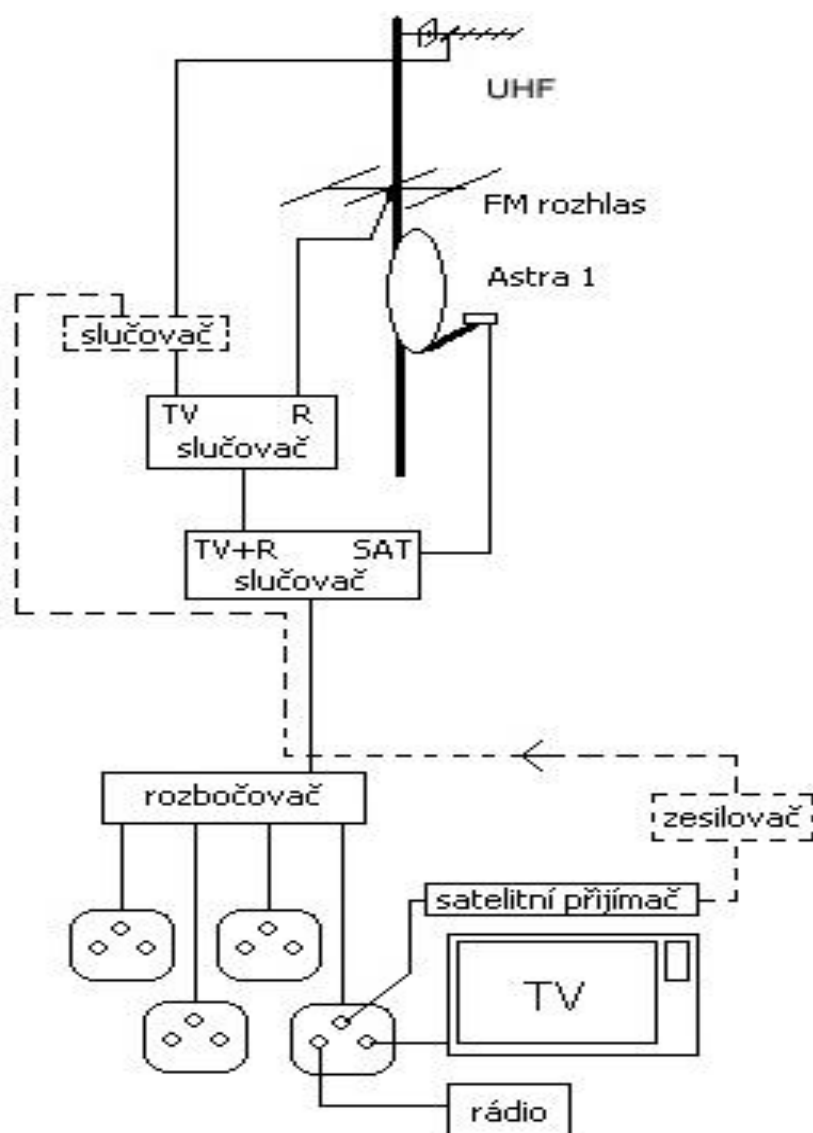
Obrázek 55 Společné televizní antény středního a velkého rozsahu [13]



Obrázek 56 Rekonstrukce společné antény pro rozvod DVB-T [13]

