

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**katedra informačních technologií**



**Bakalářská práce**

**Porovnávání moderních standardů televizního vysílání**

**Karel Musil**

© 2016 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Karel Musil

Informatika

Název práce

**Porovnání moderních standardů televizního vysílání**

Název anglicky

**Comparison of modern television broadcast standards**

---

### Cíle práce

Hlavním cílem práce je zaměřit se na problematiku šíření televizního signálu a zařazení nových standardů do komerčního vysílání.

Díličí cíle práce jsou:

Vypracování přehledu aktuálně využívaných systémů pozemních, satelitních a kabelových.

Odhad budoucího vývoje spolu s ekonomickými důsledky na jednotlivé účastníky televizního vysílání. Na základě získaných dat jsou sestavena doporučení pro optimální přechod na novější standard. Dále bude vytvořeno hodnocení a příslušné závěry.

### Metodika

Teoretická část práce představuje jednotlivé možnosti a nevýhody všech aktuálně nejvíce využívaných forem televizního vysílání. Obsažené informace autor čerpá z uvedené literatury a internetových stránek. Praktická část se zaměřuje na porovnání standardů z technické stránky a stránky ekonomické. Sledování finančních nákladů na změny na modernější systémy, a to ze strany televizní stanic, poskytovatelů televizního signálu, diváků, výrobců a koncového prodeje.

## Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

## Klíčová slova

DVB, DVB-T, DVB-T2, DVB-S, DVB-S2, DVB-C, video standard, vysílání, tuner, televizní signál

---

## Doporučené zdroje informací

FISCHER, by Walter. Digital Television a Practical Guide for Engineers. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. ISBN 9783662054291.

FISCHER, Walter. Digital video and audio broadcasting technology: a practical engineering guide. 3rd ed. Berlin: Springer, 2010, xxvii, 811 p. ISBN 9783642116117.

MEYER-BAESE, Uwe. Digital signal processing with field programmable gate arrays. Fourth edition. 2014. ISBN 9783642453090.

REIMERS, [edited by] Ulrich. Digital video broadcasting (DVB) the international standard for digital television. Berlin: Springer, 2001. ISBN 9783662045626.

REIMERS, [edited by ] Ulrich. DVB: the family of international standards for digital video broadcasting. 2nd ed. Berlin: Springer, 2004. ISBN 9783642078071.

---

## Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

---

Elektronicky schváleno dne 28. 10. 2015

**Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 10. 11. 2015

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2016

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Porovnávání moderních standardů televizního vysílání" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.03. 2016

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jiřímu Vaňkovi, Ph.D., za cenné rady, připomínky a odborné vedení této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni Michaelae Purgerové za podporu, kterou mi při psaní této práce poskytla.

## **Porovnávání moderních standardů televizního vysílání**

---

### **Comparison of modern television broadcast standards**

#### **Souhrn**

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na moderní standardy televizního vysílání s důrazem na budoucí vývoj a možnosti. První část obsahuje ucelený přehled řešené problematiky z hlediska výrazných změn v druhé generaci digitální technologie. Včetně metod právě testovaných. Největší důraz je kladen na pozemní vysílání vzhledem k významnosti této metody v České republice a právě probíhajícímu přechodu na druhou generaci vysílání. Druhá část práce je zaměřena na analýzu aktuálního vývoje a nedaleké budoucnosti televizního vysílání. Aktuální stav aukce frekvencí a odhad rozdělení spektra do budoucna. Analýzu možných nákladů pro diváka i poskytovatele signálu. Porovnání stavu vysílání v části Evropy s Českou republikou. Dále jsou definovány a analyzovány možnosti dalšího vývoje pozemního vysílání.

#### **Klíčová slova:**

DVB, DVB-T2, DVB-S, DVB-S2, DVB-C, video standard, vysílání, tuner

#### **Summary**

This bachelor thesis is thematically focused on modern TV broadcast standards. The emphasis is on the future development and possibilities. The first part provides a comprehensive overview of the main topic addressed in terms of significant changes in the second generation of digital technology. Including methods currently tested. The greatest emphasis is placed on terrestrial broadcast due to the significance of this method in the Czech Republic and currently ongoing transition to the second generation of broadcasting. The second part focuses on the analysis of the actual developments, and the not too distant future of the television broadcasting. The actual situation of the auction of frequencies is introduced together with the estimation of the allocation of the spectrum. Analyses the potential costs for the viewer and the signal provider, and compare the status of broadcasting in Europe with the situation in the Czech Republic. Further, are defined and analysed the possibilities of the next development of the terrestrial broadcasting.

#### **Keywords:**

DVB, DVB-T2, DVB-S, DVB-S2, DVB-C, video standard, broadcasting, tuner

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE A METODIKA.....</b>	<b>11</b>
2.1	CÍL PRÁCE .....	11
2.2	METODIKA.....	11
<b>3</b>	<b>PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>12</b>
3.1	DIGITAL VIDEO BROADCASTING (DVB).....	12
3.1.1	<i>Terestriální vysílání .....</i>	<i>12</i>
3.1.2	<i>Kabelová televize .....</i>	<i>13</i>
3.1.3	<i>Satelitní vysílání .....</i>	<i>13</i>
3.2	UNICAST, BROADCAST A MULTICAST .....	14
3.3	DVB GENERACE .....	14
3.4	KOMPRIMACE .....	14
3.4.1	<i>MPEG-2/H.262 .....</i>	<i>15</i>
3.4.2	<i>MPEG-4/H.264 .....</i>	<i>16</i>
3.4.3	<i>H.265/HEVC.....</i>	<i>16</i>
3.5	MULTIPLEX.....	17
3.5.1	<i>Statistický Multiplex.....</i>	<i>18</i>
3.5.2	<i>Modulace subnosných vln .....</i>	<i>19</i>
3.6	KÓDOVÁNÍ CA (CONDITIONAL ACCESS) .....	22
3.6.1	<i>Metody šifrování .....</i>	<i>23</i>
3.7	PROTICHYBOVÉ ZABEZPEČENÍ .....	25
3.8	SFN (SINGLE FREQUENCY NETWORK – JEDNOFREKVENČNÍ SÍŤ).....	25
<b>4</b>	<b>ANALYTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>27</b>
4.1	AUKCE FREKVENCÍ.....	27
4.2	PŘEKÁŽKY PRO RYCHLÝ VZESTUP TECHNOLOGIE .....	29
4.3	NÁKLADY PRO DIVÁKY.....	31
4.3.1	<i>Set-top boxy .....</i>	<i>31</i>
4.3.2	<i>Televizor s vestavěným tunerem.....</i>	<i>31</i>
4.4	DIGITÁLNÍ RÁDIO .....	32
4.5	STAV V EVROPĚ.....	33
4.5.1	<i>Stav ve Spojeném království Velké Británie.....</i>	<i>34</i>
4.5.2	<i>Ve Spolkové republice Německo .....</i>	<i>35</i>
4.5.3	<i>Rakouská republika.....</i>	<i>36</i>

4.6	BUDOUCNOST.....	36
4.6.1	<i>Televize přes internet</i> .....	36
4.6.2	<i>HBB TV (Hybrid Broadcast Broadband TV)</i> .....	37
4.6.3	<i>Vysílání přes 4G/LTE</i> .....	38
5	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE</b> .....	<b>40</b>
6	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>42</b>
7	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>43</b>
7.1	TIŠTĚNÉ DOKUMENTY .....	43
7.2	ELEKTRONICKÉ DOKUMENTY .....	43



# 1 Úvod

V posledních několika letech dochází v šíření televizního signálu k velké revoluci, která začala již digitalizací v 90. letech 20. století. Analogové vysílání fungovalo beze změny přes 50 let. V posledních letech však vzrůstá konkurence v podobě informačních technologií, a to především pomocí internetu. To nutí poskytovatele televizního vysílání ke zvýšení konkurenceschopnosti a nabízení dalších služeb pro diváka. Žádné významné změny v analogové síti by nebyly technologicky možné bez digitalizace. Z tohoto důvodu byla tedy nezbytná. Ani po zavedení prvních standardů digitálního vysílání (DVB - Digital Video Broadcasting) se rychlost vývoje technologie konkurenčních služeb nezpomalila. I DVB standardy proto musí přicházet s více možnostmi pro diváka.

Hlavní náplní této práce je problematika všeobecné volby moderního standardu televizního vysílání pro poskytovatele i koncové diváky. Standardy televizního vysílání, kterými se práce zabývá, jsou především: DVB – T/T2 (terrestrial – pozemní přenos), DVB – S/S2 (satellite – satelitní přenos) a DVB – C/C2 (cable – kabelový přenos).

DVB – T je standard pozemního vysílání používaný v Evropě. Poprvé byl představen v roce 1997. Začalo roku 1998 v Británii stanicí BBC. Tento systém umožňuje vysílání videa a audia komprimovaného pomocí MPEG-2 a zakódovaného pomocí modulací OFDM nebo COFDM. OFDM a COFDM je rozdělení do jednotlivých multiplexů.

DVB – C je kabelový systém přenosu digitálního signálu. Vzhledem k nákladnosti výstavby infrastruktury je využíván převážně v hustě zastavěných oblastech. Velmi často je poskytován spolu s jinými službami, jako jsou například internetové připojení nebo telefonní pevná linka.

Standard DVB – S2 je nejstarší digitální formát druhé generace definovaný normou již v roce 2005. Je určen pro koncového diváka v místě, kde se komerčně nevyplatí zavádět DVB – C a zároveň je v tomto místě poptávka po prémiovém obsahu, nebo zde pozemní vysílání není vůbec dostupné, protože se nachází například v údolí. Dále je využíván pro přenosy například sportovních utkání a další živé relace k jednotlivým televizním stanicím, které pak své vysílání šíří dál k divákovi. Právě využití v profesionální sféře posouvá vývoj nejrychleji vpřed. Při satelitním přenosu se dají využívat i nenormované modulační metody jako

například NS3, který je nyní prosazován společností Ericsson, jedním z největších výrobců profesionálních přístrojů.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Práce je tematicky zaměřena na porovnávání moderních standardů televizního vysílání.

Díličními cíli práce jsou:

- Vypracování uceleného přehledu aktuálně využívaných systémů pozemního, satelitního a kabelového přenosu signálu.
- Odhad budoucího vývoje situace a ekonomických důsledků.
- Sestavení doporučení pro přechod na digitální systémy druhé a třetí generace.
- Vytvoření hodnocení a příslušných závěrů.

### **2.2 Metodika**

V teoretické části se zaměřuje na klasifikaci technických parametrů aktuálně používané technologie a jejího budoucího vývoje s důrazem na základní přednosti a nedostatky.

Metodika řešené problematiky je založena na studiu a analýze uvedené literatury, internetových zdrojů a odborných konferencí.

Praktická část analyzuje probíhající rozdělování frekvenčního pásma mezi komerční operátory mobilních sítí. Porovnává náklady na změnu systému v evropské unii a České republice s důrazem na poznatky z přechodu analogového televizního vysílání na digitální.

Na základě dostupných informačních zdrojů jsou definovány různé konkurenční technologie k aktuálně používaným systémům pozemního televizního vysílání. A jejich možný vývoj směrem k nahrazení současné formy vysílání, případné spojení v hybridní služby.

Na základě syntézy teoretických poznatku jsou formulovány závěry práce.

### 3 Přehled řešené problematiky

Každá prakticky využívaná technologie by měla být normována. To však nebrání konkurenčnímu boji, kdy se společnosti snaží prosadit hlavně svůj produkt, jako například kodek nebo v minulosti boj VHS a Betacamu.

