



TECH pedia



MODERNÍ TV STANDARDY

PAVOL PODHRADSKÝ, PETER TRÚCHLY

Název díla: Moderní TV standardy
Autor: Pavol Podhradský, Peter Trúchly
Přeložil: Jaroslav Svoboda, Jaromír Hrad
Vydalo: České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Kontaktní adresa: Technická 2, Praha 6
Tel.: +420 224352084
Tisk: (pouze elektronicky)
Počet stran: 34
Edice (vydání): 1. vydání, 2017
ISBN 978-80-01-06286-9

TechPedia

European Virtual Learning Platform for
Electrical and Information Engineering

<http://www.techpedia.eu>

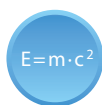


Tento projekt byl realizován za finanční podpory
Evropské unie.

Za obsah publikací odpovídá výlučně autor.

Publikace (sdělení) nereprezentují názory Evropské
komise a Evropská komise neodpovídá za použití
informací, jež jsou jejich obsahem.

VYSVĚTLIVKY



Definice



Zajímavost



Poznámka



Příklad



Shrnutí



Výhody



Nevýhody

ANOTACE

Tento modul podává stručný přehled o koncepci analogové a digitální televize. Dnešní trendy vývoje v oblasti televizního vysílání se soustředí na integraci infrastruktury pro samotné vysílání a ICT na bázi IP. Nejdůležitějším cílem tohoto výukového modulu je poskytnout přehled standardů pro systémy DVB (Digital Video Broadcasting – digitální televizní vysílání) a HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband Television – hybridní širokopásmové televizní vysílání).

CÍLE

Hlavním cílem tohoto modulu je poskytnout čtenáři základní znalosti týkající se digitální televize (DVB TV), koncepce hybridního širokopásmového televizního vysílání (HbbTV), a zejména standardů pro DVB TV a HbbTV.

LITERATURA

- [1] Lundström, Lars-Ingemar. *Understanding Digital Television - An Introduction to DVB Systems with Satellite, Cable, Broadband and Terrestrial TV*. Elsevier, 2006. 316 pages. ISBN 978-0-240-80906-9
- [2] Benoit, Hervé. *Digital Television - Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*. Third Edition. Elsevier, 2006. 289 pages. ISBN: 978-0-240-52081-0
- [3] O'Driscoll, Gerard. *The Essential Guide to Digital Set-Top Boxes and Interactive TV*. Prentice Hall, 2000. 320 pages. ISBN 0130173606
- [4] Wu, Yiyang et al. Comparison of terrestrial DTV transmission systems: the ATSC 8-VSB, the DVB-T COFDM, and the ISDB-T BST-OFDM. *IEEE Transactions on Broadcasting* (Vol. 46, No. 2). 2000. pp. 101 - 113
- [5] Sarginson, P.A. *MPEG-2: Overview of the systems layer*. BBC Research & Development Department, 1996.
- [6] DVB Standards & BlueBooks, <http://www.dvb.org/standards/>
- [7] DVB Project. *DVB-T2 - 2nd Generation Terrestrial: The World's Most Advanced Digital Terrestrial TV System*. DVB Fact Sheet, May 2015
- [8] DVB Project. *DVB-S2 - 2nd Generation Satellite*. DVB Fact Sheet, August 2012
- [9] DVB Project. *DVB-C2 - 2nd Generation Cable: The World's Most Advanced Digital Cable TV System*. DVB Fact Sheet, July 2012

- [10] Ciochina-Duchesne, Cristina; Castelain, Damien; Bouttier, Arnaud. Satellite Profile in DVB – NGH Physical layer technical choices and motivations. 6th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference (ASMS) and 12th Signal Processing for Space Communications Workshop (SPSC), 2012
- [11] DVB Project. DVB-MHP - Multimedia Home Platform: Open Middleware for Interactive TV. DVB Fact Sheet, May 2011
- [12] ETSI TS 102 796 V1.3.1,
http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102796/01.03.01_60/5Cts_102796v010301p.pdf
- [13] ETSI TS 102 796 V1.1.1,
http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102796/01.01.01_60/ts_102796v010101p.pdf
- [14] ETSI TS 102 796 V1.2.1,
http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102796/01.02.01_60/5Cts_102796v010201p.pdf
- [15] Podhradský, Pavol; Mikóczy, Eugen; Dúha, Ján; Trúchly, Peter at al. NGN – Selected topics, LdV IMProvet, Educational publication, 137 pages, Published by ČVUT Praha, ISBN: 978-80-01-05295-2, August 2013, CD versions (SK, EN, CZ)
- [16] Podhradský, Pavol; Trúchly, Peter; Londák, Juraj; Schumann, Sebastian. New generation of multimedia services/applications, Educational publication, 32 pages, Published by ČVUT Praha, on-line versions (SK, EN, CZ, DE, ES)

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Koncepce analogové a digitální TV a jejich porovnání	9
3	Přehled a základní charakteristika standardů MPEG.....	11
4	Normy pro vysílání digitální televize.....	14
5	Normy DVB	16
5.1	DVB-T – pozemní vysílání digitální televize.....	18
5.2	DVB-S – satelitní vysílání digitální televize.....	20
5.3	DVB-C – kabelové vysílání digitální televize.....	22
5.4	DVB-H – Vysílání digitální televize pro mobilní zařízení.....	24
5.5	DVB-MHP.....	26
6	HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV)	27
6.1	Normy HbbTV	29
6.2	Služby HbbTV.....	33
7	Dodatek: Moderní TV normy – Televize přes protokol IP	34

1 Úvod

Televize (TV) prošla během svého vývoje mnoha stádii, počínaje primitivní mechanickou televizí (1884) přes elektronickou analogovou až po televizi digitální. Počátky mechanické televize leží v době, kdy byl vynalezen a patentován Nipkowův kotouč. Tento mechanický disk se otáčel kolem osy, přes malé dírky byly obrázky snímány a na druhém konci zobrazovány na malou plochu. Existovaly i komerčně dostupné domácí televizní přijímače (Baird, Octagon), ale tato primitivní zařízení byla zajímavá pouze pro zvědavce či nadšence.

Elektronická televize mohla být vyvinuta teprve tehdy, když byla vynalezena a sestrojena katodová trubice (CRT – cathode-ray tube), tj. obrazovka [1]; ta využívala elektronový paprsek, který dopadem na fluorescenční povrch obrazovky vytvářel obraz (řádek po řádku). První elektronická televize byla analogová a černobílá. Po roce 1950 se začala objevovat i barevná televize. Významný rozmach ve výrobě televizorů nastal po druhé světové válce ve Spojených státech, kde rapidně vzrostl počet domácností vlastnících televizní přijímače. Pro analogovou televizi byly vyvinuty tři kódovací systémy – NTSC, PAL a SECAM. Evropské země si osvojily systémy PAL/SECAM. Vysílače distribuovaly signál analogové televize jako sadu přenosových kanálů pomocí velmi krátkých (VHF) a ultra krátkých (UHF) vln, a to jeden televizní kanál na jedné nosné frekvenci.

V roce 1980 bylo sice již možné vysílat analogové video s digitálním audio signálem, ale přechod z analogové televize na digitální vyžadoval účinné kódovací algoritmy a procesory s velkým výkonem. S objevem kompresních algoritmů od skupiny MPEG v 90. letech se otevřela cesta k rozvoji a standardizaci digitální televize. Dnes je signál digitální televize vysílán buď prostřednictvím kabelových rozvodů, rádiově z pozemních vysílačů nebo z telekomunikačních družic, a to buď ve standardním, nebo vysokém rozlišení. Rychlý pokrok v informačních i komunikačních technologiích dále umožnil výměnu „obyčejných televizorů“ za „inteligentní televizory“, které jsou vybaveny širokopásmovým přístupem k Internetu. Tato schopnost přináší koncovým uživatelům mnoho nových aplikací, jako např. přístup k IPTV službám [2].

Současné úsilí v této oblasti se soustřeďuje na vývoj hybridního televizního vysílání. V roce 2009 vzniklo konsorcium **HbbTV** (*Hybrid Broadcast Broadband TV*), jehož hlavním cílem bylo zkombinovat vysílací TV systémy, širokopásmové připojení a IPTV služby, aby bylo možno dodávat uživatelům zábavu prostřednictvím jejich koncových zařízení, jakými jsou televizory a přídavné přijímače (set-top boxy).



