



Experimentální vysílání DVB-T2

Závěrečná zpráva



Březen 2012



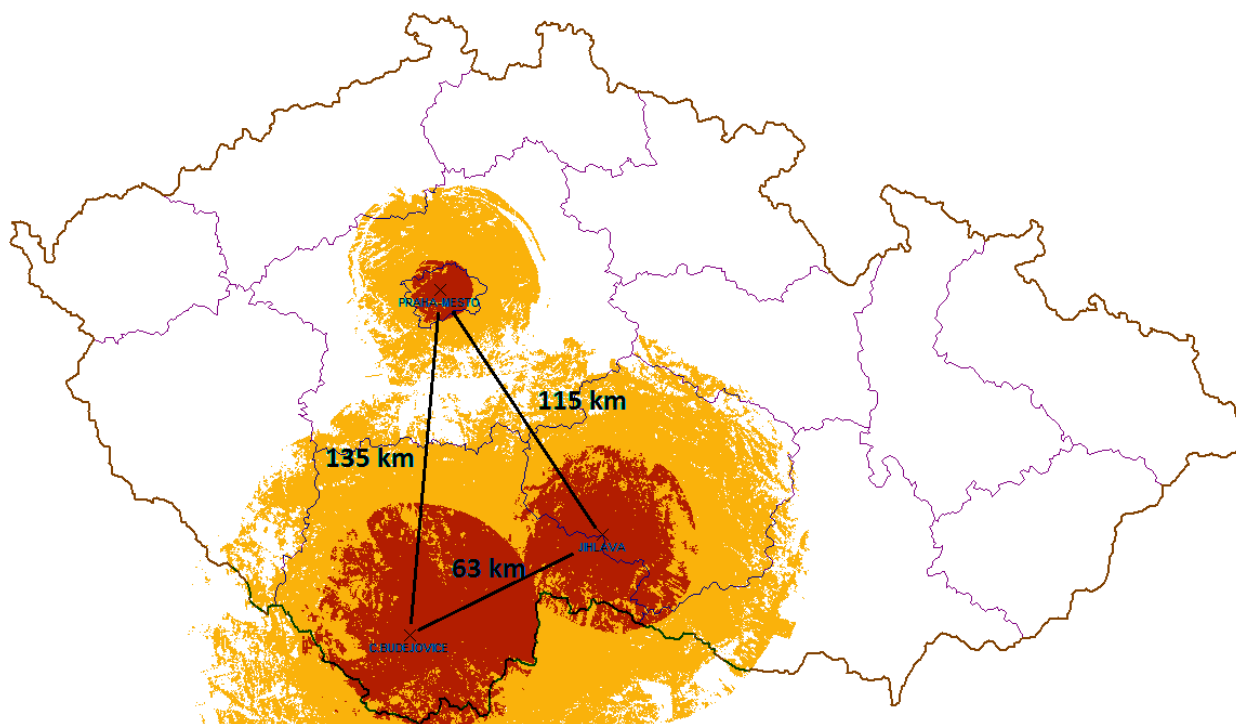
Obsah

1. Úvod	3
2. Časový rámec experimentálního vysílání DVB-T2.....	4
3. Cíle experimentálního vysílání DVB-T2	4
4. Shrnutí provedených testů	5
4.1. Testy příjmu typu outdoor fixed, outdoor portable a indoor portable	5
4.2. Subjektivní testy kvality HD obrazu.....	6
4.3. Testy s identifikátory v DVB-T2.....	7
4.4. Testy kódování audio signálů.....	9
4.5. Testy SFN	10
4.6. Testy mobilního příjmu.....	14
4.7. Testy přijímačů DVB-T2	18
5. Doporučená konfigurace DVB-T2 pro ČR	19
6. Návrh nového D-Booku.....	20
6.1. Hlavní body revidovaného dokumentu.....	20
7. Závěr.....	22

1. Úvod

Český telekomunikační úřad (ČTÚ) zadal v rámci svých smluvních vztahů s Českým metrologickým institutem (ČMI) vypracování technické studie týkající se digitálního televizního vysílání v systému DVB-T2. Pro možnost ověřování technických parametrů a vlastností systému DVB-T2 vydal ČTÚ tomuto subjektu individuální oprávnění k využívání rádiových kmitočtů na časově omezené období od listopadu 2010 do konce roku 2011, vlastní experimentální vysílání pak realizovaly České Radiokomunikace a.s. (ČRa). Účelem experimentu bylo seznámení se se všemi technickými aspekty nového digitálního systému, ověření možných systémových parametrů a získání praktických zkušeností s vysíláním v rámci rozsáhlých jednofrekvenčních vysílacích sítí. Na vyhodnocování experimentu se podílely všechny tři zúčastněné subjekty, tj. ČTÚ, ČRa i ČMI.