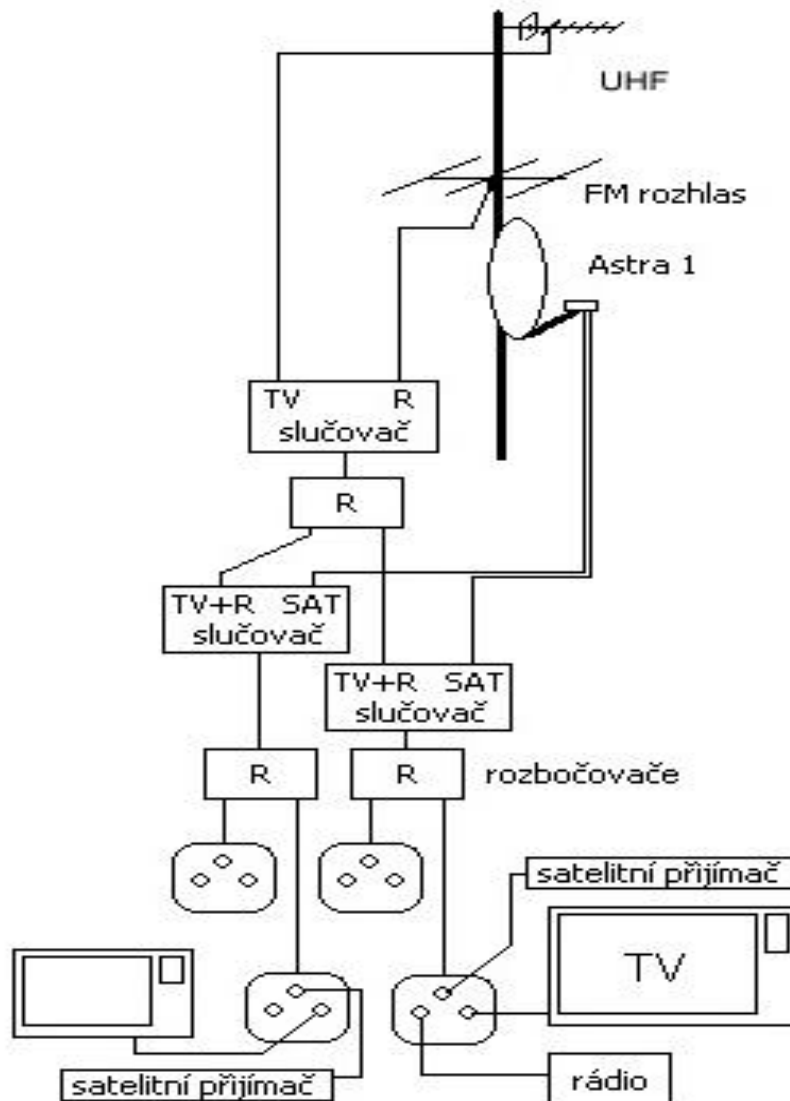
7.1 Současné rozvody STA

Jedná se o jednoduchý malý, hvězdicový rozvod pro příjem DVB-T-S, FM. Rozvod je určen pro rodinné domy. Satelitní přijímač lze zapojit pouze do jedné účastnické zásuvky.



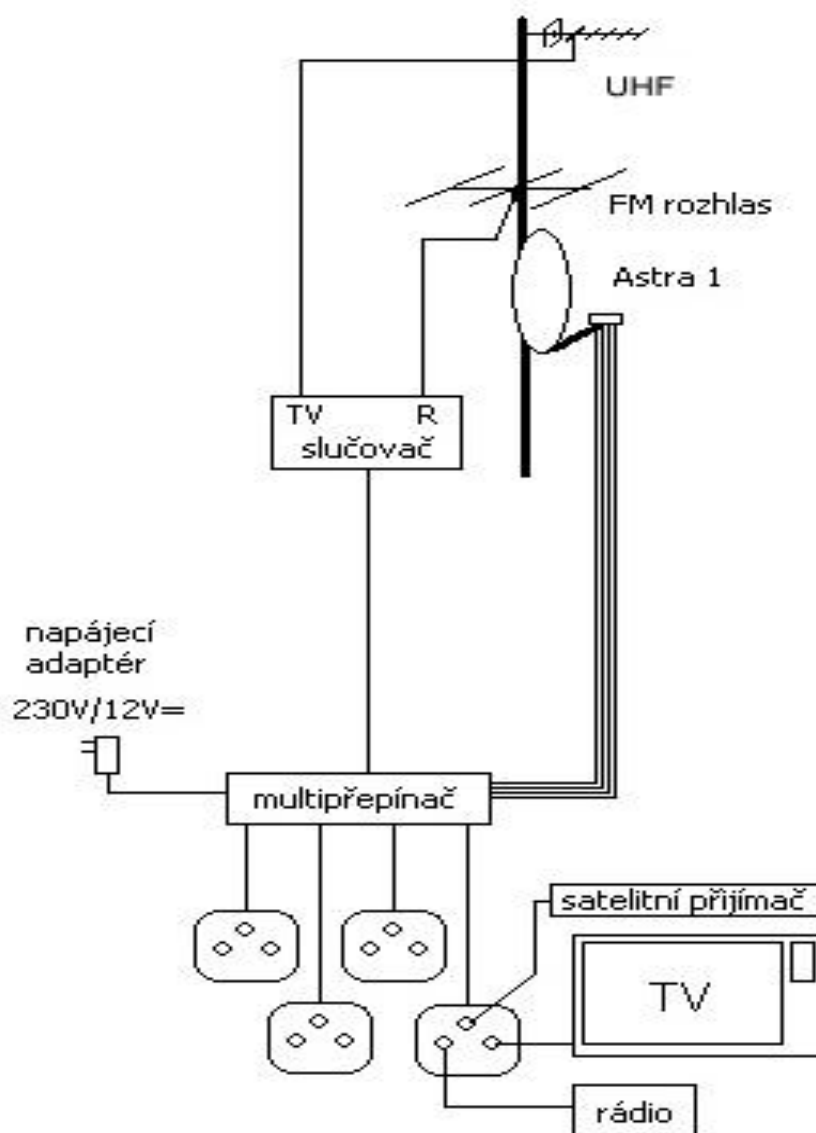
Obrázek 57 Hvězdicový rozvod jednoduchý DVB-T-S [18]

Hvězdicový rozvod DVB-T-S, FM. viz obr. je doplněn o dvojitý (TWIN) LNB konvertor, který umožňuje nezávislé připojení dvou satelitních přijímačů.