Octagon



Baird model "C"

1928



1940 - 1960



1990 - 2014

Obr. 1 – Vývoj televizních přijímačů

2 Koncepce analogové a digitální TV a jejich porovnání

$E = m \cdot c^2$

Analogová televize (ATV) přenáší analogový signál, jehož amplitudy nabývají hodnot ze spojitého intervalu. Tento signál nese audiosignál (zvuk), videosignál (informace o jasu a barvě obrazu) a synchronizační informace (horizontální, vertikální). Audiosignál je modulován pomocí frekvenční modulace a videosignál se moduluje amplitudovou modulací, oba na stejné nosné (kanálové) frekvenci – tzn. jedna televizní stanice obsadí celou kapacitu jedné nosné frekvence (kanálu).

–

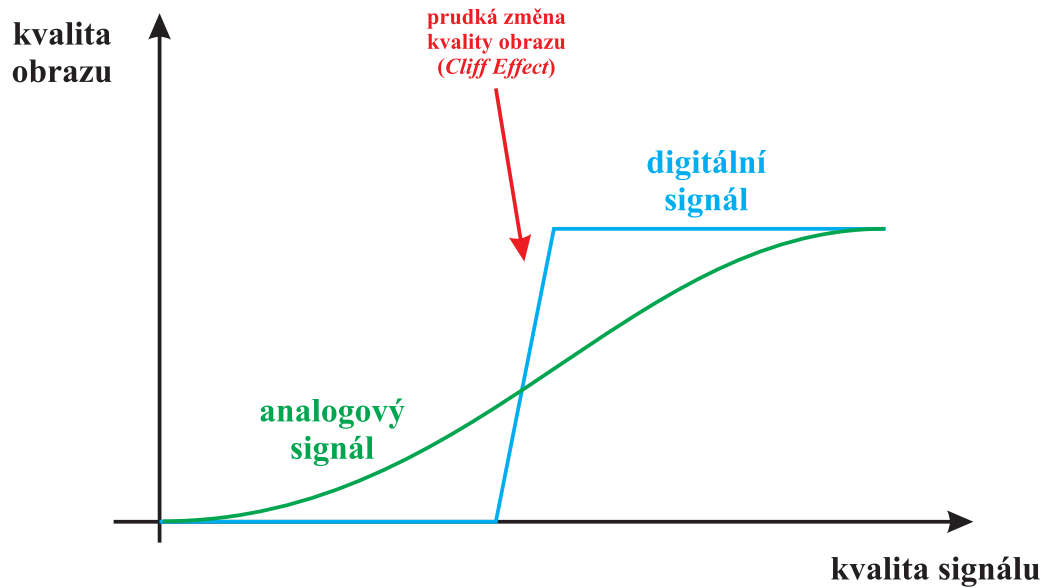
Analogová povaha přenášeného signálu způsobuje, že analogová televize obvykle nabízí nižší kvalitu obrazu. Analogový signál je během přenosu ovlivňován rušením a šumem (na přenos mají vliv fyzikální principy šíření signálu, odrazy, počasí), což v přijímaném obrazu způsobuje tzv. „duchy“ a zrnění (šum). Se zvětšující se vzdáleností mezi vysílačem a anténou uživatele úroveň analogového signálu klesá, a přenos tedy nemůže být zcela věrný.

Digitální televize (DTV) přenáší digitální signál. Pokud jsou zdrojové video- i audiosignály analogové, musí být nejprve zdigitalizovány, tedy převedeny „na nuly a jedničky“. Jak bude vysvětleno dále, musí být digitální signál ještě zkomprimován, a poté převeden do podoby transportního signálu, který je vhodný pro vysílání.

+

Signály DTV jsou chráněny kódy schopnými opravovat chyby, které umožňují obnovit původní signál i eliminovat šum a interference [1]. Proto mohou uživatelé sledovat TV kanály (obraz i zvuk) ve stejné kvalitě, jak byly vyslány (bez „duchů“). Tato technologie poskytuje uživatelům obraz jak ve standardním rozlišení (**SD**, *Standard Definition*), tak ve vysokém rozlišení (**HD**, *High Definition*), a zvuk v **CD** (**Compact Disc**) kvalitě. Digitální televize dokáže využít kapacitu jednoho frekvenčního kanálu efektivněji. Kompresní (a multiplexní) algoritmy umožňují operátorům vložit více televizních (a též rozhlasových) stanic do stejné šířky pásma, kterou by obsadila pouze jediná analogová televizní stanice. Digitální televize nabízí mnoho inovací s novým provozním modelem, který významně přispívá ke konvergenci počítačů, televize a Internetu. Výhody pro uživatele jsou zřejmé: stovky televizních i rozhlasových stanic a přístup k novým službám různých typů.

DTV i ATV využívají pro vysílání stejná média (kabel, volný prostor). Sdílejí stejné frekvenční pásmo, ale samozřejmě ne stejné frekvence ve stejném časovém intervalu. DTV není zpětně kompatibilní s ATV. Uživatelé digitální televize si musí koupit nový (přídavný) digitální přijímač (STB, set-top-box) [3]. Obrázek 2 ukazuje, jak se mění kvalita obrazu v závislosti na úrovni signálu pro DTV a ATV. Zjednodušeně můžeme říci, že buď je digitální obraz kvalitní, anebo žádný. Lze pozorovat dlouhý interval, v němž zůstává kvalita digitálního obrazu výborná, zatímco analogový obraz je postupně víc a víc zrnitý, případně s „duchy“.



Obr. 2 – Digitální televize – závislost kvality obrazu na úrovni signálu

3 Přehled a základní charakteristika standardů MPEG

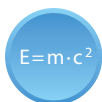
Jak již bylo řečeno, digitální televize vysílá digitální signál, ale multimediální obsah, tj. videosignály a audiosignály, přichází ze zdrojů v podobě analogových signálů, a proto musí být převeden do digitální podoby (pomocí analogově-digitálního převodníku).



Televizní analogový videosignál, který potřebuje šířku pásma 5 MHz v případě standardního evropského televizního signálu se 625 řádky, má 720 bodů (pixelů) na řádek, což představuje 414720 pixelů (576 x 720) na jeden snímek. Po digitalizaci by takovýto černobílý videosignál (s obnovovací frekvencí 25 snímků za sekundu) vyžadoval přenosovou rychlost přibližně 83 Mbit/s (v případě barevného obrazu pak až 250 Mbit/s). Tyto přenosové rychlosti jsou příliš velké a v reálných (např. satelitních) komunikačních systémech téměř nepoužitelné. Naštěstí videosignály i audiosignály obsahují velký objem nadbytečné informace, kterou je možno odstranit pomocí vhodných kompresních metod. Použitím komprese je možno uvedené přenosové rychlosti snížit (podle požadavků na výslednou kvalitu obrazu / rozlišení) až na několik Mbit/s.

Nadbytečná (redundantní) informace představuje např. informaci, kterou je možno předpovídat, a proto není nutné ji přenášet, zvláště když ji přijímač dokáže doplnit. Kompresní techniky též využívají omezení daná lidským vnímáním akustické i vizuální informace. Audiosignály např. obsahují určité tóny, které nelze vnímat lidským uchem, a proto mohou být z audiosignálu odstraněny. Videosignály zase např. obsahují množství informací, které se opakují v po sobě jdoucích snímcích, a na základě toho je možno vhodnými algoritmy snížit objem obrazových dat přenášených z vysílače k přijímačům.

Pro kompresi digitálních fotografií (obrázků) byl definován formát JPEG, který využívá diskrétní kosinovou transformaci. Pro zpracování pohyblivých obrázků (videa) byla založena skupina **MPEG** (*Moving Picture Experts Group*) s úkolem vyvinout efektivní kompresní techniky pro práci s videoklipy na počítačích a pro jejich přenos mezi počítačem a jinými zařízeními.



Technologie DVB přejala kompresní standardy skupiny MPEG [2].

První standard definovaný touto skupinou byl MPEG-1. Tento standard poskytuje střední kvalitu videa při nízkých konstantních přenosových rychlostech do 1,5 Mbit/s pro interaktivní systémy s uložením videa na média CD-ROM. Taktéž se stal populárním pro distribuci videoklipů přes Internet. MPEG-1 ale nebyl schopen plně nahradit analogovou televizi. Na základě principů použitých pro MPEG-1 byla vyvinut nový standard MPEG-2. Jeho definice byla ovlivněna potřebou zakódovat standardní televizní signál pro následné šíření pomocí kabelů i pozemních a satelitních televizních vysílačů.



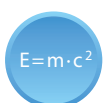
Standard MPEG-2 je optimalizován pro vysílání (broadcasting), a také pro vyšší přenosové rychlosti (2 Mbit/s a vyšší), podle požadavku na výslednou kvalitu videa

/ rozlišení. Hodí se též pro záznam filmů, např. na média DVD. Přitom standard MPEG-2 je kompatibilní se standardem MPEG-1, což znamená, že dekodér MPEG-2 dokáže dekodovat všechny elementární datové toky zakódované podle MPEG-1.