#### 3.1 Digital Video Broadcasting (DVB)

DVB je termín popisující širokou škálu technologií. Mezi ně patří služby jako kabelová televize, satelitní přenosy, pozemní vysílání, dále hraje velkou roli při využívání informačních technologií, přímých přenosech po IP a mobilních telefonech. Nejnověji se využívají v kombinacích jako interaktivní televize a videopůjčovny. Služby založené na DVB jsou dostupné na všech kontinentech, pouze v různých variantách, které vyplývají již z odlišností už v analogovém vysílání.

DVB technologie se vyskytují v mnoha variantách, význam zkratk jejich první generací popisuje následující tabulka:

**Tabulka 1: Varianty DVB**

Standard	Význam	Popis
DVB-C	Cable	Přenos pomocí kabelové sítě
DVB-H	Handheld	Služby pro mobilní zařízení
DVB-S	Satellite	Satelitní přenos
DVB-RSC	Return Satellite channel	Satelitní přenos s návratovým kanálem
DVB-SH	Satellite Handheld	Satelitní přenos pro mobilní zařízení
DVB-T	Terrestrial	Pozemní přenos

Zdroj: Vlastní zpracování

Každá metoda vysílání se setkává s různými překážkami. Různou mírou rušení a formou přenosu a to tvoří rozdíly v použitých technologiích. Základ digitalizace ale zůstává podobný. [5]

##### 3.1.1 Terestriální vysílání

Pozemní vysílání je převážně určeno pro veřejnoprávní televize a televize komerční, které vytvářejí zisk pomocí reklamních sdělení.

Pro druhou generaci DVB-T2 je plánováno také placené vysílání, protože uvolní dostatečné místo, které mohou zaplnit placené kanály.

Pozemní vysílání využívá k vysílání frekvenční pásmo, které lze považovat za omezený přírodní zdroj. Toto frekvenční pásmo je nyní plně využito a je nutné přejít k druhé fázi digitalizace a tím snížit nároky pozemní televize.

### **3.1.2 Kabelová televize**

Kabelová televize se vyznačuje příjmem až několika set programů většinou ve skvělé kvalitě. Množství a cena programů se odvíjí od nabídky konkrétního provozovatele. Kabelová televize je většinou součástí dalších služeb, jako je například internet nebo telefon.

Největší nevýhodou je její omezená dostupnost a náklady na vybudování infrastruktury. Nejčastěji se vyskytuje ve městech a v hustě obydlených oblastech.

Všechny služby jsou hrazeny z měsíčních poplatků. Většinou se rozdělují do balíčků služeb.

Pro příjem DVB-C je nutný tuner k tomu určený. A dekódovací kartou, která zajišťuje, že divák sleduje jen programy, které má předplaceny. Set-top boxy určené pro DVB-C většinou obsahují doplňkové vlastnosti jako TimeShift, který umožňuje nahrávání a přetáčení živých pořadů.

Vývoj kabelového vysílání nedosahuje takové rychlosti. Převážně kvůli dostatečné kvalitě vysílání. Při kabelovém přenosu není nutné šetřit frekvenčním pásmem.

Po kabelové síti je podle potřeby možné přenášet i DVB-T určené pro volné šíření.

### **3.1.3 Satelitní vysílání**

Satelitní technologie se vyvíjí nejrychleji a to převážně kvůli finanční náročnosti na provoz, kdy cena jedné minuty vysílání přesáhne stovky eur. Rychlost je také dána velkým počtem profesionálních uživatelů využívajících satelitních přenosů v případech, kdy se finančně nebo časově nevyplatí budovat vysílání jinou technologií. Například u sportovních přenosů případně u zpravodajství.

### **3.2 Unicast, Broadcast a Multicast**

Unicast je typ přenosu dat z jednoho bodu jednomu příjemci. Příkladem je například posílání souborů mezi dvěma uživateli.

Broadcast je určený pro přenos od jednoho poskytovatele pro všechny uživatele. Příjemce je nucen veškerá data vyhodnotit. Tato metoda je například využívána u satelitního, kabelového a pozemního televizního vysílání.

Multicast je jistou kombinací obou metod. Jde tedy vysílat všem nebo pouze části uživatelů. Lze jej využívat například u vysílání videa přes internet. Přenesení této metody na velkou síť uživatelů je ale problematické.

### **3.3 DVB generace**

V souvislosti s DVB vysíláním hovoříme o generacích jako o krocích, které jsou představeny uživatelům.

Největší překážkou při přechodu je nutnost změny hardwaru na téměř všech klíčových bodech přenosu signálu. Softwarové změny jsou považovány za změny v rámci jedné generace. Další problém představuje zpětná kompatibilita, možnost souběžného chodu systému s předcházející generací.

Satelitní vysílání je aktuálně jediný formát, který je komerčně využívaný ve své druhé generaci. To vyplývá z principu jednoduché sítě a malého počtu kroků než se signál dostane k divákovi.

### **3.4 Komprimace**

Přenosová rychlost obrazu a zvuku ve studiovém formátu SDI (Seriál Digital Interface) je 270 Mbit/s. Při těchto nárocích na rychlost není možné komerčně vysílat a tak je nutné obraz komprimovat.

Hlavní princip komprimace spočívá ve vyřazení redundantních (nadbytečných) a nepodstatných informací. Při odstranění pouze nadbytečných informací vznikne bezztrátová komprese, protože tyto informace je možné vypočítat při zpětném zobrazení. Není nutné přenášet například všechny hodnoty barev, ale jen změny mezi nimi. Odstraněním i nepodstatných informací snížíme množství informací v obrazu, a tak snížíme jeho kvalitu. Pak jde o ztrátovou kompresi. Záleží ale na subjektivním vnímání

nebo zobrazovacím přístroji diváka, kdy přestává být obrazová a zvuková informace podstatná a je možné ji z obrazu vyřadit. Určení této linie, kdy je ztráta přijatelná a kdy začíná být rušivá, je velice náročné. [3]

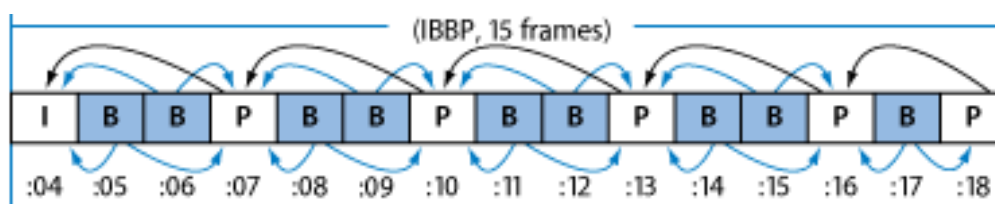
Rozdíl mezi generacemi je z pohledu diváka nejvíce patrný v použitém kodeku. Je to také jeden z důvodů nutnosti přechodu na jiný hardware.

### 3.4.1 MPEG-2/H.262

Ztrátový komprimační datový formát normovaný dle ISO/IEC 13818 se nazývá MPEG-2 nebo H.262. Představený byl již v roce 1994. Slouží ke snížení datového toku a snížení velikosti uložených souborů při zachování subjektivní kvality. [4]

Klíčovou vlastností této rodiny kodeků je v zahrnutí technologie DTC (intra-frame Discrete Cosine Transform). Jde o technologii odkazující se na předcházející i budoucí snímek.

Obrázek 1: Struktura GOP



Zdroj [26]

Obrázek 1 znázorňuje GOP strukturu (group of picture) na časové ose (zde 15 snímků).

Snímek I (intra coded picture) představuje snímek kódovaný ve formátu JPEG. Vždy stojí na začátku skupiny snímku a ostatní následující snímky se na něj odkazují. Jde o jediný samostatně plnohodnotný snímek v celé struktuře, který nepotřebuje dodatečné informace pro dekódování. Úplný rozpad videa při dekódování je nejčastěji způsoben poškozením právě tohoto snímku při přenosu.

Snímek P (predictive coded picture) obsahuje informace kompenzující pohyb snímku I a předcházejících snímků P. U formátu MPEG-2 musí snímek P při dekódování být vždy až za snímkem I, toto omezení už neplatí u standardu MPEG-4/H.264.

Snímek B (bipredictive coded picture) také obsahuje kompenzaci pohybu. Rozdíl je v odkazování nejen na předcházející snímky I nebo B, ale také na následující snímky P.

### **3.4.2 MPEG-4/H.264**

Nástupcem MPFE-2 je MPEG-4, který byl představen už v roce 1998, ale poslední verze byla uvedena až v roce 2013.

Na rozdíl od předchůdce v sobě spojuje více technologií a použití. Využívaný byl z počátku převážně v informačních systémech. Tyto schopnosti se rozdělují do tak zvaných Profilů. Nejdůležitější profily pro DVB vysílání jsou:

- Main profile (MP, 77) používaný pro SDTV a DVD
- High profile (HiP, 100) HDTV a Blu-ray Disky

Nejvýraznějším přínosem nového formátu MPEG-4 je až dvojnásobné snížení datového toku. To je využitelné na zdvojnásobení obsahu nebo na zdvojnásobení kvality (přechod na HDTV), popřípadě na kombinaci obojího.

Velkou nevýhodou přechodu na MPEG-4 je nutnost změny hardwaru, na který jsou kladeny výrazně vyšší nároky. Je dražší na vývoj i výrobu.

### **3.4.3 H.265/HEVC**

DVB-T2 bude využívat kódování H.265 jinak nazývané HEVC (High Efficiency Video Coding) [19]

H.265 na rozdíl od H.264 využívá podobnou metodu predikce snímků jako předcházející generace, rozdíl je v přesnosti vyhledávání změn a podobností v obrazu. Dosavadní metoda obsahovala rozložení obrazu na makrobloky o rozměrech 16x16 pixelů. Nový kodek přináší dynamické změny velikosti makrobloků, v souvislosti s H.265 se jedná o CTU (Coding Tree Unit). CTU velikost může nabývat hodnot 8x8, 16x16 (u malého rozlišení), 32x32 a 64x64 (u HD videa). Ke zvětšení plochy dochází převážně u velkých podobně barevných ploch, jako je například moře nebo obloha. Další hodnoty barev jsou následně vypočítávány ze změny barvy a není tak nutné uchovávat celou informaci. V každém snímku může CTU nabývat všech hodnot podle náročnosti obrazu. Všechny CTU jsou následně rozděleny na CU (Coding Unit), níž jsou hodnoty rozdělovány na kódování jasu a barvy. Toto rozdělení přináší další úspory. [6]



Samotná predikční technologie se od předchůdce liší pouze nepatrně. Kodér využívá větší plochu a větší počet snímků pro predikci pohybu. Tím se zvýší účinnost o 20%.

Každá dynamická funkce ovšem přidává nároky na výpočetní výkon. Ke zvýšení rychlosti procesu je využíváno paralelní zpracování jednotlivých CTU.

Tabulka 2 popisuje změny vůči předcházející generaci. Největší nevýhodou je další nutnost změny hardwaru. Ta ale není už tak problematická, protože změnu si vyžádá už tuner pro DVB-T2. Přejít na kódování H.265 je tedy dalším logickým krokem vývoje.