Pro experiment byl zvolen kanál 25 mezinárodně zkoordinovaný pro Prahu a České Budějovice a dočasně zkoordinovaný pro Jihlavu. Pro jeho technické zabezpečení byla použita technologie připravená pro dokončení digitalizace TV vysílání. To umožnilo realizovat experiment poměrně velkého rozsahu pokrývající více než 30% území ČR:



Závěrečná zpráva shrnuje výsledky dosažené v rámci tohoto experimentu.

2. Časový rámec experimentálního vysílání DVB-T2

Experimentální vysílání v systému DVB-T2 probíhalo od listopadu 2010 do konce prosince 2011

- listopad 2010 – spuštění DVB-T2 vysílače z lokality Praha – město (ERP 4 kW, kanál 25)
- 25. červenec 2011 – spuštění vysílačů Jihlava – Javořice a České Budějovice – Klet' (oba s ERP 100 kW v jednofrekvenční síti s vysílačem Praha – město, kanál 25)
- 21. září 2011 – ukončení vysílání z vysílače České Budějovice – Klet'
- 29. září 2011 – ukončení vysílání z vysílače Jihlava – Javořice
- 31. prosinec 2011 – ukončení vysílání z lokality Praha – město



Obrázek 1: zleva – vysílače Praha – město, Č. Budějovice – Klet' a Jihlava – Javořice

3. Cíle experimentálního vysílání DVB-T2

Experimentální vysílání mělo tyto hlavní cíle

- získání praktických zkušeností s technologiemi pro DVB-T2 na straně vysílání (vysílače, distribuce, kompresní technologie)
- ověření možnosti realizace rozsáhlých jednofrekvenčních sítí DVB-T2
- seznámení se s praktickými možnostmi nastavení systému (konfigurace vysílacích parametrů)
- získání praktické zkušenosti s příjmem signálu vysílaného v systému DVB-T2 a porovnání s příjmem DVB-T
- otestování parametrů a chování set-top-boxů (příp. integrovaných přijímačů) pro příjem DVB-T2
- získání praktických zkušeností s nově se objevujícími standardy pro TV vysílání (3D)
- na základě provedených testů stanovit doporučení vysílacích parametrů pro použití DVB-T2 systému v České republice
- vypracování min. požadavků na specifikaci, vybavení a technické parametry DVB-T2 set-top-boxů (integrovaných přijímačů) pro český trh

4. Shrnutí provedených testů

V jednotlivých fázích experimentu byly provedeny následující testy

- testy příjmu na pevnou venkovní anténu (outdoor fixed), testy přenosného venkovního příjmu (outdoor portable) a testy příjmu uvnitř budov (indoor portable) – vše při vysílání z jediného DVB-T2 vysílače (Praha – město)
- subjektivní testy kvality HD obrazu
- testy s identifikátory v DVB-T2
- testy kódování audio signálů algoritmem MPEG-4 HE-AAC
- testy jednofrekvenční sítě SFN (Praha – město + Č. Budějovice – Klet' + Jihlava – Javořice)
- testy mobilního příjmu
- testy přijímačů DVB-T2

Pro snazší identifikaci některých kombinací základních parametrů DVB-T2 signálu bylo zavedeno toto označení:

označení módu	Konstelace	kódový poměr
A	64-QAM	4/5
B	64-QAM	5/6
C	256-QAM	1/2
D	256-QAM	3/5
E	256-QAM	2/3
F	256-QAM	3/4
G	256-QAM	4/5
H	256-QAM	5/6