Standard MPEG-4, publikovaný v roce 1998, přináší kódování audiovizuálních objektů.



Tento standard využívá komplexnější algoritmy, díky nimž lze uživatelům poskytnout video ve stejné kvalitě jako MPEG-2, ale při nižších přenosových rychlostech. MPEG-4 podporuje mnoho různých přenosových rychlostí, a může být využit pro IPTV s nízkými rychlostmi, jakož i pro distribuci televize s vysokým rozlišením. ITU přijala tento standard jako doporučení H.264.



Standard MPEG-2 (stejně jako MPEG-1) definuje tři hlavní části:

- MPEG-2 systém – specifikuje, jak se vytváří finální tok MPEG-2,
 - MPEG-2 video – specifikuje, jak se zakódují jednotlivé elementární video toky,
 - MPEG-2 audio – specifikuje, jak se zakódují jednotlivé elementární audio toky.
-

MPEG-2 videokodér zakóduje nekomprimované snímky videa, čímž se stejně velké snímky přemění na komprimované snímky (přístupové jednotky, Obr. 3) o různé velikosti. Jejich velikost závisí na složitosti původního obrazu a typu každého snímku, přičemž existují tři typy snímků – I, P a B [2]:

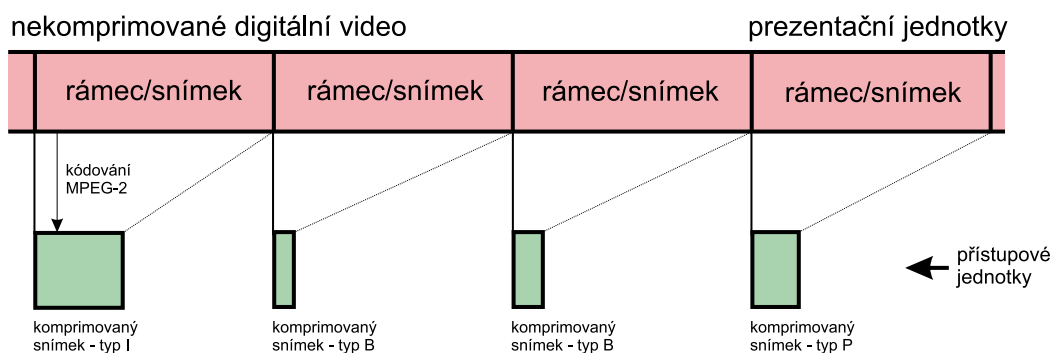
- **I** (*Intra*) snímky – jsou kódovány stejným způsobem jako obrázky typu JPEG bez vazby na jiné snímky; obsahují kompletní informaci potřebnou k rekonstrukci původních snímků.
- **P** (*Predicted*) snímky – jsou kódovány s vazbou na předchozí snímek (typu I nebo P); tyto snímky nesou pouze informaci o změně obrazu mezi předcházejícím a aktuálním snímkem.
- **B** (*Bi-directional*) snímky – jsou podobné snímkům typu P, ale jsou kódovány s vazbou nejen na předcházející snímek, ale také na snímek následující.

MPEG-2 videokodér vytvoří posloupnosti I, P a B snímků zformované do skupin snímků (**GOP**, *Groups of Pictures*). Každá skupina GOP začíná snímkem I, který je následován snímkem P nebo B (Obr. 4). Přítomnost a počet P a B snímků v jedné GOP ovlivňuje výslednou míru komprese, zpoždění způsobené kódováním, možnost editace videa a šíření chyb ve video toku.

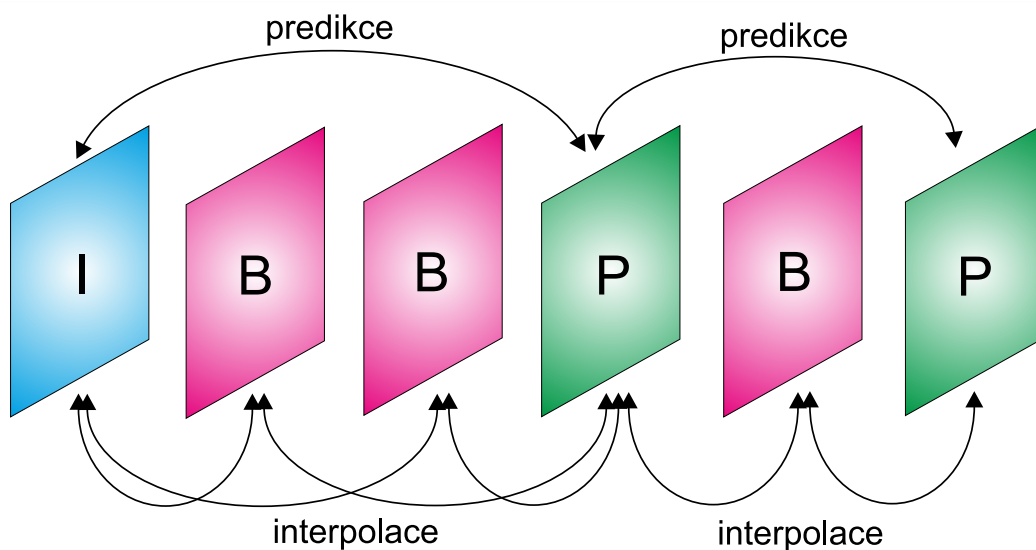
Složka MPEG-1 audio definuje tři audio vrstvy: Vrstva I (Layer I; kodek se nejčastěji používal pro záznam na digitální audiokazety firmy Philips), Vrstva II (Layer II; efektivnější kodek pro audio s konstantní přenosovou rychlostí od 32 do 192 kbit/s na kanál), Vrstva III (Layer III; populární formát MP3). MPEG-2 rozšiřuje tyto audio kodeky o možnost kódovat více než dva audiokanály (až do 5 kanálů) a o další audiokodeky (MPEG-2 AAC).



S nástupem **UHD** (*Ultra High Definition*) televizních systémů o rozlišení 4K (tj. 3840x2160) či 8K (tj. 7680x4320) vznikl požadavek na ještě efektivnější videokodeky. Kodek H.264/MPEG-4 AVC byl rozšířen, aby podporoval i tato rozlišení. Dále byla v roce 2013 definována a standardizována nová kompresní norma – H.265/MPEG-H, která se označuje jako **HEVC** (*High Efficiency Video Coding*). V porovnání s předcházejícím kodekem dokáže HEVC zdvojnásobit úroveň komprese při stejné kvalitě videa.



Obr. 3 – Činnost MPEG-2 kodéru

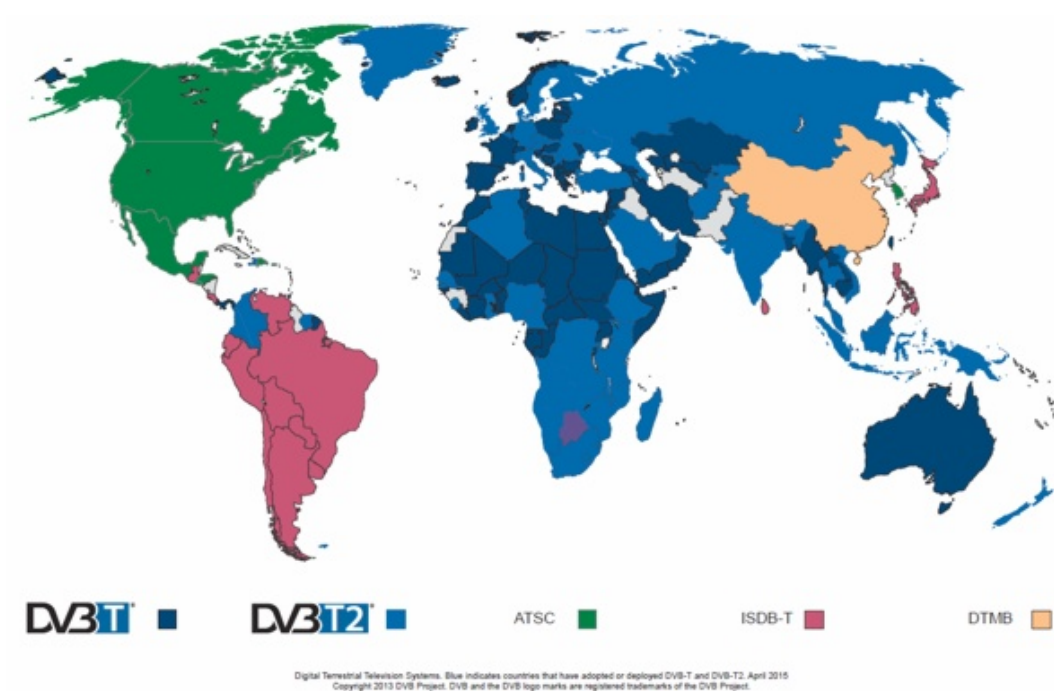


Obr. 4 – Struktura GOP pro kodér videa MPEG

4 Normy pro vysílání digitální televize

V průběhu vývoje digitální televize bylo ve světě definováno a prakticky nasazeno několik vysílacích norem (Obr. 5). Většina z nich přešla multiplexní princip zavedený skupinou MPEG (**MPEG-TS**, *MPEG Transport Stream*) a video kodek MPEG-2. Rozdíly jsou však v tom, jak zpracovávají transportní tok za MPEG multiplexorem, a rovněž jaké formáty používají pro video a audio před kódováním. Existují následující normy pro vysílání digitální televize [4]:

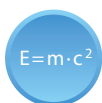
- **DVB** (*Digital Video Broadcasting*) – představuje soubor otevřených norem spravovaných konsorciem DVB Project, které pokrývají vysílání digitální televize a jsou vydávány společnou technickou komisí (**JTC** – *Joint Technical Committee*) následujících standardizačních organizací: ETSI, Evropského výboru pro normalizaci v elektrotechnice (**CENELEC** – *European Committee for Electrotechnical Standardization*) a Evropské vysílací unie (**EBU** – *European Broadcasting Union*). Standard DVB byl nejprve nasazen v Evropě, později pak také v Asii, Africe a Austrálii.
- **ATSC** (*Advanced Television System Committee*) – normy ATSC byly přijaty v Severní Americe a Jižní Koreji; umožňují vysílání digitální televize kabelovými a rádiovými cestami v SD a HD kvalitě. Pro kódování audia se používá Dolby DIGITAL AC-3, pro kódování videa pak MPEG-2 nebo ITU-T H.264 (MPEG-4). Pro transportní toky se používá modulace **8VSB** (*Eight-level Vestigial Sideband*) pro pozemní vysílání a 16VSB nebo 256-QAM v případě kabelového přenosu. Pro satelitní přenosy se v USA a Kanadě používá buď DVB-S, nebo jiné proprietární systémy.
- **ISDB** (*Integrated Services Digital Broadcasting*) – tyto normy byly implementovány v Japonsku, na Filipínách, Srí Lance a v zemích Jižní Ameriky. Umožňují vysílání digitální TV a rozhlasu přes kabel či rádiově, včetně mobilní verze. Všechny jsou založeny na standardech MPEG-2 nebo MPEG-4. V závislosti na přenosovém médiu využívají modulaci PSK (satelit) nebo COFDM s PSK/QAM (pozemní vysílání).
- **DTMB** (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting*) – představuje sloučení několika čínských norem s cílem poskytnout digitální TV pevným i mobilním uživatelům v Číně, Hongkongu a Macau. Norma využívá vylepšené metody pro synchronizaci, opravu chyb a přenos (modifikovaná OFDM).
- **DMB** (*Digital Multimedia Broadcasting*) – technologie DMB představuje digitální rádiový systém pro doručení multimediálního obsahu (TV, rozhlas, data) na mobilní zařízení, který vznikl v Jižní Koreji.



Obr. 5 – Nasazení norem pro digitální televizi ve světě

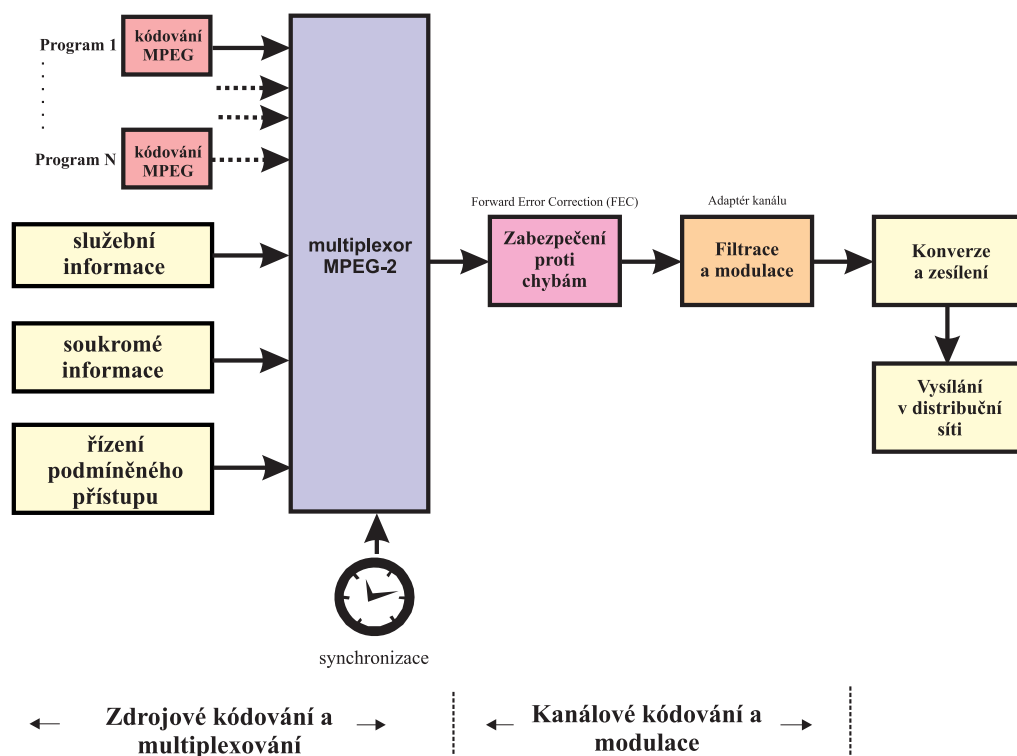
5 Normy DVB

DVB je skupina norem, které definují nejen kompresi videa a audia, ale též všechny funkce, které se týkají doručení digitálního videa ke koncovým uživatelům anebo jiným poskytovatelům. Takovýto systém DVB musí multiplexovat všechny vstupní toky (video, audio, datový signál) do jednoho výsledného transportního toku, a ten přenášet příslušným přenosovým médiem ve správné podobě. Jak již bylo zmíněno, systémová vrstva (část) MPEG-2 definuje, jak budou vzájemně multiplexovány jednotlivé elementární toky představující jeden nebo několik programů. Elementární toky mohou nést video, audio, data i další informace. Tento multiplexní proces vytvoří jeden (víceprogramový transportní) datový tok, který je možno přenést přes fyzické médium anebo uložit na paměťový nosič.



Systémová vrstva MPEG-2 obecně provádí multiplexování, paketizaci, časování a synchronizaci, podmíněný přístup.

Blokové schéma na Obr. 6 znázorňuje všechny hlavní operace, které musí být provedeny na straně DVB vysílače, aby digitální obsah mohl být odvysílán k uživatelům [5]. Nejprve se musí všechny programy zakódovat a multiplexovat spolu s doplňkovými informacemi, jako jsou časové značky, tabulky a další podpůrná data (např. teletext). Výsledný transportní tok je vybaven kódy pro opravu chyb a modulován na nosnou frekvenci. V poslední fázi je signál zesílen a vyslán přenosovým médiem.



Obr. 6 – Blokové schéma DVB vysílače

Normy DVB [6] zahrnují vysílání TV přes kabel (DVB-C, DVB-C2), satelit (DVB-S, DVB-S2, DVB-S2X, DVB-SH) a pozemní cestou (DVB-T, DVB-T2, DVB-H), zpětný kanál (DVB-RCS/RCT/RCC), mikrovlnné vysílání (DVB-MC/MS), přenos datových služeb s vysokou rychlostí (DVB-Data). Taktéž definují služební informace (DVB-SI), společný šifrovací algoritmus (DVB-CSA), společné rozhraní (DVB-CI), protokoly nezávislé na síti, multimediální domácí platformu založenou na Javě (DVB-MHP), a dále též titulky, měření, multiplexování, 3D-TV, IPTV, kódování zdrojů, atd.

Následující kapitoly se zabývají aktuálními normami DVB, které definují metody a algoritmy na spojové a fyzické vrstvě komunikačního modelu pro vysílání TV k pevným a mobilním koncovým uživatelům. Využívají stejný multiplexní proces pro vytvoření transportního DVB toku, ale liší se ve způsobu, jak tento tok upraví před vysláním přes příslušné přenosové médium.