**Tabulka 2: technické rozdíly H.264 a H.265**

	H.265/HEVC	H.264/AVC
Schváleno	2013	2003
Změny proti předchozí generaci	40-50% redukce datového toku Možnost Ultra HD, 2K a 4K pro živé vysílání	40-50% redukce datového toku Možnost HD pro živé vysílání
Maximální rozlišení	8K	4K
Maximální fps	300	59,94

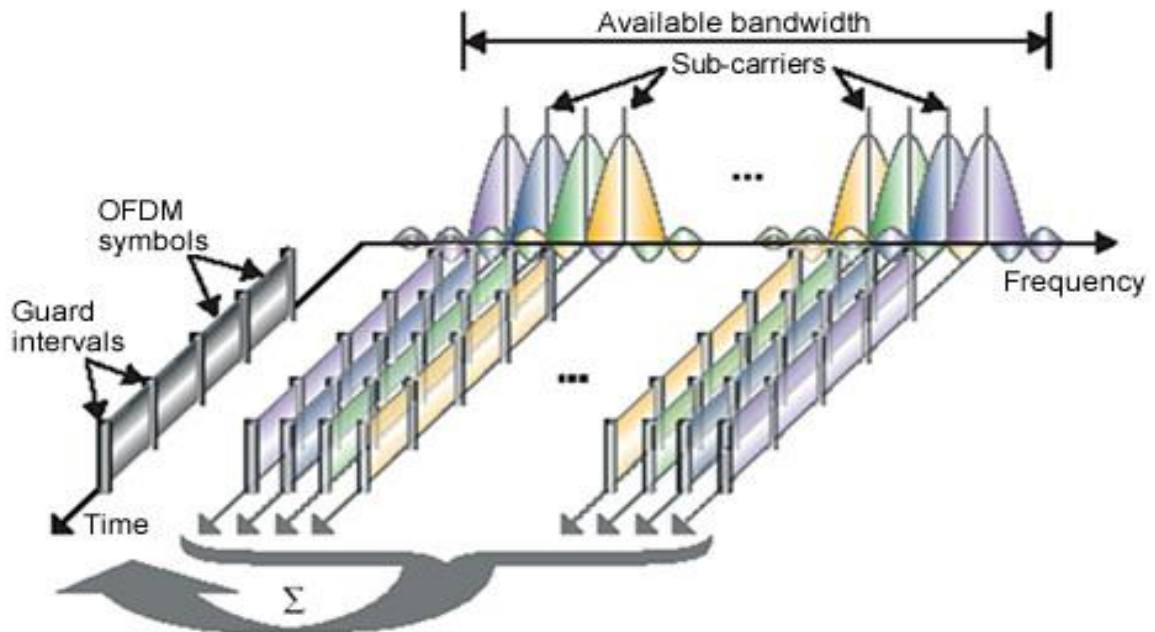
Zdroj: [20]

### 3.5 Multiplex

Jde o technologii využívanou ve všech formách telekomunikace, kde existuje požadavek k přenosu velkého počtu signálů v omezeném frekvenčním rozsahu.

System DVB-T používá metodu pro multiplexování OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) Ortogonální, frekvenčně dělený multiplex.

Obrázek 2: Nákres průběhu signálu



Zdroj [25]

Hotové datové toky (PS program Stream), modulované do tzv. subnosných vln, určené do jednoho multiplexu jsou sloučeny s doplňkovými službami jako například EPG (programový průvodce) nebo data pro HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV)

Pro úspěšné dekodování pozemního vysílání jsou nutné ochranné intervaly (Guard intervals). Přijímací anténa většinou nezachytává pouze přímé vysílání z antény, ale také různé odrazy od okolních budov a podobně. Odražená data mohou být v nesprávném pořadí. Dekodér nejdříve přijme data a vyčká na ochranný interval. Poté seřadí přijatá data a z nejkvalitnějších sestaví obraz.

### 3.5.1 Statistický Multiplex

Protože v jednom Multiplexu se nachází více dat s různou náročností na datový tok, tak Multiplexer nejdříve určí potřebné nároky a dynamicky rozdělí prostředky s volitelnými preferencemi (minimálními a maximálními hodnotami). Například data jedné televizní stanice, kde se odehrává náročná scéna, dostanou prostor v toku jiné, kde se odehrává jednoduchá scéna.

Vypočítávání Statistického multiplexu je největší příčina zpoždění digitálního vysílání vůči analogovému.

**Tabulka 3: Příklad rozdělení Multiplexů v ČR**

<b>Multiplex 1</b>	<b>Multiplex 2</b>	<b>Multiplex 3</b>	<b>Multiplex 4</b>
ČT 1	Nova	ČT art	Nova Cinema
ČT 2	Nova Cinema	ČT :D	Fanda
ČT Sport	Prima	Prima Love	Smíchov
ČT 24	prima Cool	Prima Zoom	Telka
		TV Óčko	mňam
		Óčko Gold	Relax
		TV Barrandov	Rebel
		Barrandov Plus	
		Šlágr TV	

Zdroj: Vlastní zpracování

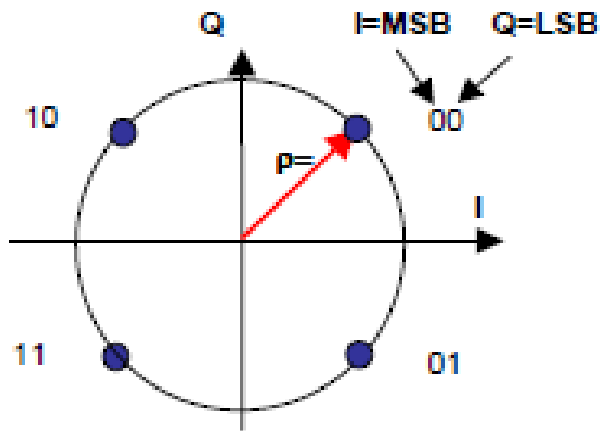
### **3.5.2 Modulace subnosných vln**

Princip digitální modulace je velice odlišný od analogové. Analogový spojitý signál, o šířce pásma 0-6 MHz, byl převáděn do pásma VHF (Very High Frequency), UHF (Ultra High Frequency), řádově 40-800MHz, hlavně kvůli lepším fyzikálním vlastnostem při šíření a rozdělení do jednotlivých kanálů. Šlo o modulaci amplitudovou (AM), kdy se měnila amplituda nosného signálu nebo o frekvenční (FM), která používala změnu frekvence kolem nosné vlny. [7]

Digitální vysílání je nejprve nutné převést z digitálního toku dat na spojitý signál. Výsledný signál je opět o frekvenci 0-X MHz, kde X je zamýšlená šířka pásma.

Modulace dále využívá výhod frekvenční i amplitudové metody. Ve výsledném signálu pak nastávají hned dvě změny, je tedy možno přenést dva bity informace v jednom čase. [14]

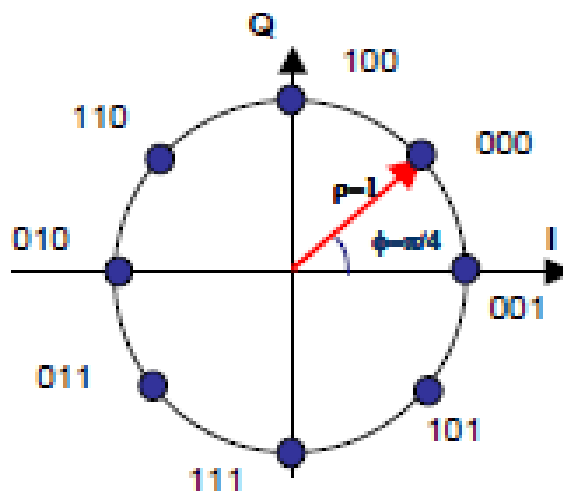
Obrázek 3: QPSK modulace



Zdroj: [16]

Při zachování konstantní amplitudy a změnách fáze jen ve čtyřech krocích po  $90^\circ$ , dostáváme QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) modulaci, která přenáší pouze čtyři symboly. Použitím této modulace při 8MHz, dostaneme čistou přenosovou rychlost dvojnásobnou 16Mbit/s, která je ovšem snižována o data pro kódování a korekce chyb. QPSK modulaci popisuje obrázek 3.

Obrázek 4: 8PSK modulace



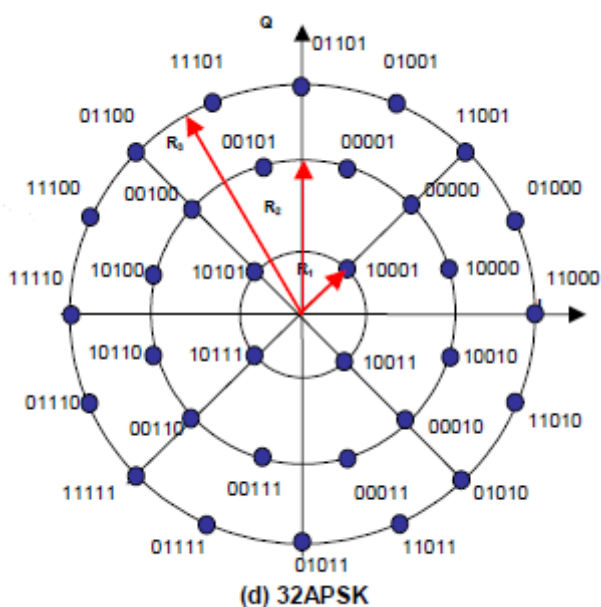
Zdroj: [16]

Jestliže snížíme kroky mezi jednotlivými body na  $45^\circ$ , zdvojnásobíme tím počet symbolů. Získáme tedy osmistavovou fázovou modulaci 8PSK (8 Phase Shift Keying), používanou ve standardu DVB-S2 a znázorněnou na obrázku 4.

Dále můžeme měnit i amplitudu. Dostaneme tak modulaci šestnáctistavovou 16APSK (Amplitude and Phase Shift Keying).

Přidáváním dalších symbolů dostáváme až modulaci 32-stavovou 32APSK, která přenáší v jednom symbolu najednou pět bytů. 32APSK modulace je znázorněna na obrázku 5.

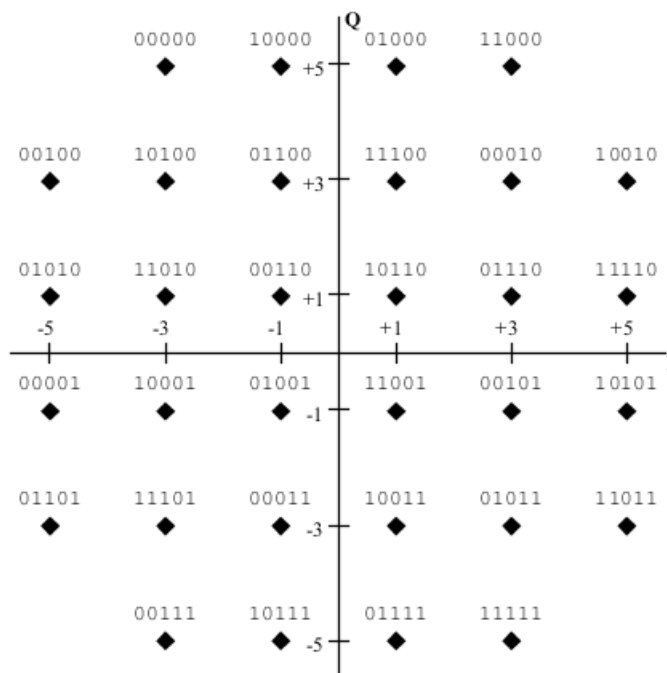
**Obrázek 5: 32APSK modulace**



Zdroj: [16]

Další variací modulace využívající změny amplitudy a fáze je 32QAM (Quadrature Amplitude Modulation) na obrázku 6.