Obrázek 58 Hvězdicový rozvod jednoduchý DVB-T-S, FM - doplněn o dvojitý (TWIN) LNB konvertor [18]

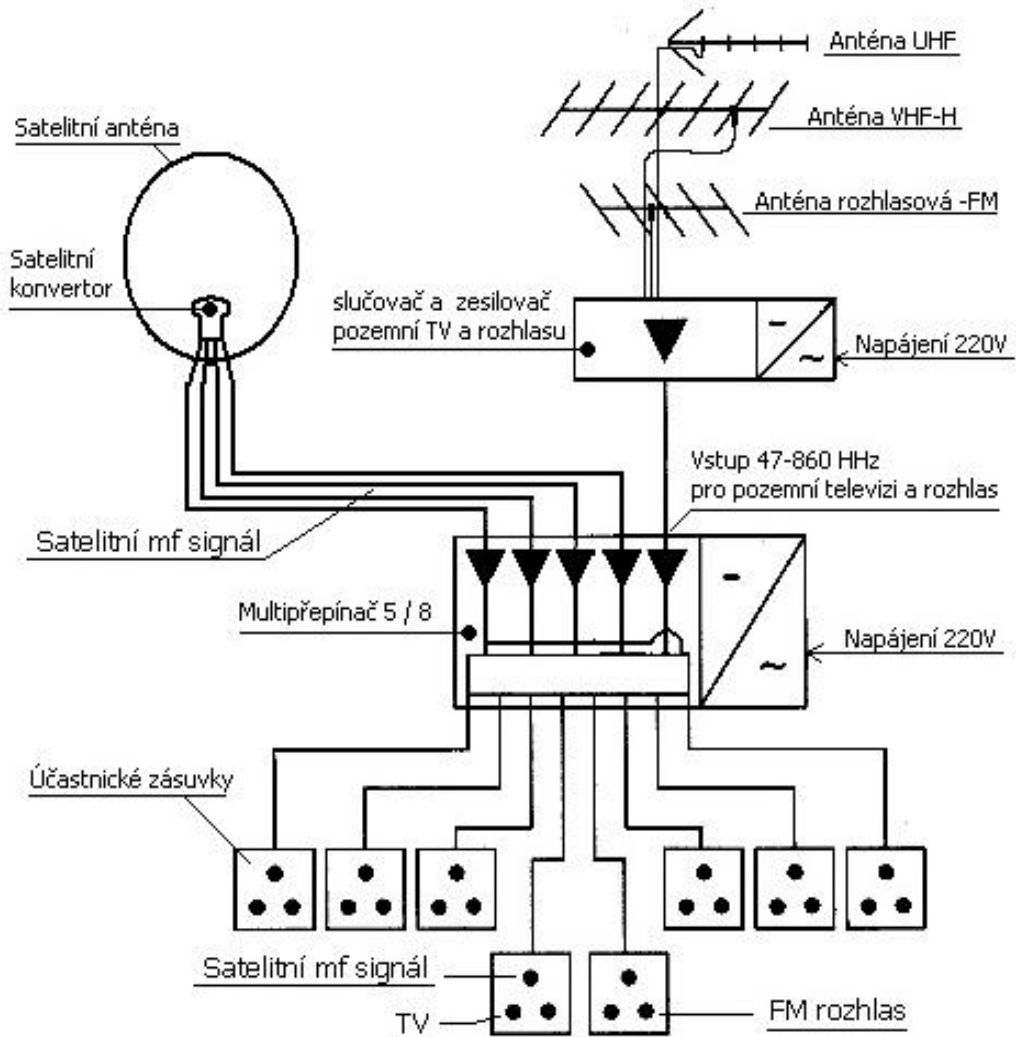
Hvězdicový rozvod DVB-T-S, FM. Umožňuje nezávislé připojení satelitních přijímačů ke všem účastnickým zásuvkám.



Obrázek 59 Hvězdicový rozvod DVB-T-S [18]

Hvězdicový rozvod se zapojeným multipřepínačem je v současnosti nejvíce užívaným zapojením STA v bytových domech.

Multipřepínač se vyrábí ve více variantách tj. počet LNB vstupů a výstupů pro připojení účastnické zásuvky dle projektu nebo požadavku zákazníka.



60 Hvězdicový rozvod se zapojeným multipřepínačem [18]

8 STA V PRAXI

Uvedené rozvody jsou rekonstrukcí rozvodů původních analogových v bytových domech. Rozvody jsou projektovány včetně individuálního satelitního příjmu pro každého účastníka v domě. Náklady s přidáním DVB-S do rozvodu jsou minimální, hlavním důvodem instalace DVB-S je „očistění“ domu od satelitních antén připevněných na balkónech a zdech jednotlivých bytových jednotek domu.

8.1 Montáže STA

Jednoduchý hvězdicový rozvod DVB-T-S, FM, pro devatenáct účastníků. Hlavní stanice zajišťuje příjem a následnou distribuci signálů ze 3 družic ASTRA 19,2°E, ASTRA 23,5°E, THOR 0,8°W, 3 multiplexy DVB-T, rozhlas FM. Hlavní stanice je instalována v původní rozvodnici.