5.1 DVB-T – pozemní vysílání digitální televize



Služba DVB-T byla poprvé implementována v Anglii v roce 1998. Dosud došlo k nasazení DVB-T ve více než 70 zemích, a přibližně stejný počet zemí si vybral systém DVB-T2, který umožňuje TV vysílání ve standardním, vysokém a ultravysokém rozlišení, a podporuje i mobilní televizi a rozhlas.

Signál DVB-T/T2 je šířen pozemními vysílači pomocí ultrakrátkých vln (pásmo UHF – Ultra-High Frequency) ve frekvenčním rozsahu 300 MHz až 3 GHz [1]. Obě verze využívají stejné pásmo jako analogová televize, a proto je jejich nasazení závislé na uvolnění frekvencí původně analogovou televizí obsazených. Kanál o šířce 8 MHz, který přenáší signál pro jednu analogovou TV stanici, postačuje v případě DVB-T pro několik TV a rozhlasových stanic i pro doplňkové informace.



Technologie DVB-T dokáže využít stejnou infrastrukturu, kterou používala pozemní analogová televize (tzn. již existující vysílače).



Pro příjem DVB-T si uživatelé musí zakoupit přijímač, který může být realizován jako samostatné zařízení (set-top-box), anebo integrován přímo v televizním přijímači (**IRD** – *Integrated Receiver Decoder*).

Tabulka 1 porovnává vlastnosti DVB-T a DVB-T2 [7].



Nové kódy pro opravu chyb – **LDPC** (*Low Density Parity Check*) kombinovaný s **BCH** (*Bose-Chaudhuri-Hocquengham*) – podstatně zvyšují odolnost signálu DVB-T2 proti rušení. DVB-T a DVB-T2 využívají modulaci **OFDM** (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) s velkým počtem subnosných (dílčích nosných frekvencí), která je velmi robustní v prostředích s vícecestným šířením signálu. Obě normy používají bitové, časové a frekvenční prokládání. Obecně lze konstatovat, že DVB-T2 je velmi flexibilní, jelikož nabízí velké množství režimů.

OFDM umísťuje ochranné intervaly mezi OFDM symboly, což jí spolu s nízkou symbolovou rychlostí umožňuje potlačit mezisymbolovou interferenci. Tento princip též nabízí operátorům možnost vytvoření jednofrekvenční sítě (vysílače vysílají signál na stejné frekvenci). Normy DVB-T mohou využít hierarchickou modulaci, která umožňuje zkombinovat dva samostatné transportní toky pro dva odlišné typy přijímačů do jednoho DVB toku.

Tabulka 1 Porovnání norem DVB-T a DVB-T2

Parametry	DVB-T	DVB-T2
FEC	Konvoluční & Reed-Solomonovo kódování – 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Modulace	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Ochranný interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128
Počet subnosných	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Šířka pásma	6, 7, 8 MHz	1,7, 5, 6, 7, 8, 10 MHz
Typická přenosová rychlost	24 Mbit/s	40 Mbit/s
Maximální přenosová rychlost (C/N 20 dB)	31,7 Mbit/s (pro 8 MHz)	45,5 Mbit/s (pro 8 MHz)
Požadovaný poměr C/N (24 Mbit/s)	16,7 dB	10,8 dB

5.2 DVB-S – satelitní vysílání digitální televize

Základní schopnost satelitů šířit signál do velkých oblastí na povrchu Země se využívá při vysílání analogové televize a rozhlasu už po desetiletí. Touto schopností se vyznačují zvláště geostacionární satelity, které se nacházejí na geostacionární oběžné dráze, tj. ve výšce přibližně 36000 km (nad rovníkem).



Každý geostacionární satelit se jeví pro uživatele na Zemi jako pevný bod na obloze; proto není nutno vybavovat anténu sledovacím systémem.



Na druhé však straně satelitní přenosy trpí tím, že satelitní spoje vnášejí do přenášeného signálu chyby. Proto musí být každý signál před vysláním přizpůsoben pro takto náročné přenosové podmínky.

Komunikační část (jednotka) satelitů je tvořena tzv. transpondéry. Jejich úkolem je signál přijmout, obnovit, zesílit, zpracovat, přemodulovat a vyslat zpět na Zem. Běžný geostacionární satelit dnes obsahuje okolo 20 až 30 transpondérů, a transpondér typicky pracuje s šířkou pásma od 26 do 72 MHz (např. u transpondérů na satelitu ASTRA 3A je to 36 MHz). V případě satelitní analogové televize každý transpondér zpracovává jeden televizní kanál (program).



Při nasazení technologie DVB do satelitních systémů může jeden (např. 36MHz) transpondér zpracovávat 4 až 20 televizních kanálů nebo až 150 rozhlasových kanálů (v závislosti na rozlišení, kódování videa a přenosové rychlosti).

Dnes poskytují satelitní systémy služby DVB po celém světě. Norma DVB-S přišla v 90. letech a pro kódování videa používá standard MPEG-2. Ve vysílači DVB-S je transportní tok vybaven vnějším Reed-Solomonovým kódem (s kódovým poměrem 188/204), potom je prokládán (odolnost vůči blokovým chybám) a zakódován vnitřním konvolučním kódem (s kódovým poměrem od 1/2 do 7/8). Nakonec je zakódovaný transportní tok modulován modulací **QPSK** (*Quaternary Phase Shift Keying*) [1].

DVB-S2 (*DVB – Satellite 2nd Generation*) je založen na DVB-S, ale přináší nové funkce a algoritmy [8]. Opírá se o stejné FEC kódy jako DVB-T2 (LDPC+BCH). Pro vysílání televize se používají modulační schémata QPSK a 8-PSK, pro profesionální aplikace (interaktivní služby, sběr zpráv) pak modulační schémata 16-APSK a **32-APSK** (*Amplitude and Phase Shift Keying*). Aby byla zajištěna zpětná kompatibilita s DVB-S, může též používat hierarchickou modulaci.



DVB-S2 rovněž umožňuje adaptivní změny parametrů kódování a modulační schémata, aby byl signál přizpůsoben aktuálním přenosovým podmínkám (na úrovni snímků) pro každého uživatele (služby interaktivní a bod-bod). DVB-S2 zvyšuje účinnost přenosu o 30 % (v porovnání s DVB-S).

DVB-S2X (standardizovaný v r. 2014) rozšiřuje normu DVB-S2 o dodatečnou rámcovou synchronizaci a možnosti kódování a modulace, aby se zlepšilo využití spektra, jakož i podpora pro UHD TV a budoucí širokopásmové interaktivní sítě.

5.3 DVB-C – kabelové vysílání digitální televize

První norma pro vysílání digitální televize koaxiálními kabelovými rozvody (DVB-C) byla publikována v roce 1994 a postupně začala nahrazovat analogovou kabelovou televizi na celém světě [1], [2]. Svoje uplatnění našla v různých sítích, jako například ve větších CATV (*Community Antenna/Access TV*) sítích, menších SMATV (*Satellite Master Antenna TV*, viz Obr. 7) systémech, jakož i v hybridních HFC (*Hybrid Fiber-Coax*) sítích. Tato norma využívá Reed-Solomonovy kódy k zakódování transportního toku, který nese zakódované MPEG-2 nebo MPEG-4 video současně s dalšími toky a který je následně modulován modulací **QAM** (*Quadrature Amplitude Modulation*).

Aby si kabeloví operátoři udrželi konkurenceschopnost se satelitní a pozemní digitální televizí, aby bylo dostupné pásmo využito efektivněji a aby bylo možno poskytnout uživatelům více TV kanálů a nových služeb, byla v roce 2008 definována norma DVB-C2 [9].