Obrázek 6: 32QAM modulace



Zdroj: [28]

QAM velice efektivně využívá spektrum, je ale náročnější na dekódování v přítomnosti šumu signálu. Nejvíce je využívána v kabelové televizi, Wi-Fi a telefonních sítích pro dosažení nejvyšší přenosové rychlosti v omezeném pásmu.

Metoda APSK naproti tomu využívá více úrovní amplitudy. Díky větším rozdílům jednotlivých symbolů není tak citlivá na šum. APSK se využívá převážně v satelitních přenosech.

### 3.6 Kódování CA (Conditional Access)

Omezení regionální dostupnosti kódováním signálu je nutné ze dvou hlavních příčin.

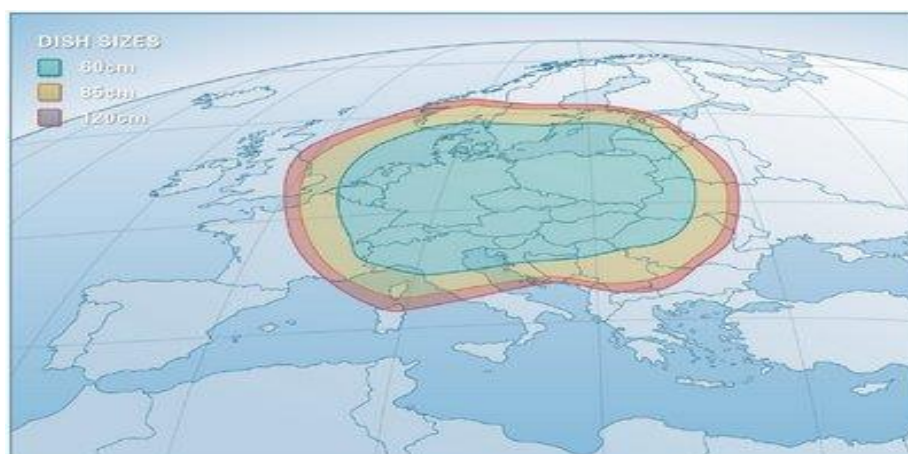
První z nich jsou vysílací práva omezená pouze na určité území či oblast vysílání. Mohou to být práva pro vysílání v určitém regionu (například na území České republiky), celoevropská nebo až celosvětová práva, která ale znamenají mimořádnou finanční náročnost pro zájemce. Držitelé celosvětových práv jsou především producenti určitého pořadu. Například každá televizní stanice drží celosvětová práva na své zpravodajské pořady, nebo produkované seriály. V České republice je to například pořad Star Dance,

na který má práva Česká televize, nebo v zahraničí společnost Time Warner mající práva na seriál Simpsonovi. Tato práva dále mohou nabízet jiným televizním stanicím.

Druhou příčinou pro kódování signálu jsou komerční televizní stanice, které při svém financování nespolehnají na zisky z reklam, ale na přímé zakoupení kanálu divákem přes poskytovatele. Jedná se o televizní balíčky nabízené poskytovatelem např. Sky-Link, kde si divák kupuje stanice, které nejsou volně dostupné v pozemním vysílání. V České republice je to například stanice HBO, Discovery nebo Nova Sport.

Pozemní vysílání je regionálně omezeno už svým dosahem vysílačů a placené televize se jím nešíří. Satelitní signál je proti tomu možné zachytit na velké části evropského kontinentu a je nutné ho tedy omezit. Na obrázku 7 je znázorněno pokrytí satelitem Astra 3B. Existují i výjimky pro omezení signálu, jako program ČT24, na který má Česká televize plná vysílací práva a který může být volně šířen.

**Obrázek 7: Astra 3B – evropský svazek**



Zdroj: [9]

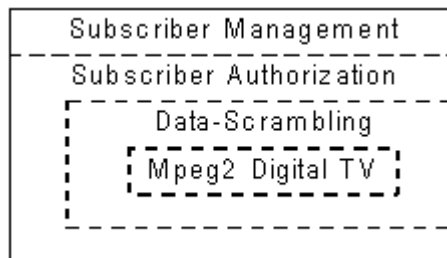
### 3.6.1 Metody šifrování

V profesionální sféře se používá mnoho metod šifrování satelitního signálu, které nejsou pro koncového diváka využívány. Zejména kvůli své technické náročnosti a nekomfortnímu užívání z pohledu koncového diváka.

Funkční komponenty jsou znázorněny na Obrázku 8:

- Data-Scrambling: data k zašifrování
- Subscriber Authorization Systém (SAS): zajištění omezení přístupu jeho částmi jsou: CA-Host, CA-Client a AC-Modul.
- Subscriber Management Systém (SMS): databáze všech partnerů a určování práv k odebírání obsahu.

**Obrázek 8: Kódování 1**



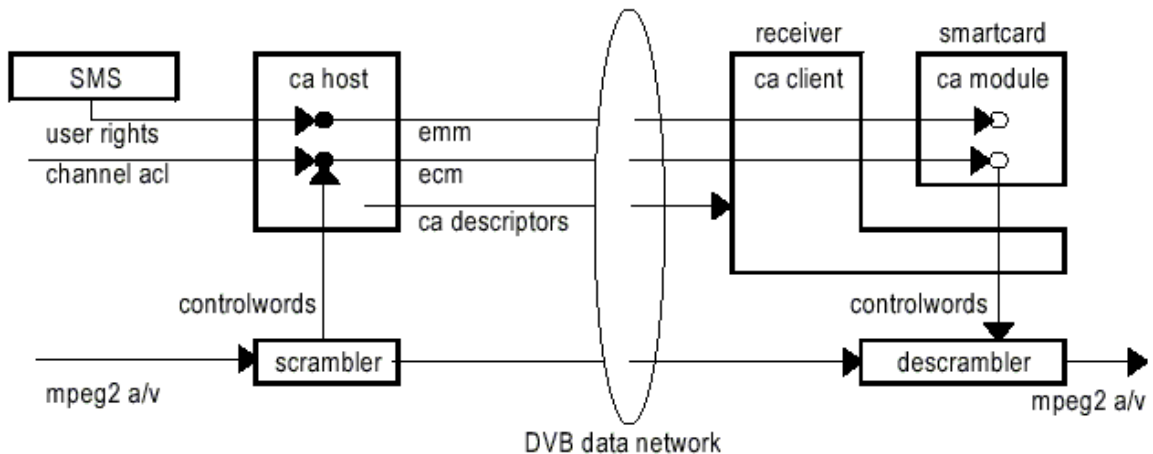
Zdroj: [15]

Obrázek 9 popisuje architekturu samotného přenosu. Na levé straně je poskytovatel, na pravé straně je příjemce. Entitlement Control Messages (ECM) data popisující kanál obsahující kontrolní slovo a nutná přístupová práva. Entitlement Management Message (EMM) data specifická pro partnera, tedy jeho přístupová práva. CA-Descriptors popisují vztah mezi kanálem a jeho ECM daty. CA-Host zakóduje kontrolní slova k jednotlivým kanálům jako ECM a diváková práva ke sledování jako EMM. CA-Client předá ECM a EMM do CA-Modulu a kontrolní slovo do dekodéru (descrambler). CA-Modul obsahuje ID diváka nebo přístroje a je unikátní pro každý subjekt.

Jakou metodou je ID diváka uloženo v CA-Modulu, závisí na metodě šifrování. Může to být například přímým zadáním nebo vložení zakoupené karty. Modul dešifruje EMM pro zjištění práv. Dešifruje i ECM aby získal kontrolní slovo a přístupové parametry. Modul navrátí kontrolní slovo, pouze když práva odpovídají přístupovým parametrům kanálu.



Obrázek 9: Kódování 2



Zdroj: [15]

### 3.7 Protichybové zabezpečení

V cestě signálu DVB stojí mnoho rušení. Pozemní vysílání má výrazně zhoršené podmínky oproti satelitnímu nebo kabelovému přenosu.

DVB signál využívá technologii FEC (Forward Error Correction) tedy dopřednou korekci chyb, která umožňuje opravu určitého procenta chyb. Opravy chyb jsou zajištěny posláním redundantních informací. FEC je možné nastavit ze strany vysílače na několik úrovní (1/2, 2/3, 3/4, 5/6 a 7/8). Vyšší hodnota znamená nižší zabezpečení, ale také nižší nároky na frekvenční pásmo. Například při využití 4-QAM (tedy přenášení 2 bitů v jednom okamžiku) a zvolené přenosové rychlosti 22 MBit/s dostáváme při užití FEC v poměru 5/6 skutečnou přenosovou rychlost 36,6 MBit/s. A při užití poměru 2/3 klesne na 29,33 MBit/s. Metoda FEC se dá aplikovat na jakýkoli digitální signál. [1] [2]

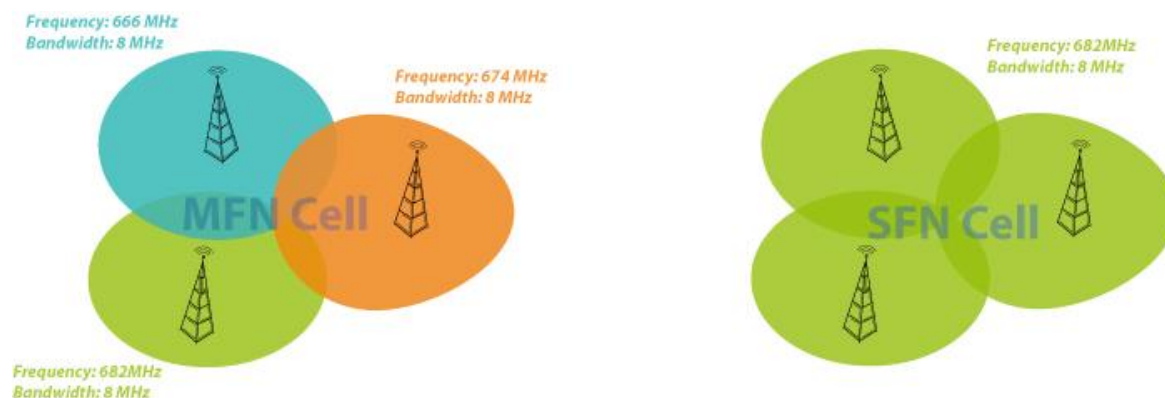
Signál DVB-T2 nabízí větší odolnost proti rušení a je u něj možné snížit množství redundantních informací a tím zvýšit skutečnou přenosovou rychlost.

### 3.8 SFN (Single Frequency Network – jednofrekvenční síť)

SFN je technologie rozdělování vysílacích frekvencí v pozemním vysílání využívaná k optimalizaci celé šířky pásma, které je pro pozemní vysílání určené a technologicky vhodné. SFN využívá modulační metodu OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex - ortogonální, frekvenčně dělený multiplex). Ta umožňuje provoz všech pozemních vysílačů na jedné nosné frekvenci. Nutností je vysílat v signálu i doplňující

informace k bezproblémovému dekódování. Obrázek 10 znázorňuje metodu SFN a MFN (Multiple Frequency Network). Při MFN je nutné použít tři jiné vysílací frekvence (666 MHz, 674 MHz, 682 MHz), které celkově využívají 24 MHz volného pásma. U SFN je používána pouze jedna frekvence (682 MHz). Je tedy možné použít pouze 8 MHz. [1] [2]

**Obrázek 10: MFN (Multiple Frequency Network) a SFN (Single Frequency Network)**



Zdroj: [31]

Pro úspěšné využívání technologie SFN je nutné, aby všechny vysílače náležící k jedné síti vysílaly na jedné frekvenci na úrovni modulace, přesně ve stejný čas a stejná data v OFDM modulaci. Vysílání ve stejný čas je zajištěno pomocí GPS (Global Positioning System) signálu. [2]

## 4 Analytická část

Praktická část se zabývá analýzou vybraných aspektů druhé fáze digitalizace.