Osazení: programovatelný zesilovač Televes Avant 3, multipřepínač 13/26, 13x přepěťová ochrana, anténa TVB 21-60, anténa FM, 2x anténa AI 85/39dB, 3x LNB Quattro 0,2 dB, 19x zásuvka TV-R-SAT koncová -1 dB.



Obrázek 61 Osazení hlavní stanice v původní rozvodnici [vlastní zdroj]



Obrázek 62 Osazení anténního stožáru [vlastní zdroj]

Hvězdicový rozvod DVB-T-S, FM pro čtyřicet účastníků. Hlavní stanice zajišťuje příjem a následnou distribuci signálů ze 3 družic ASTRA 19,2°E, ASTRA 23,5°E, THOR 0,8°W, 4 multiplexy DVB-T, rozhlas FM. Hlavní stanice je instalována v původní rozvodnici.

Osazení: programovatelný zesilovač Televes Avant 3, 2x multipřepínač 13/20, 3x Rozbočovač LNB QUATRO pro dva multipřepínače, 13x přepěťová ochrana, 2x anténa TVB 21-60, anténa FM, 2x anténa A1 85/39dB, 3x LNB Quattro 0,2 dB, 40x zásuvka TV-R-SAT koncová -1 dB.



Obrázek 63 Osazení hlavní stanice v původní rozvodnici [vlastní zdroj]



Obrázek 64 Osazení anténního stožáru [vlastní zdroj]

8.2 Montáže STA provedené neodbornou firmou

Po ukončení analogového vysílání byla nutná rychlá revitalizace STA, poptávka byla značná a do výběrových řízení na rekonstrukci STA v bytových domech se hlásilo mnoho firem. Při výběru montážní firmy pověřenými správci domu, byl často velmi hektický a neuvážený. Firmy, které byly vybírány neměly s montážemi STA žádné zkušenosti nebo jen minimální, jednalo se převážně o elektroinstalátorské firmy, které nedisponovali

žádnou měřicí technikou pro anténní a satelitní systémy a v daném oboru měly nulové reference. Pro výběr takové firmy rozhodovala u mnoha správců bytových domů pouze cena.

Ukázky neodborné montáže:



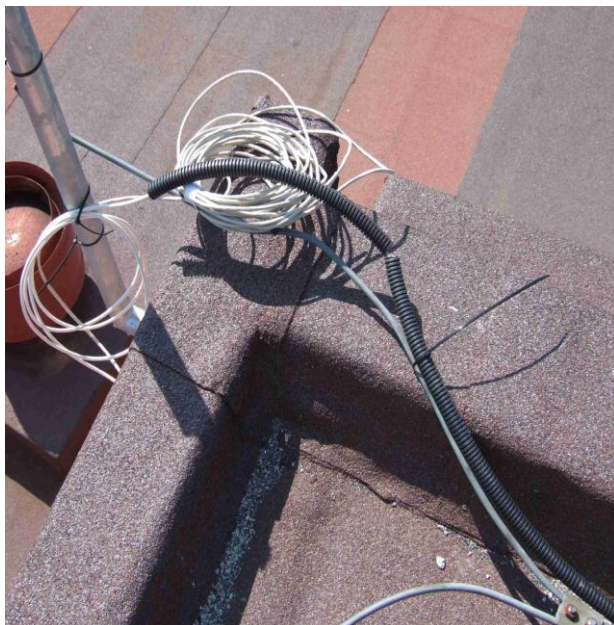
Zapojení širokopásmového předzesilovače bez ochranné venkovní krabice. Předzesilovač po zhoršených povětrnostních podmínkách přestal být funkční.

Obrázek 65 Neodborné zapojení předzesilovače [vlastní zdroj]



Amatérské provedení anténního stožáru elektroinstalátorskou firmou pro činžovní dům. Nepovolené uchycení kabelové chráničky za svod vnější ochrany před bleskem.

Obrázek 66 Amatérské provedení anténního stožáru [vlastní zdroj]



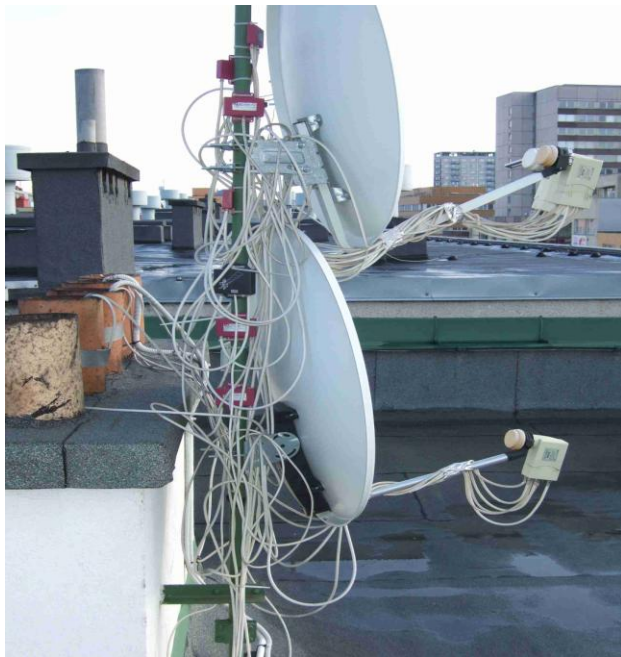
Zanechání smotku kabelu a nepovolené uchycení kabelové chráničky za svod vnější ochrany před bleskem.