Tabulka 1 – označení DVB-T2 módů

4.1. Testy příjmu typu outdoor fixed, outdoor portable a indoor portable

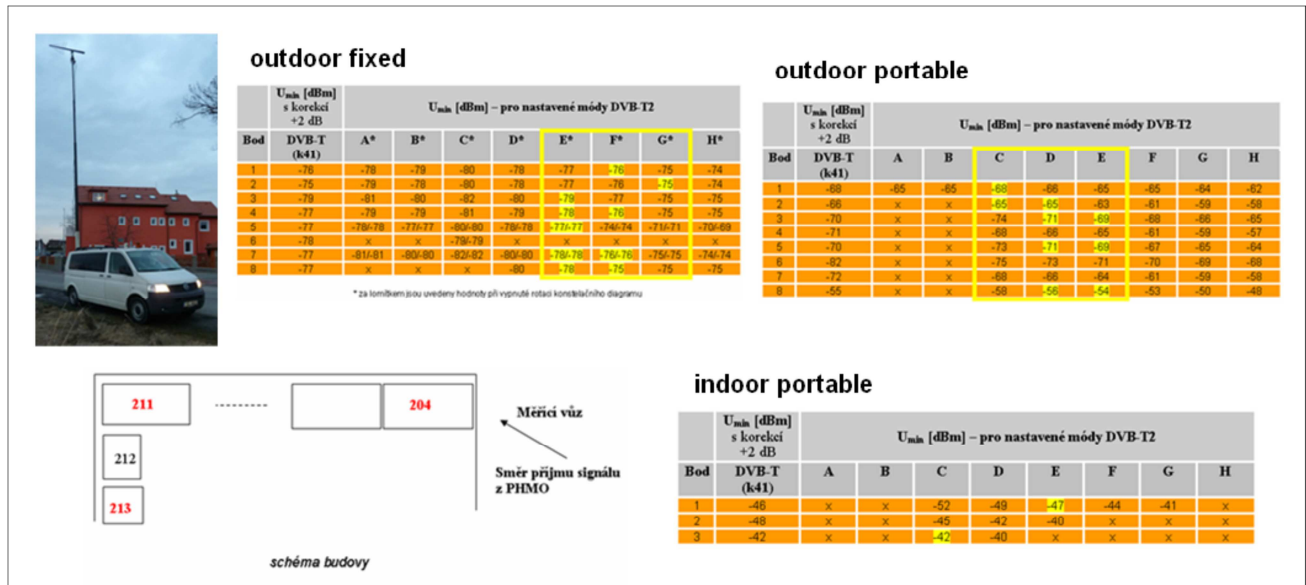
V této fázi testů bylo provedeno měření ve vybraných měřicích bodech / lokalitách za účelem zjištění minimálních potřebných intenzit elektromagnetického pole při různých typech příjmu (pevná anténa – outdoor fixed, outdoor / indoor portable). Při základním nastavení DVB-T2 signálu (FFT mód 32k ext, ochranný interval 1/16, rozložení pilotních nosných PP4), vysílaného ze stanoviště Praha – město, byly testovány módy A až H (viz tabulka 1). Důležitým cílem těchto testů bylo identifikovat takový mód DVB-T2 signálu, který se z hlediska nároků na minimální potřebnou intenzitu elmag. pole nejvíce přibližuje současnému vysílání DVB-T. Na základě provedených měření byly učiněny následující předběžné závěry:

Příjem na pevnou venkovní anténu (outdoor fixed): z testovaných módů DVB-T2 se současnému vysílání

DVB-T z hlediska nároků na intenzitu elmag. pole nejvíce přibližuje mód **E** (256 QAM, 2/3), případně v některých měřicích bodech i módy **F** (256-QAM, 3/4) a **G** (256-QAM, 4/5).

Přenosný venkovní příjem (outdoor portable): z hlediska minimální intenzity elmag. pole u příjmu outdoor portable současnému vysílání DVB-T nejvíce odpovídá testovaný mód **D** (256-QAM, 3/5).

Příjem uvnitř budov (indoor portable): pro učinění jednoznačných závěrů je tato měření ještě potřeba rozšířit.



Obrázek 2: testy outdoor fixed, outdoor portable a indoor portable příjmu

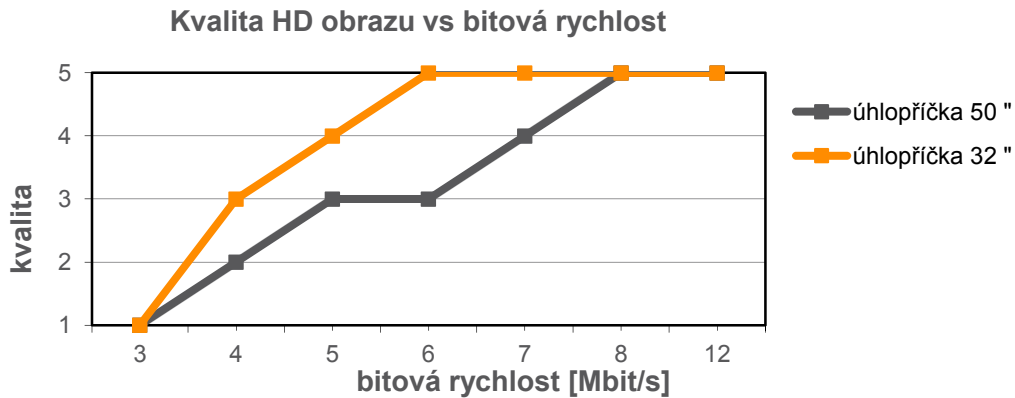
4.2. Subjektivní testy kvality HD obrazu