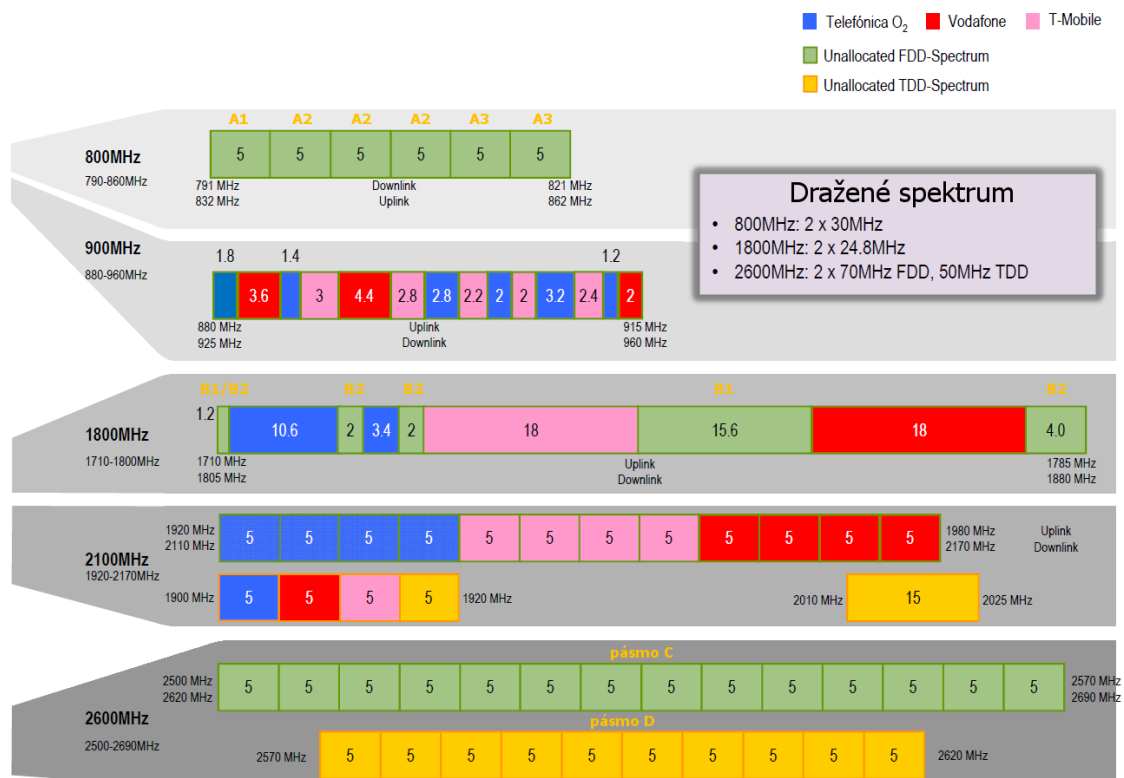
### 4.1 Aukce frekvencí

Pozemní digitální vysílání je s technologií LTE velice úzce spojeno, vzhledem k nutnosti dělit se o frekvenční pásmo. LTE a DVB-T se na překryvech používaného pásma velice ruší.

Zde je nutné zajistit, aby celá Evropa využívala celé spektrum stejným způsobem. V případě, že by na Českém území bylo vysílání na frekvenci 700MHz DVB-T2 a Německo by tuto část pásma využívalo pro LTE, docházelo by ke zmíněnému rušení. V pohraničních oblastech by to postihlo jak obyvatele České republiky, tak i Německa. Podle některých předpokladů by rušení postihlo až 15% populace na území České republiky.

Poslední aukce frekvencí se konala v listopadu 2013. Dražené frekvence znázorňuje obrázek 11. Pásma od 800MHz výše jsou tedy výhradně pro mobilní operátory.

Obrázek 11: Dražené frekvence v roce 2013



Zdroj: [30]

Celkově firmy zaplatily za frekvence:

- Telefónica: 2,802 miliard korun
- T-Mobile: 2,614 miliard korun
- Vodafone: 3,11 miliard korun [30]

V únoru 2016 následuje další aukce. Zde půjde hlavně o frekvence 1800MHz a 2600MHz, které se nepodařilo vydražit roku 2013. O rozdělování pásma se zajímá i antimonopolní úřad a Evropská komise, a to z důvodů společné výstavby sítě ze strany O2 a T-mobile. Jedná se tedy o spolupráci dvou největších telefonních operátorů na území ČR. [10]

Hlavní nutností přechodu na DVB-T2 je uvolnění frekvence 700MHz, na kterou jsou práva rozdělena do roků 2020 a 2021. Protože zájem o mobilní internet stoupá a o pozemní vysílání spíše klesá, v Evropě je tlak na uvolnění tohoto pásma ve prospěch

LTE. Uvolnění stejných frekvencí má být nařízením evropské unie a dodržení stejného rozložení frekvencí po celém území EU. [33]

## **4.2 Překážky pro rychlý vzestup technologie**

Největší překážkou pro nástup nové technologie jsou vstupní náklady. DVB-T2 není zpětně kompatibilní. Operátoři sítí investovali do terestrického digitálního vysílání miliardu korun a nyní je nutná další výměna nejen techniky vysílačů, ale i potřebných přístrojů na cestě od televizních stanic k nim. Na straně televizních stanic představuje největší náklady nutnost souběžného vysílání staré i nové technologie, kdy náklady na vysílání představují významnou část celkového rozpočtu. První položka v tabulce číslo 3 by v době souběžného vysílání mohla vystoupat až k 700 milionům korun v případě vysílání všech kanálů na obou platformách. Náklady na vysílání jsou obdobné i u ostatních televizí, které vysílají srovnatelný počet kanálů v obdobné technické kvalitě. Takový nárůst je tedy nutné omezit, a to hlavně zkrácením doby souběžného vysílání na nejnižší nezbytnou dobu pro přechod diváků z jedné technologie na druhou. Dále pak omezením počtu kanálů, které budou přístupny na obou formátech. Například skupina Nova může zahájit souběžné vysílání na DVB-T2 pouze kanálů Nova, Nova Cinema a Fanda.

Plán, jak rychlý bude přechod pro diváky a kolik kanálů bude dostupných souběžně, ještě není známý. Lze předpokládat výrazně kratší dobu souběžného vysílání, než jaká byla při první fázi digitalizace (přechod z analogového vysílání na digitální), která byla šest let (od roku 2005 do roku 2011). Hovoří se i o přechodu trvajícím pouze půl roku.

Ideální postup minimalizace nákladů pro poskytovatele signálu představují postupné investice do zařízení v rámci obvyklé výměny zařízení. Druhá fáze digitalizace nebude tak nákladná jako první. I tak budou investice významné.

**Tabulka 4: Rozpočet České televize pro rok 2016**

Ukazatel (v tis. Kč)	Rozpočet 2016	Rozpočet 2015	Rozdíl	%
náklady na vysílací síť a přenosy <sup>(1)</sup>	429 163	441 488	-12 325	-3 %
kolektivní správa autorů, provozovací honoráře a honoráře autorů, práva (vysílání) <sup>(2)</sup>	234 106	235 169	-1 063	-0,5 %
náklady spojené se správou a výběrem TV poplatků <sup>(3)</sup>	132 272	148 992	-16 720	-11 %
ostatní osobní náklady a sociální náklady <sup>(4)</sup>	132 097	131 139	958	1 %
energie <sup>(5)</sup>	92 812	91 718	1 094	1 %
bartery - propagace, reklama pořadů ČT a jiné <sup>(6)</sup>	64 980	70 450	-5 470	-8 %
opravy a udržování <sup>(7)</sup>	55 982	59 846	-3 864	-6 %
podpora technických systémů <sup>(8)</sup>	38 486	24 721	13 765	56 %
správa budov, ostraha, úklid, vodné a stočné <sup>(9)</sup>	36 456	42 563	-6 107	-14 %
odvody Státnímu fondu kultury ČR <sup>(10)</sup>	34 972	33 480	1 492	4 %
podpora IT systémů <sup>(11)</sup>	33 216	43 074	-9 858	-23 %
výzkum sledovanosti a hodnocení naplňování veřejné služby <sup>(12)</sup>	31 700	25 345	6 355	25 %
odpis nevymožitelných TVP a jiných pohledávek <sup>(13)</sup>	30 000	27 000	3 000	11 %
kolektivní správa autorů, provozovací honoráře a honoráře autorů, práva (prodej práv) <sup>(14)</sup>	28 608	31 608	-3 000	-9 %
výdaje spojené s vybavením a přestěhováním do nové budovy TSB <sup>(15)</sup>	28 345	0	28 345	-
drobný majetek a civilní kostýmy <sup>(16)</sup>	27 081	27 474	-393	-1 %
nájemné a půjčovné	26 134	24 190	1 944	8 %
právní činnost při vymáhání TVP <sup>(17)</sup>	25 152	19 860	5 292	27 %
videonosiče, audionosiče a zálohové nosiče	19 697	20 478	-781	-4 %
materiál	18 578	18 560	18	0,1 %
pojistné (úrazové, majetku a odpovědnosti)	17 299	16 925	374	2 %
právní a poradenská činnost	14 045	14 131	-86	-1 %
poplatky ČTÚ za kmitočty	13 300	13 300	0	0 %
náklady na činnost Rady ČT	11 760	11 520	240	2 %
členské příspěvky (EBU, Euronews atd.)	11 601	11 393	208	2 %
marketing a reklama	9 888	13 240	-3 352	-25 %
jiné náklady <sup>(18)</sup>	193 270	198 336	-5 066	-3 %
<b>PROVOZNÍ A REŽIJNÍ NÁKLADY celkem</b>	<b>1 791 000</b>	<b>1 796 000</b>	<b>-5 000</b>	<b>-0,3 %</b>

Zdroj: [29]

### 4.3 Náklady pro diváky

Komerčně začne vysílání DVB-T2 již v roce 2016 (v roce 2015 šlo pouze o testování technologie). Ukončení přechodu je plánováno na rok 2020. Terestrická změna se dotkne až 60% populace. [12]

Obměna televizorů u diváka je odhadována na 5 až 6 let. Situace je tedy jiná než při první digitalizaci a to především díky nárokům diváka na jiné parametry televize. Jako jsou rozlišení, spotřeba nebo multimediální funkce.

Výrobci by se měli řídit doporučením Českého telekomunikačního úřadu, které prošlo poslední změnou na konci roku 2014. Modely přístrojů, které mají v parametrech DVB-T2 a jsou vyrobeny od roku 2015, by tedy měly být na změnu připraveny. Jde ale pouze o doporučení. Na území ČR se tedy smějí prodávat i televize určené pro jiný trh, které nemusí být s českým DVB-T2 kompatibilní. [23]

#### 4.3.1 Set-top boxy

Náklady pro diváky se různí podle jejich požadavků na zakoupený přístroj. Nejlevnější set-top box s DVB-T2 lze zakoupit od 590 Kč včetně DPH v internetovém obchodě Alza – model Synaps THD-2910.