Obrázek 67 Nepovolené uchycení kabelové chráničky [vlastní zdroj]



Umístění multipřepínačů do nevhodné, malé rozvodnice, celkově nepřehledné zapojení LNB rozbočovačů.

Obrázek 68 Nevhodné umístění hlavní stanice [vlastní zdroj]



Obrázek 69 Nepřehledné zapojení parabolických antén [vlastní zdroj]

Výše uvedené obrázky jsou dokumentem nekvalitně provedené montáže anténních systému. Tyto neodborné montáže museli majitelé domů nechat nákladně přeinstalovat profesionální firmou, neboť po pár týdnech provozu byl rozvod STA částečně nebo zcela nefunkční.

ZÁVĚR

Analogové vysílání bylo v České republice ukončeno 12. února 2012. První digitální vysílání bylo spuštěno 21. října 2005. Digitální vysílání televize nový způsob pro přenos televizního signálu, než jaký byl používán doposud. To znamená, že jednotlivé složky televizního vysílání, jako je obraz, zvuk a popřípadě další doprovodné služby (např. teletext), jsou přenášeny v digitální podobě. Tento způsob vysílání zcela nahradil běžný způsob přenosu televizního signálu.

Jakékoliv pozemní vysílání probíhá v rámci stejné a uzavřené skupiny kmitočtů. Přechodem na digitální vysílání bylo zvýšení kvality příjmu a přenášení více programů, nebo využití část kmitočtů pro jiné služby/účely. Výhodou je i další rozšíření služeb a programů.

Hlavní výhodou digitálního vysílání je kvalitní obraz a zvuk a vyšší odolnost k vůči nežádoucím vlivům okolního prostředí.

Za příjem pozemního digitálního vysílání se neplatí žádné aktivační ani měsíční poplatky. Možná v budoucnosti se objeví i několik prémiových kanálů, které budou placeny.

Digitální vysílání je více odolnější proti různým odrazům oproti analogovému příjmu. Je dostupnější i v místech, kde dříve byl problém s analogovým signálem. Další výhodou je větší počet programů na jednom kmitočtovém pásmu.

Z důvodu přechodu na digitální vysílání a změnou způsobu přenosu je třeba ke starším televizorům dokoupit další krabičku ke svému televizoru a další ovladač, který mnohým dělá problémy. Novější televizory už mají digitální tunery zabudované. Nevýhodou je, že ke každému staršímu televizoru musí být zvlášť set – top – box.

Další výhodou je i příjem digitálního rozhlasového vysílání, které je možné přijímat i na televizorech.

Antény jsou stejné jak pro analogový tak i digitální signál. Bylo především potřeba vyměnit hlavní stanice v STA. Při jejich výměně se ve většině případů zároveň rekonstruoval i celý televizní rozvod. V tomto případě bylo pokud možno pozvat specializovanou firmu, která má s tímto zkušenosti, vhodnou měřicí techniku a dobré reference.

CONCLUSION

Analogue broadcasting was finished in the Czech Republic on 12 February 2012. The first digital broadcasting was launched on 21 October 2005. Digital TV broadcasting is a new way of transmitting a television signal different from the one used before. This means that the various components of television broadcasting, such as video, audio and or other services (e.g., Teletext) are transmitted in a digital format. This method of transmission has completely replaced the common mode of transmitting television signals.

Any terrestrial broadcasting takes place within a closed group of the same frequencies. The transition to digital broadcasting has increased the quality of reception and transmission of multiple programs, or the frequencies have been used for other services/purposes. Another advantage lies in the further expansion of services and programs.

The main advantage of digital broadcasting is higher quality audio and video and higher resistance against adverse effects of the environment.

There are not any activation or monthly fees for the reception of terrestrial digital broadcasting. In the future, several premium channels might emerge which will be paid. Compared to analogue reception, digital broadcasting is more resistant to various reflections. It is accessible even in places having problems with the analogue signal in the past. Another advantage consists in a higher number of programs in one frequency band. Due to the transition to digital broadcasting and changing the mode of transmission, it is necessary for owners of old television sets to buy another box and another remote control which often causes many problems. Newer TV sets have digital tuners already built-in. The disadvantage is that each old TV set must be connected to a separate set - top - box. Another advantage is the reception of digital radio broadcasting that can be received on TVs as well.