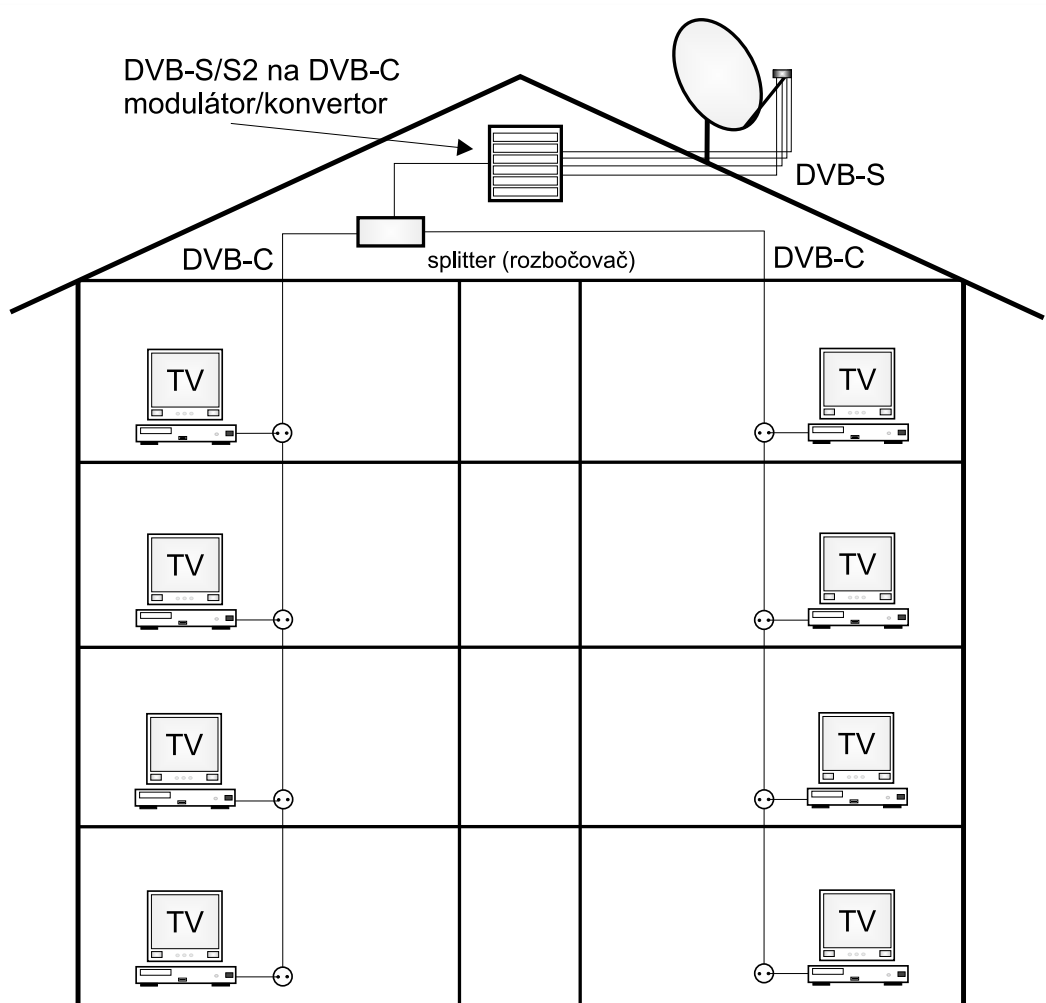


Tato norma umožňuje kromě vysílání TV v rozlišení SD a HD poskytnout uživatelům také nové interaktivní (IP) služby (např. video na přání). Stejně jako DVB-T2, i DVB-C2 využívá LDPS a BCH na ochranu proti chybám, jakož i modulaci OFDM s modulačními schémata 16 až 4096 QAM; dostupné pásmo je tak využito o 30 % efektivněji.



Je-li například použita modulace 4096-QAM na kanálu se šířkou 8 MHz, je možno dosáhnout přenosové rychlosti až 83,1 Mbit/s.

DVB-C2 signál může být přizpůsoben (optimalizován) pro různé přenosové podmínky a požadavky, jelikož podporuje množství módů a voleb. Očekává se, že obě normy (DVB-C a DVB-C2) budou existovat vedle sebe řadu let.



Obr. 7 – Příklad aplikace DVB-S do DVB-C SMATV

5.4 DVB-H – Vysílání digitální televize pro mobilní zařízení



Norma DVB-T jakožto osvědčená technologie pro pevná zařízení může být využita i pro příjem na zařízeních mobilních, ale tento způsob není efektivní, protože nebere v úvahu výdrž baterie a mění se podmínky pro příjem signálu.

Proto byla v roce 2004 definována a publikována norma DVB-H upravující digitální televizní vysílání pro přenosná zařízení (mobilní telefony a PDA). Tato norma je založena na pozemním vysílání DVB-T a může s ním sdílet stejný multiplex. Díky zapouzdření více protokolů do MPEG-2 toků podporuje DVB-H též datové přenosy směrem k přenosným zařízením. Frekvenční pásma přidělená vysílání DVB-H jsou VHF, UHF a L (1,452–1,492 GHz). S ohledem na snížení spotřeby energie v přenosných zařízeních používá tato norma metodu *Time Slicing*, při níž jsou data pro služby DVB-H přenášena ve shlucích, a přenosná zařízení přejdou mezi dvěma shluky odpovídajícími vybrané službě do úsporného režimu (Obr. 8).

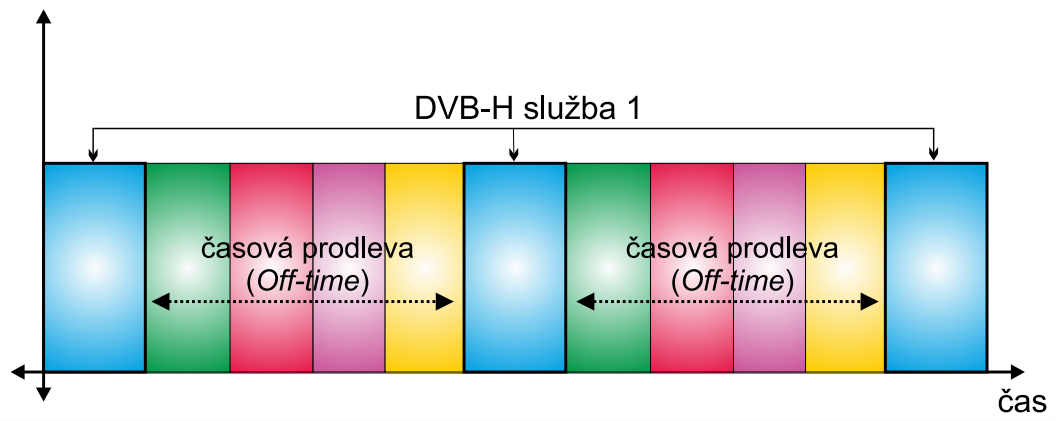


V roce 2013 publikovala ETSI normu pro **DVB-NGH** (*DVB Next Generation Handheld*), která aktualizuje a nahrazuje normu DVB-H [10].

Pro digitální vysílání obrazu, zvuku a dat na přenosná zařízení definovalo DVB ještě normu DVB-SH, která představuje hybridní satelitně-pozemní systém pracující v pásmu S (okolo 2,2 GHz). DVB-SH využívá satelity, které jsou schopny pokrýt signálem velké oblasti na Zemi, a také pozemní vysílače (terrestrial gap fillers), které šíří signál do oblastí nepokrytých satelity. Satelity mohou využívat OFDM a TDM, jako kódy FEC se použijí výkonné turbokódy. Vyšší vrstvy DVB-SH (protokoly, signalizace atd.) jsou definovány normou DVB-IPDC.



Pokusy a nasazení norem DVB pro přenosná zařízení začaly rokem 2007 v mnoha zemích (např. Finsko, Indie, Itálie, USA, Čína, Jižní Afrika), ale tato technologie neuspěla, protože na trhu bylo málo dostupných zařízení, neexistoval dostatečně silný obchodní model, a technologie jako 4G/LTE rovněž nabídly kapacitu potřebnou pro tento typ služby.



Obr. 8 – Princip metody *Time slicing*

5.5 DVB-MHP

Projekt DVB definoval a publikoval normu DVB-MHP [11] s cílem nabídnout uživatelům interaktivní digitální televizi. Služby jako hry, hlasování, nakupování a jiné jsou přenášeny datovým tokem DVB současně s toky pro obraz a zvuk. Tato norma definuje otevřený softwarový systém (middleware), který dovoluje spustit aplikace vyvinuté v jazyce Java na televizorech, bez ohledu na konkrétního výrobce. Pro specifickou skupinu služeb (hlasování, e-mail, nakupování atd.) potřebuje televizor přístup ke zpětnému kanálu, který může být realizován telefonní přípojkou, širokopásmovým připojením, nebo například DVB-RTC.



DVB-MHP byl nasazen v některých zemích Evropy (Itálie, Belgie, Polsko), a dále v Koreji a v Austrálii.



Velcí výrobci televizorů dnes nabízejí tzv. „inteligentní televizory“, které jsou vybaveny širokopásmovým datovým rozhraním a vlastní platformou pro instalaci a spouštění aplikací (založených na webových technologiích, s podporou HTML); např. televizory Samsung mají tzv. Smart Hub. Alternativním řešením k DVB-MHP je HbbTV (rovněž přenáší aplikace k uživatelům v toku DVB).