**Tabulka 5: set-top boxy**

<b>Model</b>	<b>Tunery</b>	<b>Cena s DPH</b>
Synaps THD-2910	DVB-T, DVB-T2-HEVC	590 Kč
Alma T1700 PVR USB	DVB-T	499 Kč
<b>Nejprodávanější</b>		
Alma 2650 T2 HD	DVB-T, DVB-T2-HEVC	690 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování cen platných k 10.2. 2016 na alza.cz

#### 4.3.2 Televizor s vestavěným tunerem

V případě tuneru v televizi je nutné zakoupit celý nový přístroj. Tabulka 6 znázorňuje nabídku srovnatelných klasických televizí, kdy je nárůst ceny pro diváka zanedbatelný.

**Tabulka 6: Klasické televize**

Model	Tunery	Cena s DPH
42" LG 42LF561V	DVB-T2 - HEVC, DVB-T, DVB-S2, DVB-C	9 990,00 Kč
43" LG 43LF5400	DVB-T, DVB-C	9 699,00 Kč
32" LG 32LF561V	DVB-T2 - HEVC, DVB-T, DVB-S2, DVB-C	7 690,00 Kč
32" LG 32LF5610	DVB-T, DVB-C	6 990,00 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování ceny platné k 10.2.2016 na alza.cz

Na trhu od rozměru 32" výše ale převažují Smart TV. Které už DVB-T2 – HEVC většinou poskytují. Případně nemají srovnatelný protějšek k porovnání kvůli jiným faktorům výbavy (jako například procesor).

Problém nastává u televizí menších, než je 32" úhlopříčky, které DVB-T2 – HEVC nemají v nabídce vůbec, a to kvůli nižší prodejnosti a pomalé obměně modelů. Zde je nutné při nákupu postupovat obezřetně.

Vzhledem k nástupu DVB-T2 již v roce 2016 lze předpokládat další úbytek nebo zlevnění přístrojů poskytující pouze DVB-T. [13]

#### **4.4 Digitální rádio**

Hlavní výhody digitálního rádia jsou totožné jako u digitální televize.

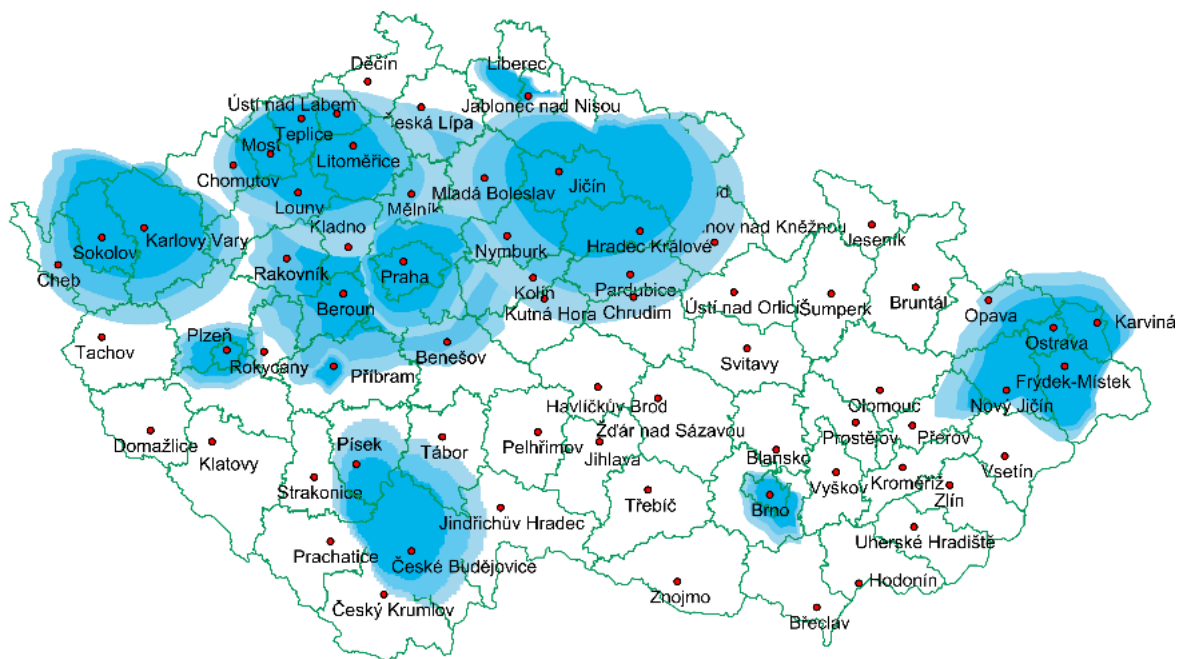
- Více stanic
- Lepší kvalita
- Levnější vysílání (nižší energetická náročnost)
- Lepší pokrytí
- Výborný mobilní příjem

Digitalizace rádia stojí před stejnými překážkami, kterým čelila první fáze digitalizace televize. Jedná se zejména o nedostatek přístrojů, případně převažující nabídka levných radií, které funkci DAB (Digital Audio Broadcasting) vůbec nemají. Digitalizaci v ČR nyní prosazuje převážně Český rozhlas a komerční rádia změnu spíše odmítají kvůli vstupním nákladům. Překážkou je také neochota diváků ke změně. Náklady na provoz obou technologií současně nejsou tak výrazné jako v případě televizního vysílání. Lze tedy očekávat velice pozvolný přechod na plně digitální rádio.



První vysílání DAB proběhlo už v roce 1999. V Roce 2013 už DAB pokrývalo 50% populace ČR. Stále jde pouze o zkušební vysílání. Přechod na digitální rádio je plánovaný nejdříve na rok 2025. Česká republika v tomto ohledu drží krok se zbytkem Evropy, kde je přechod na DAB také velice pozvolný. Obrázek 12 popisuje pokrytí všemi Multiplexy a vysílači na území České republiky k lednu 2016.

**Obrázek 12: Mapa pokrytí ČR k začátku ledna 2016**



Zdroj: [8]

## 4.5 Stav v Evropě

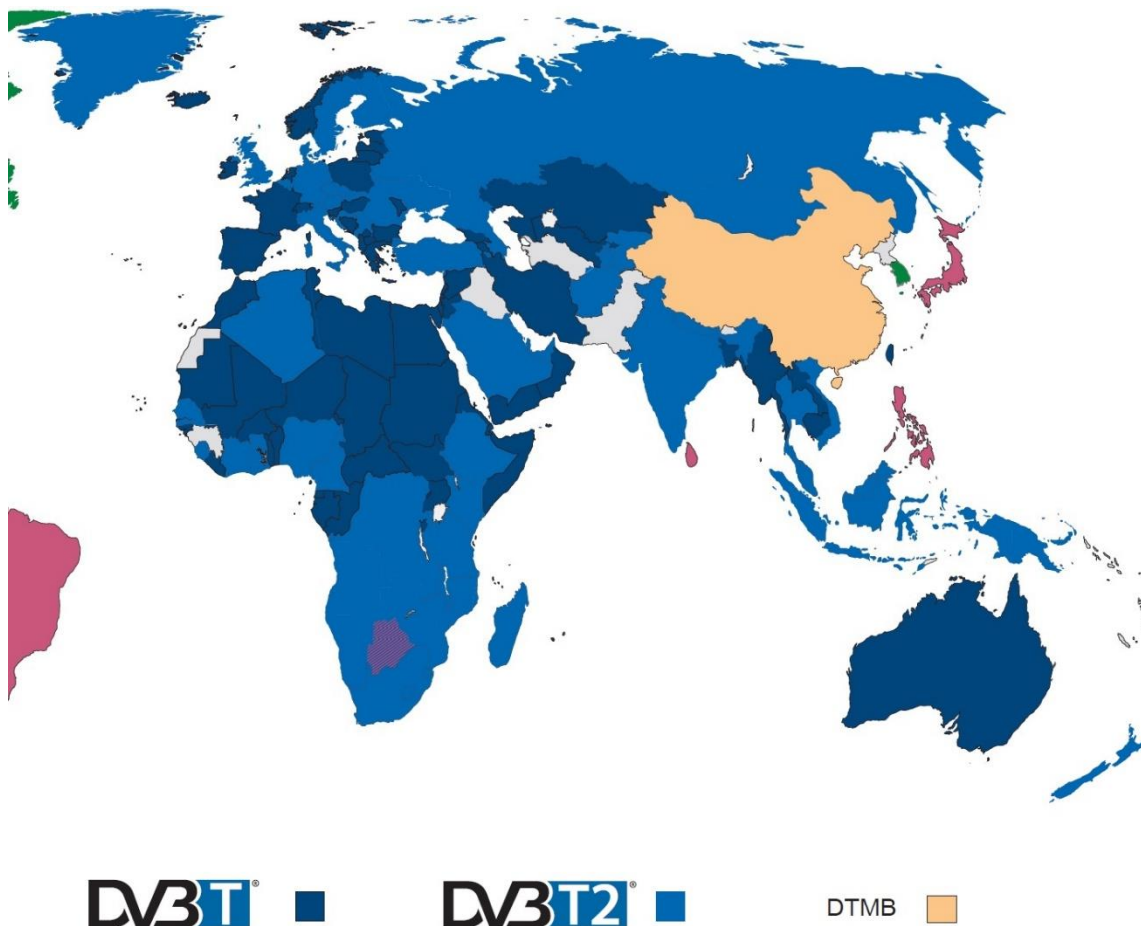
Vývoj veškerého pozemního vysílání je nutné koordinovat v rámci celé Evropy kvůli rušení v pohraničních pásmech, zachování co největšího trhu pro jednotnou výrobu a kompatibilitě technologií.

Evropa je nyní nejednotná v rychlosti postupu na druhou fázi digitalizace. V České republice zatím není určený postup a rychlost přechodu na nový standard. Podle vývoje Evropských států, které jsou oproti České republice rychlejší, je možné odhadnout náš budoucí vývoj.

Celkově Česká republika není s nástupem DVB-T2 o mnoho pomalejší. Největší rozdíl představuje plánované dokončení přechodu, které je v ČR v letech 2020 až 2021.

Obrázek 13 znázorňuje stav rozšíření DVB-T2 technologie a to i testovací vysílání ve světě. Severní i Jižní Amerika, vzhledem k jinému počtu snímků za vteřinu, využívá jiný standard pro pozemní vysílání.

**Obrázek 13: Mapa rozšíření DVB-T2 ve světě**



Zdroj: [18]

#### **4.5.1 Stav ve Spojeném království Velké Británie**

Velká Británie komerčně plně využívá technologii DVB-T2 už od roku 2010 ve formě přidání dalšího multiplexu. Na rozdíl od Čech jsou do tohoto Multiplexu přidávány kanály v HD rozlišení a DVB-T multiplexy zůstávají většinou pouze v SD formátu. Obdoba v České republice je experimentální vysílání, které obsahuje pouze HD kanály jako ČT Sport, Nova a Prima. [17]

V době, kdy v Čechách teprve byla ukončena první fáze digitalizace, probíhalo už ve Velké Británii komerční vysílání fáze druhé. Bylo tedy možné spojit přechod na vysoké rozlišení spolu s DVB-T2.

Tabulka 7 popisuje rozložení kanálů a využití technologie DVB-T2 ve Velké Británii na začátku roku 2016.