Antennas are the same for both analogue and digital signals. It was particularly necessary to replace the main stations in STA (Common TV Antenna). When replacing them, in most cases, the entire television distribution also had to be reconstructed. In such cases, it was recommended to invite a specialist firm that had experience with this issue, a suitable measuring technique, and good references.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BEDNÁŘ, Jiří. *Digitální televize: [populární průvodce technologií DVB-T]*. 2. vyd. Praha: Sdělovací technika, 2007, 141 s. ISBN 978-80-86645-17-9.
- [2] BEDNÁŘ, Jiří a Pavel GREGORA. *Přijem DVB-T*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 134 s. ISBN 978-80-7300-221-3.
- [3] ČESKÝ, Tomáš. *Antény pro příjem televize*. 3., upr. a dopl. vyd. Praha: SNTL, 1991, 264 s. ISBN 80-030-0615-5.
- [4] LEGÍŇ, Martin a Pavel GREGORA. *Televizní technika DVB-T*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 286 s. ISBN 80-7300-204-3.
- [5] MATUSZCZYK, Jacek. *Antény prakticky*. 3. české vyd. Praha: BEN, 2005, 239 s. ISBN 80-730-0178-0.
- [6] PROCHÁZKA, Miroslav. *Antény: Encyklopedická příručka*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2000, 287 s. ISBN 80-860-5659-7.

Internetové zdroje

- [7] Antenní měřicí polygon. *Ramet: ANTENNÍ MĚŘICÍ POLYGON* [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.rametchm.cz/index.php?typ=RMA&showid=99>
- [8] Digitální vysílání. *Digitálně.cz* [online]. [cit. 2012-11-27]. Dostupné z: <http://www.digitalne.tv/koho-se-tyka/#dvb-t>
- [9] MASOJÍDEK, Michal. Ing. *Digitální televize. Elektronické zařízení* [online]. 2013, 25.4.213 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.prijemdigitalnitelevize.cz>
- [10] Multiplex 1. *Wikipedia* [online]. 4. 3. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Multiplex_1
- [11] Nejčastnější dotazy k digitálnímu vysílání. *Český telekomunikační úřad* [online]. © 2008 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://www.ctu.cz/cs/download/digitalni_vysilani/digitalizace-brozura.pdf
- [12] PÁLKA, J. *Česká televize: Česká televize* [online]. 2009. vyd. 2009 [cit. 2012-11-27]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10256399182-jak-se-dobre-digitalne-naladit/209572233580003-prijem-digitalniho-vysilani/>
- [13] POTŮČEK, Jan. *Stát radí, jak na digitální televizi s STA. Elektronické zařízení* [online]. © 2005 – 2013, 25.4.213 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.digizone.cz/clanky/stat-radi-jak-na-digitalni-televizi-s-sta/?discussionBox-tabId=top&do=discussionBox-switch>

- [14] Prehistorie. *Česká televize: Prehistorie* [online]. © 1996–2013 | 10 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/vse-o-ct/historie/ceskoslovenska-televize/prehistorie/>
- [15] PROCHÁZKA, M.Ing.CSc. Měření elektrických parametrů antén. *Praktická elektronika A Radio*. Praha: AMARO spol. s r. o., 1999, IV/1999, č. 2, s. 45. ISSN 1211-328x. DOI: 1211-328X. Dostupné z: <http://om6bb.bab.sk/files/HAM%20Kniznica/Magaziny/Amaterske%20radio%20pro%20Konstruktery/1999-02a.pdf>
- [16] REDAKCE. *Digitální televize DVB-T: Digitální televize DVB-T* [online]. 2002. vyd.[cit.2012-11-27]. Dostupné z: http://www.stereomag.cz/print_clanek.php?id_cl=161
- [17] ŘÍČNÝ, Václav. Prof. Ing. CSc. Blokové schéma jednoduchého Set-top-boxu DVB-T. *Moderní multimediální elektronika: P ř íjem digitálního vysílání a p ř íjma č e pro DVB-T* [online]. 14. 3. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://www.urel.feec.vutbr.cz/web_documents/studium/u3v/U3V_multimedia_03.pdf
- [18] Technické ekonomické aspekty. *Stavební bytové družstvo ve Frýdku Místku* [online]. 2013, 25.4.213 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: http://www.sbdfm.cz/download2.php?dir=xdownload&id=915&file=xdownload/Technicke_a_ekonomicke_aspekty.pps.
- [19] Technický vývoj televize v datech a souvislostech. *Česká televize: Prehistorie* [online]. © 1996–2013 | 10 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/vse-o-ct/historie/televizni-technika/technicky-vyvoj-televize-v-datech-a-souvislostech/>
- [20] TELEVES. *Televés: FOT-149500-03* [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.televés.com/en/recursos/imagen/fot-149500-03>
- [21] TOMAN, Jiří a Ivo PROCHÁZKA. Technické základy: Technika. *Česká televize* [online]. © 1996–2013 | 10 [cit. 2013-01-27]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/vse-o-ct/technika/digitalni-pozemni-vysilani-dvb-t/technicke-zaklady/>
- [21] TRPÁK, K. [online]. Česká televize. říjen 2006 [cit. 2012-11-27]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/vse-o-ct/technika/obraz/stanovisko-ceske-televize-k-volbe-kodovaciho-systemu-pro-digitalni-televizni-vysilani-dvb-t/?glossaryChar=M/>
- [22] VOJÁČEK, Antonín. *Digitální televize DVB-H a integrované obvody Freescale*. Hw.cz [online]. 19. Červenec 2007. © 1997 - 2012 [cit. 2013-01-26]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/soucastky/digitalni-televize-dvb-h-a-integrované-obvody-freescale.html>