6 HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV)

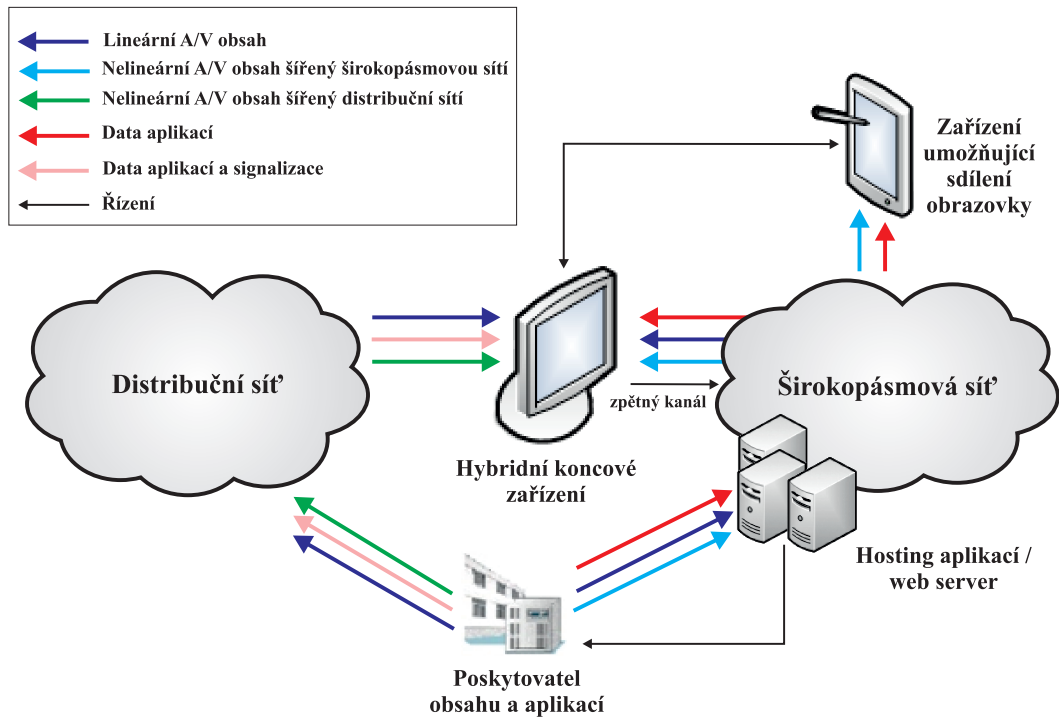
$E=m \cdot c^2$

HbbTV – hybridní širokopásmové televizní vysílání – je globální iniciativa zaměřená na harmonizaci vysílacích a širokopásmových služeb a na návrh technických specifikací, jak poskytovat tyto služby a aplikace koncovým uživatelům prostřednictvím televizorů, set-top boxů a multimediálních zařízení.

Technická specifikace (TS) byla vytvořena výbory **JTC** (*Joint Technical Committee*) a CENELEC (*Comité européen de normalisation électrotechnique*), unií **EBU** (*European Broadcasting Union*) a organizací ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*).

Obr. 9 znázorňuje celkovou systémovou architekturu HbbTV s hybridním terminálem [12]. Popis systémové architektury HbbTV je uveden ve [12] a více detailů lze nalézt ve [12], [13], [14], [15].

Funkce hybridního terminálu vytvářejí podmínky pro jeho připojení k oběma segmentům hybridní sítě (vysílacímu a širokopásmovému). Tímto způsobem může hybridní terminál přijímat standardní vysílaný A/V obsah, aplikační data a signalizační informace pro aplikace. Kromě toho může být hybridní terminál připojen k Internetu přes širokopásmové rozhraní. Toto mu umožňuje obojsměrnou komunikaci s poskytovatelem aplikací. Přes toto rozhraní může terminál přijímat různé typy multimediálního obsahu (např. postupný příjem obsahu na požádání), stahovat A/V obsah atd. Širokopásmové rozhraní rovněž umožňuje ostatním zařízením (jako jsou inteligentní telefony, tablety atp.) připojit se do téže sítě jako hybridní terminál (Obr. 9).



Obr. 9 – Celková systémová architektura HbbTV

6.1 Normy HbbTV



Technické specifikace HbbTV jsou vytvářeny významnými představiteli průmyslu s cílem zvýšit míru spokojenosti uživatelů ze sledování televize tím, že jim budou zpřístupněny nové interaktivní služby přes integrované vysílací a širokopásmové sítě. Během tvorby specifikací pro HbbTV byly využity části již existujících norem od **OIPF** (*Open IPTV Forum*), **CEA** (*Consumer Electronics Association*), **DVB** a **W3C** (*World Wide Web Consortium*).

ETSI TS 102 796 V1.1.1

Technická specifikace ETSI TS 102 796 v1.1.1 byla publikována organizací ETSI v červenci 2010.

Tento standardizační dokument definuje platformu pro signalizaci, přenos a prezentaci vylepšených a interaktivních aplikací navržených pro hybridní terminály (vysílací spojení DVB a širokopásmové připojení k Internetu) [13].

Hlavní oblasti využití vysílacího spojení jsou tyto:

- přenos standardní televize, rozhlasu a datových služeb,
- signalizace pro aplikace související s vysíláním,
- přenos aplikací souvisejících s vysíláním a přidružených údajů,
- synchronizace aplikací a televizních/rozhlasových/datových služeb.

Hlavní oblasti využití širokopásmového připojení jsou tyto:

- přenos obsahu na požádání,
- přenos aplikací souvisejících s vysíláním, ale také s vysíláním nesouvisejících, a přidružených dat,
- výměna informací mezi aplikacemi a aplikačními servery,
- hledání aplikací nesouvisejících s vysíláním.

Aplikace jsou zobrazovány prohlížeči založenými na technologii HTML/JavaScript.

Detailní popis technické specifikace ETSI TS 102 796 v1.1.1 je uveden v [13].

ETSI TS 102 796 V1.2.1

Následná verze 1.5 specifikace HbbTV (ETSI TS 102 796 v1.2.1) byla publikována ETSI v listopadu 2012 [14].

Hlavní rozšíření standardu HbbTV1.5 zahrnují:

- přístup k placené televizi s podporou vícenásobného DRM s využitím společného šifrování,
- podporu adaptivního postupného vysílání přes HTTP (založeného na MPEG-DASH), aby bylo možno dynamicky optimalizovat/hledat kompromis mezi kvalitou obrazu a rychlostí přenosu, pro rozšíření doručování lineárního obsahu (tematických a zpravodajských kanálů atd.),
- přístup aplikací HbbTV k informačním tabulkám DVB EIT pro vytvoření rozšířeného sedmidenního EPG (elektronického programového průvodce).

Detailní popis technické specifikace ETSI TS 102 796 v1.2.1 je uveden v [14].

ETSI TS 102 796 V1.3.1

Na konci roku 2012 byly zahájeny práce na standardu HbbTV 2.0. Nejprve byly shromážděny požadavky na jeho klíčové vlastnosti. Specifikace HbbTV v2.0 byla publikována asociací HbbTV v březnu 2015.

Verze 2.0 specifikace HbbTV byla publikována jako technická specifikace ETSI TS 102 796 v1.3.1 v říjnu 2015 [12]. V rámci této specifikace byly aktualizovány některé technologie a definovány některé nové funkce.

Technologie, které byly aktualizovány, jsou tyto:

- základní webové standardy byly aktualizovány z verze HTML4, CSS2, DOM2 na verzi HTML5, CSS3, DOM3;
- profil MPEG-DASH byl aktualizován na základě druhého vydání ISO/IEC 23009-1, aby obsahoval dodatečné funkce obsažené v tomto vydání;
- aktualizovaná verze CI Plus zahrnující schopnost hybridního terminálu využít systém DRM v CICAM namísto/vedle toho, který je integrován v terminálu; možnost použít systém CICAM AFS (*Auxiliary File System*, ETSI TS 103 205, klauzule 9), který umožní hostiteli znovu získávat data/prostředky z modulu CICAM.

Nově byly definovány následující funkce:

- příjem videa kódovaného v HEVC přes širokopásmové připojení,
- příjem a zobrazení titulků spojených s obsahem ISO/BMFF,
- aplikace na hybridním terminálu dokáže spustit aplikaci na obrazovce jiného (companion) zařízení a naopak,
- komunikace mezi aplikacemi na hybridním terminálu a aplikacemi na jiných (companion) zařízeních anebo druhém hybridním terminálu,
- vkládání reklam do obsahu na požádání,
- příjem A/V obsahu přes vysílací spojení (ne v reálném čase) pro pozdější přehrávání,

- synchronizace v rámci hybridního terminálu mezi obsahem přijatým přes širokopásmové připojení a jiným obsahem, přijatým buď přes vysílací, nebo širokopásmové připojení,
- synchronizace mezi obsahem zobrazeným na hybridním terminálu a aplikacemi či obsahem zobrazenými na jiném (companion) zařízení či druhém hybridním terminálu,
- přechodné ukládání zásobníků s objekty DSM-CC,
- spuštění aplikace umístěné v modulu CICAM.