**Tabulka 7: Multiplexy ve Velké Británii**

Název	BBC A	D3&4	BBC B	SDN	ARQ A	ARQ B	COM7/8	RNI_1	Local
Standard	DVB-T	DVB-T	DVB-T2	DVB-T	DVB-T	DVB-T	DVB-T2	DVB-T2	DVB-T
Mod	8k	8k	32k	8k	8k	8k	32k	32k	8k
Modulace	64QAM	64QAM	265QAM	64QAM	64QAM	64QAM	265QAM	QPSK	QPSK
Ochranný interval	1/3	1/3	1/128	1/3	1/3	1/3	1/128	1/128	1/3
Datový tok	24	24	40	27	27	27	40	9,8	9
Počet kanálů	46	20	15	42	30	30	20	21	5

Zdroj: Vlastní zpracování stav k lednu 2016 [22] [27]

V případě České republiky už nelze zajistit takto elegantní způsob přechodu. V naší DVB-T už jsou k dostání HD kanály takto postupnou změnou. V případě nezakoupení nového přístroje by o ně divák přišel. Lze ale očekávat obdobný přístup k problému. V první řadě převedení zkušebního vysílání do plného provozu a rozšíření pokrytí. Dále pak přidávání HD variant kanálů a postupné omezování nabídky ve standardu DVB-T. Bude snaha o co nejmenší redundanci kanálů na obou standardech.

#### 4.5.2 Ve Spolkové republice Německo

Situace v Německu je z časového hlediska velice podobná jako v České republice. Testovací vysílání bylo zahájeno v roce 2014. V létě 2016 je plánované zahájení komerčního vysílání a přechod na nový formát by měl být dokončen v roce 2018.

Nejpodstatnější rozdíl je podíl uživatelů pozemního vysílání, které je v Německu pouhých 10% oproti 60% v Čechách.

Hlavní důvod ke změně je tedy pouze tlak na uvolnění frekvence 700MHz pro mobilní internet LTE.

#### **4.5.3 Rakouská republika**

Stav v Rakousku je časově velice podobný České republice a Německu. V roce 2016 je plánovaný start komerčního vysílání DVB-T2 a dokončení přechodu na rok 2017, kdy už bude pokryto 97% území. Licence na vysílací pásma jsou v Rakousku přidělena od roku 2016 do 2026. A bylo potvrzeno i plánované pozemní vysílání placených kanálů. [11]

### **4.6 Budoucnost**

Televizní vysílání se, jako všechny formy zábavy, musí vyvíjet dál. Kvůli udržení konkurenceschopnosti. Největší protivníci standardního modelu televizního vysílání jsou metody založené na přenosu signálu čistě přes internet. Popřípadě kombinace běžné televize a dalších funkcí využívajících běžný internet. Druhá fáze digitalizace je z velké části vynucena právě konkurenčním mobilním internetem LTE. K dalším změnám nyní není v České republice mnoho společností ochotných investovat do rozvoje těchto neověřených a nákladných služeb v českém jazyce.

K využívání většiny nových služeb bude nutná Smart TV (chytrá TV). V podstatě se jedná o spojení počítače a konvenční televize v jeden přístroj.

#### **4.6.1 Televize přes internet**

Jde o televizní vysílání využívající pouze internet. Mohou vysílat podle stálého programu. Jsou dostupné služby jako například Horizon.tv, které vysílají stejný obsah dostupný konvenčně. Někdy s přidáním doplňkových vlastností jako přetáčení a tak dále. Většinou jde o měsíčně předplacené služby s částkou pohybující se od 100Kč do 500Kč. Některé služby jsou zdarma a bývají doplněny reklamními sděleními.

Ve světě je této technologie využíváno převážně pro sportovní nadšence, kteří pak mohou sledovat zápasy nedostupné jiným způsobem. Případně kvůli možnostem přepínat kamer na hřišti podle požadavků diváka. Tyto služby nabízí například Eurosport live nebo nově v české republice O2 TV. [32]

Rychle rostoucí službou je také tak zvané „video on demand“ (video na požádání), které se zaměřují na filmy a seriály. Například HBO go nebo Netflix. U těchto služeb

představuje pro českého diváka největší problém česká lokalizace dabingu případně titulek. Zavedení takové služby je velice nákladné převážně na autorská práva různých pořadů, filmů a infrastrukturu serverů pro odesílání dat. Překážkou pro diváka jsou pak nároky na internetové připojení.

#### **4.6.2 HBB TV (Hybrid Broadcast Broadband TV)**

Jde o kombinaci internetového vysílání a běžné televize. Z pohledu diváka jde o standardní vysílání a bez zapnutí této funkce ani nepozná změnu. Televize s touto funkcí pouze musí být připojena k internetu. Do běžného digitálního signálu, nezávisle na způsobu příjmu, jsou přidány informace pro Smart TV o internetové adrese, kde se lze připojit na libovolný stream dat. Může jít například o pořady nebo filmy. HBB TV je v cizině známá také jako služba „RED BUTTON“ a to protože se aktivuje červeným tlačítkem na ovladači.

Jde zatím pouze o doplňkové služby a záleží na televizních stanicích a zájmu diváků, jak moc se tato technologie bude rozvíjet v České republice. Otázkou zatím zůstává dostupný obsah. Pro tento typ vysílání je nutné být držitelem práv pro vysílání na internetu. To představuje další finanční nároky s nejistou návratností. Výhodu v tomto ohledu má například Česká televize, která má již tak velmi obsáhlý archiv pořadů. Česká televize začala vysílat data pro HBB TV v roce 2014.

Obrázek 14: První stránka HBB TV České televize

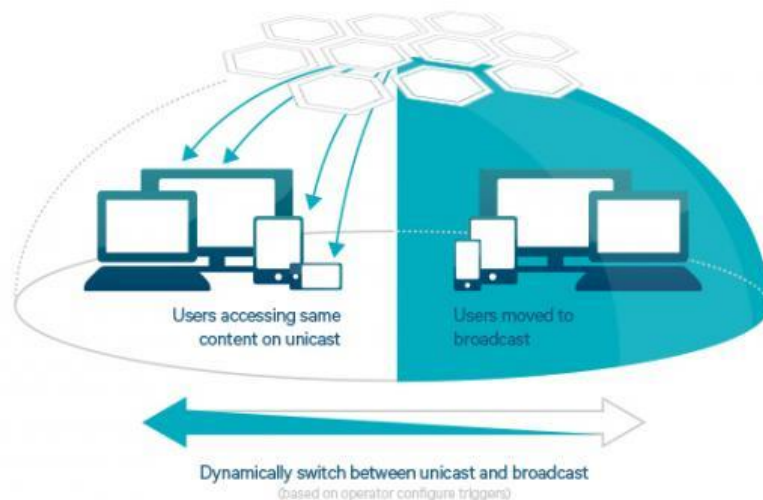


Zdroj: [21]

#### 4.6.3 Vysílání přes 4G/LTE

Mobilní internet už vytlačuje běžnou pozemní televizi. Zároveň ale může představovat jejího nejmodernějšího nástupce. Společnost Qualcomm očekává nárůst přenosů videa přes mobilní sítě v roce 2018 až na 70% její celkové vytíženosti. Zároveň udává až dvojnásobnou úsporu oproti DVB-T. To je ale zhruba podobné zlepšení jako u DVB-T2. Kombinací těchto technologií je tedy možné dosáhnout dalšího zlepšení efektivnosti přenosu dat. A to sice plynulým přechodem mezi formou přenosu unicast a broadcast. Tak jak to ilustruje obrázek 15. [34]

**Obrázek 15: LTE Broadcast a Multicast**



Zdroj: [24]

Momentálně je takové vysílání nejvýhodnější pro uživatele mobilních telefonů. Ty už obsahují veškerou potřebnou výpočetní sílu a většina moderních telefonů již je schopno příjmu LTE.

Úplné nahrazení DVB-T2 je nyní spíše v nedohlednu a to vzhledem k dalším nárokům na změnu domácího přijímacího zařízení a silnému postavení pozemního vysílání na trhu. Vývoj mobilního internetu je ovšem velice vyžadovaný, a tak je možné, že změnu přinese momentálně testovaná technologie 5G.

## 5 Výsledky a diskuse

Analýzou dostupných informací o momentálním stavu televizního vysílání v České republice a částech evropské unie, které jsou v adaptování nových standardů dále, byla vytvořena doporučení pro optimální přechod na novou generaci technologie. Nejlépe porovnatelný je stav ve Velké Británii, kde probíhá změna velice plynule, nemá náskok větší než několik let a poměr uživatelů pozemního vysílání je také porovnatelný.

Jedním z největších problémů se změnou souvisí s neochotou diváků investovat do nových technologií. Většina diváků je nyní spokojená s technickou kvalitou a rozsahem pozemního vysílání. Je důležité diváky seznámit s důvody, proč je další fáze nezbytná. To ovšem může být problematické, protože změna divákovi na českém trhu nepřinese tolik znatelné zlepšení jako v první fázi digitalizace, kdy změna analogového vysílání na digitální byla nutností pro zachování konkurenceschopnosti formátu jakým je televize.

Výhody druhé fáze digitalizace představují převážně uvolněné frekvence pro vysílání mobilního internetu LTE, po kterém nyní rychle roste poptávka.

Jediná další výhoda z pohledu diváka je zlepšením kvality a počtu dostupných kanálů.

Podle příkladu Velké Británie je nutné, aby změna na nový formát byla co nejplynulejší a probíhala formou přidávání nového obsahu na DVB-T2. Nikoli cestou pouhého ubírání kanálů na DVB-T. Je důležité diváky nalákat na nové vysílání a služby, nikoli ubírat možnosti, na kterých stojí domácí zábava.

Postupným přesouváním a přidáváním HD nabídky na DVB-T2 lze zároveň vyřešit největší překážku na straně televizních stanic, a to je nutnost hradit náklady spojené s provozem dvou vysílacích metod.

Situace ve Spolkové republice Německo je z časového hlediska nyní velice podobná té v České republice. Ovšem počet uživatelů pozemního vysílání je pouhých 10% oproti 60% v České republice. Není možné ji použít k odhadu dalšího vývoje u nás.

Pro diváka ovšem změna není tak výrazná, oproti první fázi digitalizace. A to ani v ohledu nákladů převážně díky předpokládané rychlosti obměny přístrojů, která je nyní odhadována na 5 až 6 let. Do ukončení změny na DVB-T2 a zastavení vysílání DVB-T by



měla být většina diváků připravena. Už nyní je velice snadné zakoupit televizor připravený k druhé fázi digitalizace. Je nutné se pouze vyvarovat doprodeje starých modelů.

Náklady pro poskytovatele signálu budou výrazně nižší než v případě rušení analogového vysílání, i tak ale budou významné a je nutné je minimalizovat. A to především formou postupných investic do nových technologií v rámci obvyklé obměny zařízení.

Analýzou akcí frekvenčního pásma lze nejen odhadovat následné rozdělení trhu pro různé poskytovatele mobilních sítí, ale jde také o hlavní důvod přechodu na DVB-T2, a tím je skončení licencí na vysílání v pásmu 800MHz roku 2020 a 2021, které bude od tohoto roku využíváno právě pro mobilní sítě. Předpokládá se vysílání LTE případně právě testovaného 5G.

## 6 Závěr

Výsledkem práce je teoretický souhrn potřebné technologie, určené pro digitální televizní vysílání a rozdílů v jednotlivých generačních krocích digitalizace z hlediska přínosů a negativ dalších změn standardů. Pro ilustraci technologií je text doplněn množstvím obrázků a tabulek. Vzhledem k aktuálnosti tématu byly zdroje převážně složeny z online materiálů a telekomunikačních konferencí.