[23] Wikipedia. *Anténa* [online]. 2012, 2012 [cit. 2012-11-27]. Dostupné z:

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Ant%C3%A9na>

[24] Wikipedie. *DVB-T. DVB-T* [online]. 9. 3. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z:

<http://cs.wikipedia.org/wiki/DVB-T>

[25] Wikipedie. *MPEG-2*. [online]. 19. 3. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z:

<http://cs.wikipedia.org/wiki/MPEG-2>

[27] Wikipedia. *Set-top_box* [online]. 2012 [cit. 2012-11-27]. Dostupné z:

http://cs.wikipedia.org/wiki/Set-top_box

Obrázky a grafy

[28] VALIŠ, Petr. Vaten. 2013.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAC	Advanced Audio Coding
AVC	Advanced Video Coding
ATSC	Advanced Television Systems Committee
BER	Bit Error Ratio
CA	Conditional Access
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
COFDM	Coded Orthogonal Frequency
DCT	Discrete Cosine Transform
DPCM	Differential pulse-code modulation
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable
DVB-H	Digital Video Broadcasting - Handheld
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
DTS	Devoce Time Stamp
EBU	European Broadcasting Union
EPG	Electronic Program Guide
ETSI	European Broadcasting Union
FCC	Federal Communications Commission
FEC	Forward Error Correction
HDTV	High Definition TV
IDTV	Integrated Digital Television
ISDB-T	Integrat Services Digital Broadcasting -Terrestrial
ITU	International Telecommunication Union
LDTV	Low Definition TV

MFN	Multiple Frequency Network
MP3	Motion Picture experts group - layer
MPEG	Moving Picture Expert Group
NTSC	National Television System Committee
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
PAL	Programmable Array Logic
PCM	Pulse Code Modulation
QAM	Queued Access Method
QPSK	Quadrature Phase shift Keying
SDT	Service Description Table
SDTV	Standart Definition Television
SFN	Single Frequency Network
STA	Společná Televizní Anténa
STB	set - top - box
T-DAB	Terrestrial- Digital Audio Broadcasting
TV	television
UHF	Ultra High Frequency
VBV	Video Buffer Verifier
VCL	Video Cosiny Layer
VLC	Variable Length Code

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Televizní řetězec [21].....	16
Obrázek 2 Zpracování TV signálu pro komprimované digitální vysílání[4].....	34
Obrázek 3 Formát obrazu 4:2:2 ITU R 601 (YUV) [4]	35
Obrázek 4 Skupina snímků[4]	37
Obrázek 5 Zapojení dekodéru standartu MPEG-2 [4]	40
Obrázek 6 Blokové schéma jednoduchého Set-top-boxu DVB-T [17]	41
Obrázek 7 Nerovnoměrnost rozložení elektromagnetického pole v blízkosti vysílače v pásmu UHF [3].....	46
Obrázek 8 Průběh signálu při správné polarizaci antény. [vlastní zdroj]	47
Obrázek 9 Průběh signálu při opačné polarizaci antény. [vlastní zdroj]	47
Obrázek 10 Schéma měřicí soustavy pro měření směrových diagramů [15].....	49
Obrázek 11 Anténa TVB 21-60 [28]	50
Obrázek 12 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]	50
Obrázek 13 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]	50
Obrázek 14 Směrový diagram [28].....	50
Obrázek 15 Anténa TVA 21-60 [28].....	51
Obrázek 16 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]	51
Obrázek 17 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]	51
Obrázek 18 Směrový diagram [28]	51
Obrázek 19 Color standard [28].....	52
Obrázek 20 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]	52
Obrázek 21 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]	52
Obrázek 22 Směrový diagram [28].....	52
Obrázek 23 Color standard plus [28]	53
Obrázek 24 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]	53
Obrázek 25 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]	53
Obrázek 26 Směrový diagram [28]	53
Obrázek 27 Color Klasik [28].....	54
Obrázek 28 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]	54
Obrázek 29 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]	54
Obrázek 30 Směrový diagram [28]	54
Obrázek 31 Color Klasik plus [28].....	55

UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, 2013	91
Obrázek 32 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [28]	55
Obrázek 33 Činitel stojatých vln (ČSV) [28]	55
Obrázek 34 Směrový diagram [28]	55
Obrázek 35 Anténa firmy Televes [20].....	56
Obrázek 36 Průběh zisku v závislosti na frekvenci [20]	56
Obrázek 37 Směrový diagram [20].....	56
Obrázek 38 Televes 45,TVB 21-60 síto malé husté, color KLASIK [28].....	57
Obrázek 39 Televes 45, TVB 21-60 síto malé husté, color STANDARD plus [28].....	57
Obrázek 40 Anténa TVB 21-60	61
Obrázek 41 Anténa TVB 21-60	61
Obrázek 42 Anténa TVB 21-60	61
Obrázek 43 Anténa TVA 21-60 (velké síto).....	62
Obrázek 44 Anténa TVA 21-60 (velké síto).....	62
Obrázek 45 Anténa TVA 21-60 (velké síto).....	62
Obrázek 46 Anténa Color KLASIK plus	63
Obrázek 47 Anténa Color KLASIK plus	63
Obrázek 48 Anténa Color KLASIK plus	63
Obrázek 49 zásuvka průběžná 6AN 050 07 a koncová 6AN 050 12.....	65
Obrázek 50 Zásuvka průběžná 6AN 050 21 a koncová 6AN 050 18.....	66
Obrázek 51 Sériové zapojení televizních zásuvek [9]	69
Obrázek 52 Zapojení s odbočkami [18].....	70
Obrázek 53 Hvězdicový rozvod [18].....	71
Obrázek 54 Individuální a malé společné antény [13].....	72
Obrázek 55 Společné televizní antény středního a velkého rozsahu [13].....	72
Obrázek 56 Rekonstrukce společné antény pro rozvod DVB-T [13]	73
Obrázek 57 Hvězdicový rozvod jednoduchý DVB-T-S [18]	74
Obrázek 58 Hvězdicový rozvod jednoduchý DVB-T-S, FM - doplněn	75
Obrázek 59 Hvězdicový rozvod DVB-T-S [18]	76
Obrázek 60 Hvězdicový rozvod se zapojeným multipřepínačem [18].....	77
Obrázek 61 Osazení hlavní stanice v původní rozvodnici [vlastní zdroj].....	78
Obrázek 62 Osazení anténního stožáru [vlastní zdroj]	78
Obrázek 63 Osazení hlavní stanice v původní.....	79
Obrázek 64 Osazení anténního	79
Obrázek 65 Neodborné zapojení předzesilovače.....	80

Obrázek 66 Amatérské provedení anténního	80
Obrázek 67 Nepovolené uchycení kabelové	81
Obrázek 68 Nevhodné umístění hlavní	81
Obrázek 69 Nepřehledné zapojení	82

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Požadované C/N (dB) pro nehierarchické vysílání pro dosažení BER = $2 \cdot 10^{-4}$ za Viterbiho dekodovačem pro všechny kombinace kódových poměrů a typů modulace. Jsou tu uvedeny i čisté bitové rychlosti za Reed-Solomonovým dekodovačem. [4]	25
Tabulka 2 Minimální úrovně napětí a intenzity elmag. pole pro kanály vysílaných DVB-T služeb v Čechách a na Slovensku (pevný příjem)[4]	27
Tabulka 3 Minimální úrovně napětí a intenzity elektromagnetického pole pro kanály vysílaných DVB-T služeb v Čechách a na Slovensku (vnější přenosný příjem)[4].....	28
Tabulka 4 Minimální úroveň napětí a intenzity elmag. pole pro kanály vysílaných DVB-T služeb v Čechách a na Slovensku (vnitřní přenosný příjem)[4].....	29
Tabulka 5 Hlavní metody používané u obou druhů kompresí [21]	32
Tabulka 6 C/N pro dosažení BER = $2 \cdot 10^{-4}$ za Viterbiho dekodérem [4].....	43
Tabulka 7 Elektrické vlastnosti TVB 21-60	50
Tabulka 8 Elektrické vlastnosti TVA 21-60	51
Tabulka 9 Elektrické vlastnosti Color STANDARD.....	52
Tabulka 10 Elektrické vlastnosti Color STANDARD plus	53
Tabulka 11 Elektrické vlastnosti Color KLASIK.....	54
Tabulka 12 Elektrické vlastnosti Color KLASIK plus	55
Tabulka 13 Elektrické vlastnosti Televes DAT 45 HD	56
Tabulka 14 Technické parametry vysílače Zlín – Tlustá Hora	59
Tabulka 15 Technické parametry vysílače Zlín – Jižní Svahy.....	59
Tabulka 16 Technické parametry vysílače Nové Mesto nad Váhom – Velká Javorina.....	60
Tabulka 17 Původní typ používaného kabelu pro bytové rozvody.....	67
Tabulka 18 Současný typ používaného kabelu pro bytové rozvody.....	67
Tabulka 19 Měrný útlum při 20°C (dB/100m)	68
Tabulka 20 Kmitočtová závislost měrného útlum	68