Aktuální dokument definuje platformu pro signalizaci, přenos a zobrazení vylepšených a interaktivních aplikací navržených tak, aby běžely na hybridních terminálech, které obsahují jak vysílací spojení na bázi DVB, tak širokopásmové připojení k Internetu.

Hlavní oblasti využití vysílacího spojení jsou:

- přenos standardní televize, rozhlasu a datových služeb,
- signalizace pro aplikace související s vysíláním,
- přenos aplikací souvisejících s vysíláním a přidružených údajů,
- přenos obsahu na požádání pro „push“ služby,
- synchronizace aplikací a televizních/rozhlasových/datových služeb.

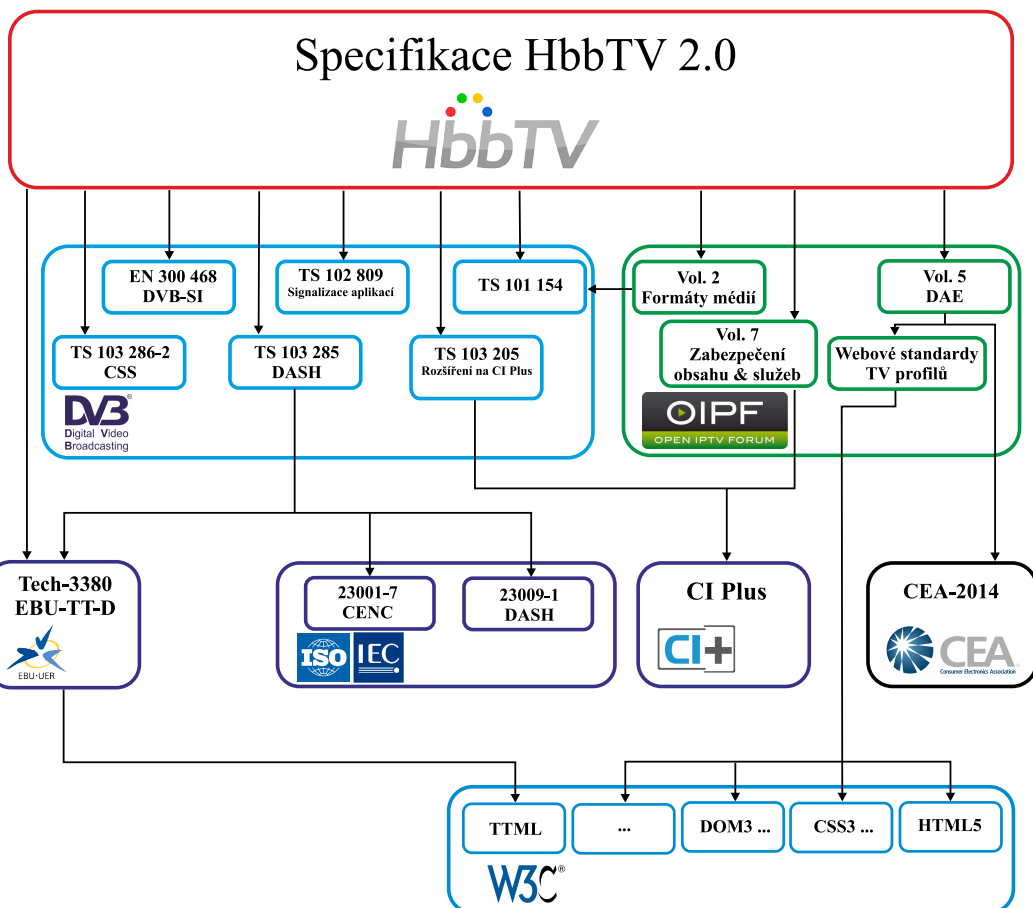
Hlavní oblasti využití širokopásmového připojení jsou:

- přenos obsahu na požádání, jakož i živě vysílaného obsahu,
- přenos aplikací souvisejících s vysíláním, ale i nesouvisejících s vysíláním, a přidružených dat,
- výměna informací mezi aplikacemi a aplikačními servery,
- spuštění aplikací na obrazovce jiného (companion) zařízení,
- komunikace s aplikacemi na přidružených (companion) zařízeních či na druhém hybridním terminálu,
- synchronizace médií a aplikací mezi hybridním terminálem a jiným zařízením či druhým hybridním terminálem.

Aplikace jsou zobrazovány prohlížečem založeným na HTML/JavaScript.

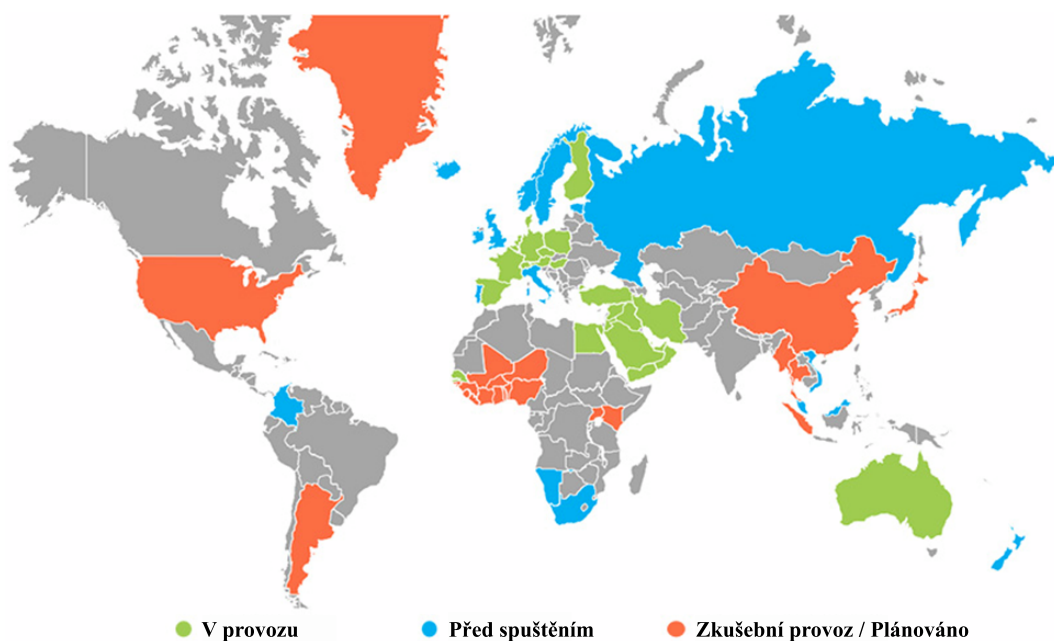
Detailní popis technické specifikace ETSI TS 102 796 v1.3.1 je uveden ve [12].

Přenos existujících standardů DVB, EBU, OIPF, CEA, W3C, CI+, ISO, IEC (*International Electrotechnical Commission*) do aktuální technické specifikace ETSI TS 102 796 v1.3.1, deklarované jako specifikace HbbTV 2.0, je ilustrován na Obr. 10.



Obr. 10 – Přenos existujících standardů DVB, EBU, OIPF, CEA, W3C, CI+, ISO, IEC do aktuální technické specifikace ETSI TS 102 796 v1.3.1

Rozšíření HbbTV v Evropě a ve světě je znázorněno na Obr. 11.



Obr. 11 – Aktuální stav HbbTV ve světě

6.2 Služby HbbTV



Toto je seznam služeb HbbTV, které jsou poskytovány v rámci infrastruktury HbbTV:

- rozšířený teletext,
- *catch-up* služby a video na požádání (VOD),
- elektronický programový průvodce (EPG),
- interaktivní reklama,
- živé vysílání,
- PVR – osobní videorekordér,
- webové portály,
- personalizace,
- hlasování a hry,
- sociální sítě,
- další multimediální aplikace.

Popis služeb HbbTV je uveden ve vzdělávacím modulu LM12: Nová generace multimediálních služeb/aplikací [16].

7 Dodatek: Moderní TV normy – Televize přes protokol IP

Téma „Televize přes protokol IP – IPTV“ je zpracováno a poskytnuto studentům a učitelům v rámci samostatného výukového modulu LM 19A: Moderní TV normy – Televize přes protokol IP.