Analytická část představuje problematiku aukce frekvenčního pásma, které je omezené. Druhá fáze digitalizace zajišťuje úspory datového toku a následné uvolnění pásma pro rychle se rozvíjející mobilní internet. Největší překážkou pro změnu stávajícího vysílání jsou vstupní náklady, a to pro televizní stanice, poskytovatele signálu a koncové diváky. Krátký souběh obou technologií by minimalizoval náklady pro všechny prvky, kromě diváků, na které by byl kladen velký tlak. Hrozila by tak i možná ztráta diváků pozemního vysílání ve prospěch například provozovatelů satelitního vysílání. Dlouhá doba chodu obou standardů by ovšem zvyšovala náklady na provoz vysílacích sítí.

Na základě analýzy stavu ve státech Evropské unie, které komerčně využívají nebo testují druhou fázi digitalizace, jsou představena doporučení pro plynulý a úsporný přechod na nový standard televizního vysílání. Doporučení jsou uvedena jak z pohledu poskytovatelů signálu a televizních stanic, tak i pro koncové diváky. Dobrým příkladem pro hladký přechod může být například Velká Británie, kde na nový standard přicházejí nové kanály ve vysokém rozlišení a zároveň neomezují stávající nabídku využívající starší technologii.

Vývoj technologií pro vysílání televizního signálu je bezesporu nezbytný. Televize, jako médium, je stále nepostradatelným zdrojem zábavy pro mnoho lidí a s nástupem internetu zažívá významný nárůst konkurence. Právě částečné spojení s konkurencí může poskytovat vhodnou budoucnost pro televizní vysílání, jako například hybridní televize.

Stanovené cíle práce byly splněny, další možné doplnění práce je například měření technických parametrů druhé generace vysílání v reálném prostředí

## 7 Seznam použitých zdrojů

### 7.1 Tištěné dokumenty

- [1] FISCHER, Walter. *Digital Television a Practical Guide for Engineers*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. ISBN 978-366-2054-291.
- [2] FISCHER, Walter. *Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A Practical Engineering Guide*. 3rd ed. Horst von Renouard. München: Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2010. ISBN 978-364-2116-117.
- [3] MEYER-BAESE, Uwe. *Digital signal processing with field programmable gate arrays*. Fourth edition. 2014. ISBN 9783642453090.
- [4] REIMERS, [edited by] Ulrich. *Digital video broadcasting (DVB) the international standard for digital television*. Berlin: Springer, 2001. ISBN 9783662045626.
- [5] REIMERS, [edited by ] Ulrich. *DVB: the family of international standards for digital video broadcasting*. 2nd ed. Berlin: Springer, 2004. ISBN 9783642078071.
- [6] SZE, Vivienne, Madhukar BUDAGAVI a Gary J. SULLIVAN. *High Efficiency Video Coding (Hvc): Algorithms and Architectures*. 2014. New York: Springer-Verlag GmbH, 2014. ISBN 9783319068947.
- [7] VÍT, Vladimír, *Televizní technika přenosové barevné soustavy*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1997. ISBN 80-860-5604-X.

### 7.2 Elektronické dokumenty

- [8] Aktuální mapa pokrytí České republiky. *Digitalradiodab* [online]. 2016 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.digitalradiodab.cz/mapy-pokryti.html>
- [9] Astra 3B. *Parabola.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.parabola.cz/satelit/astra-3b/>
- [10] Aukce dalších LTE frekvencí odstartuje zřejmě už v první půlce února. *Mobilmania* [online]. 2016 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.mobilmania.cz/aukce-dalsich-lte-frekvenci-odstartuje-zrejme-uz-v-prvni-pulce-unora/a-1333315/default.aspx>
- [11] Austria to complete transition to DVB-T2 by 2019. *Broadbandtvnews* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.broadbandtvnews.com/2015/12/22/austria-to-complete-transition-to-dvb-t2-in-2019/>

- [12] Budování sítí DVB-T2 v Česku začne v roce 2016. *Digizone* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.digizone.cz/clanky/budovani-siti-dvb-t2-v-cesku-zacne-v-roce-2016-dokonceny-maji-byt-do-roku-2021/>
- [13] ČRa právě odstartovaly další zkušební vysílání DVB-T2 v kodeku HEVC. *Digitalnitatelevize* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.digitalnitatelevize.cz/zpravy/obecne/CRa-odstartovaly-dalsi-zkusebni-vysilani-DVB-T2-HEVC.html>
- [14] Demapper. *Literature Agilent* [online]. 2008 [cit. 2015-11-02]. Dostupné z: <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/ads2008/numeric/ads2008/Demapper.html>
- [15] Digital Video Broadcasting Conditional Access Architecture. *Cs.sjsu.edu* [online]. 2002 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.cs.sjsu.edu/~stamp/CS265/projects/papers/tongho/projhtml.htm>
- [16] DVB-S2. *Joshua Kline - Tutorial DVB-S2* [online]. 2010 [cit. 2015-11-02]. Dostupné z: [http://ecee.colorado.edu/~liue/teaching/comm\\_standards/2010F\\_dvb-s2/index.html](http://ecee.colorado.edu/~liue/teaching/comm_standards/2010F_dvb-s2/index.html)
- [17] Dvb-t2 and freeview. *Ofcom* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://consumers.ofcom.org.uk/tv-radio/television/dvb-t2-and-freeview-hd/>
- [18] DVB Worldwide. *DVB* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <https://www.dvb.org/news/worldwide>
- [19] H.265 špičkový videokodek. *Chip* [online]. 2014 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.chip.cz/casopis-chip/earchiv/vydani/rocnik-2013/chip-07-2013/h-265-spickovy-videokodek/>
- [20] H.265 vs H.264. *Winxdvd* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.winxdvd.com/resource/h265-vs-h264.htm>
- [21] HbbTV. *Česká televize* [online]. 2016 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/hbbtv/>
- [22] Channels. *Digitaluk* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: [http://www.digitaluk.co.uk/industry/Channels/channel\\_listings](http://www.digitaluk.co.uk/industry/Channels/channel_listings)
- [23] Kupujte televizor bez obav. *Digitalnitatelevize* [online]. 2014 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.digitalnitatelevize.cz/zpravy/obecne/kupujte-televizor-bez-obav-aneb-co-prinasi-aktualizovany-d-book-pro-dvb-t-2.html>
- [24] LTE Broadcast. *Qualcomm* [online]. 2016 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <https://www.qualcomm.com/invention/technologies/lte/broadcast>

- [25] LTE: Powerful processors and new horizons implement the next generation in communication. *Renesas* [online]. 2015 [cit. 2015-11-02]. Dostupné z: [http://www.renesas.com/edge\\_ol/technology/03/index.jsp](http://www.renesas.com/edge_ol/technology/03/index.jsp)
- [26] MPEG-2 Reference Information. *Compressor 3.5: User Manual* [online]. 2010, 03/2010 [cit. 2015-11-02]. Dostupné z: <https://documentation.apple.com/en/compressor/usermanual/index.html#chapter=18%26section=5%26tasks=true>
- [27] Multiplexes. *Digitaluk* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.digitaluk.co.uk/industry/Multiplexes>
- [28] QAM Mapper. *National Instruments - VSS System Block Catalog* [online]. 2015 [cit. 2015-11-02]. Dostupné z: [https://awrcorp.com/download/faq/english/docs/VSS\\_System\\_Blocks/QAM\\_MAP.htm](https://awrcorp.com/download/faq/english/docs/VSS_System_Blocks/QAM_MAP.htm)
- [29] Rozpočet České televize: na rok 2016. *Česká televize* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: [http://img.ceskatelevize.cz/boss/image/contents/hospodareni/pdf/rozpocet-ct\\_2016.pdf](http://img.ceskatelevize.cz/boss/image/contents/hospodareni/pdf/rozpocet-ct_2016.pdf)
- [30] Skončila aukce kmitočtů pro LTE: frekvence si rozdělí velká trojka. *Živě.cz* [online]. David Polesný, 2013 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/bleskovky/skoncila-aukce-kmitoctu-pro-lte-frekvence-si-rozdeli-velka-trojka/sc-4-a-171386/>
- [31] Technical Overview of Single Frequency Network. *Enensys technologies* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: [http://www.enensys.com/documents/whitePapers/ENENSYS%20Technologies%20-%20Single\\_frequency\\_network%20Overview.pdf](http://www.enensys.com/documents/whitePapers/ENENSYS%20Technologies%20-%20Single_frequency_network%20Overview.pdf)
- [32] Tvrdá konkurence pro kabelové televize je tady. *Idnes* [online]. 2006 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: [http://mobil.idnes.cz/tvrda-konkurence-pro-kabelove-televize-je-tady-nova-sluzba-o2tv-pst-/mobilni-operatori.aspx?c=A060831\\_144318\\_mob\\_operatori\\_brz](http://mobil.idnes.cz/tvrda-konkurence-pro-kabelove-televize-je-tady-nova-sluzba-o2tv-pst-/mobilni-operatori.aspx?c=A060831_144318_mob_operatori_brz)
- [33] Víc frekvencí pro LTE: EU uvolní globální 700 MHz. *Mobilmania* [online]. 2014 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.mobilmania.cz/clanky/vic-frekvenci-pro-lte-eu-uvolni-globalni-700-mhz/sc-3-a-1328072/default.aspx>
- [34] Will video over LTE reshape the broadcast and mobile industries? *Telecomworld* [online]. 2015 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://telecomworld.itu.int/blog/will-video-over-lte-reshape-the-broadcast-and-mobile-industries/>

## Seznam tabulek

TABULKA 1: VARIANTY DVB .....	12
TABULKA 2: TECHNICKÉ ROZDÍLY H.264 A H.265 .....	17
TABULKA 3: PŘÍKLAD ROZDĚLENÍ MULTIPLEXŮ V ČR .....	19
TABULKA 4: ROZPOČET ČESKÉ TELEVIZE PRO ROK 2016.....	30
TABULKA 5: SET-TOP BOXY .....	31
TABULKA 6: KLASICKÉ TELEVIZE .....	32
TABULKA 7: MULTIPLEXY VE VELKÉ BRITÁNII .....	35

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: STRUKTURA GOP .....	15
OBRÁZEK 2: NÁKRES PRŮBĚHU SIGNÁLU.....	18
OBRÁZEK 3: QPSK MODULACE .....	20
OBRÁZEK 4: 8PSK MODULACE .....	20
OBRÁZEK 5: 32APSK MODULACE .....	21
OBRÁZEK 6: 32QAM MODULACE .....	22
OBRÁZEK 7: ASTRA 3B – EVROPSKÝ SVAZEK .....	23
OBRÁZEK 8: KÓDOVÁNÍ 1 .....	24
OBRÁZEK 9: KÓDOVÁNÍ 2.....	25
OBRÁZEK 10: MFN (MULTIPLE FREQUENCY NETWORK) A SFN (SINGLE FREQUENCY NETWORK).....	26
OBRÁZEK 11: DRAŽENÉ FREKVENCE V ROCE 2013 .....	28
OBRÁZEK 12: MAPA POKRYTÍ ČR K ZAČÁTKU LEDNA 2016 .....	33
OBRÁZEK 13: MAPA ROZŠÍŘENÍ DVB-T2 VE SVĚTĚ .....	34
OBRÁZEK 14: PRVNÍ STRANKA HBB TV ČESKÉ TELEVIZE .....	38
OBRÁZEK 15: LTE BROADCAST A MULTICAST.....	39