Hlavním účelem těchto testů bylo ověřit minimální bitové rychlosti pro video v HD rozlišení (1920 x 1080 i) s kompresí H.264 / MPEG4 AVC, které by poskytovaly přijatelné výsledky z hlediska subjektivního vjemu kvality obrazu.



Obrázek 3: pracoviště pro subjektivní testování kvality obrazu

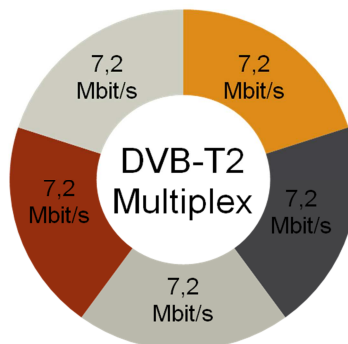
Stupeň komprese byl na provozovaném kodéru H.264 nastavován tak, aby výsledná bitová rychlost komprimovaného videa dosahovala postupně těchto hodnot: 12, 8, 7, 6, 5, 4 a 3 Mbit/s. Kvalita obrazu byla při různých stupních komprese hodnocena porovnáním nekomprimovaného video signálu na vstupu kodéru H.264 se signálem, který prošel příslušnou kompresí. Pro subjektivní hodnocení kvality videa byla použita 5-ti stupňová stupnice (5 - nepozorovatelná degradace až 1 - nepřijatelná degradace). Výsledky testu jsou patrné z grafu – viz obrázek 4.



Obrázek 4: výsledky subjektivních testů kvality HD obrazu

Závěry

- standardem pro posuzování kvality jsou obrazovky s úhlopříčkou 50" +
- při uvažované kompresi videa H.264 (MPEG-4) a předpokládané střední bitové rychlosti 8 Mbit/s na jeden program by pro pět programů v HD bylo zapotřebí 40 Mbit/s
- při použití účinného statistického multiplexu lze uvažovat o cca 20 % snížení středního bitového toku na jeden program při udržení stejné kvality
- požadovaná datová kapacita přenosového kanálu pro přenos pěti programů HD je tedy cca 36 Mbit/s



Obrázek 5: DVB-T2 Multiplex

4.3. Testy s identifikátory v DVB-T2

Hlavním cílem těchto testů bylo získání poznatků o možnostech nastavení identifikátorů v systému DVB-T2.

Identifikátory jsou v DVB-T2 přenášeny:

- na úrovni L1 signalizace – vkládání pomocí tzv. DVB-T2 gateway (možnost nastavení: Tx ID, Cell ID, T2_system_id a Network ID)
- v transportním toku MPEG-2 v NIT tabulce (možnost nastavení: Network ID, Original network ID, Transport stream ID a v nově definovaném T2 delivery system descriptoru také T2_system_id a plp_id)

Závěry

- v době těchto testů firmware vysílače neumožňoval využití DVB-T2 brány, a proto identifikátory musely být nastaveny přímo na vysílači
- T2 delivery system descriptor, obsažený v NIT tabulce, zatím nebyl použitým multiplexerem podporován. Network ID, Original network ID a Transport stream ID bylo možné nastavit.

L1-pre field	Contents	Explanation
TYPE	00000000	Only Transport Streams are carried in this signal
BWT_EXT	1	Extended-carrier mode is used
S1	000	This is a T2 preamble operating in SISO mode
S2	1110	32 K FFT is used with one of the guard intervals 1/128, 19/256 or 19/128. This is a repeat of the corresponding field in P1; the exact guard interval is signalled in the GUARD_INTERVAL field.
L1_REPETITION_FLAG	0	Repetition of the dynamic signalling is not used
GUARD_INTERVAL	100	Guard interval 1/128
PAPR	0000	PAPR is not used
L1_MOD	0011	L1-post signalling uses 64-QAM modulation
L1_COD	00	L1-post signalling uses code rate 1/2
L1_FEC_TYPE	00	L1-post signalling uses LDPC 16 K
L1_POST_SIZE	000000000011111010	The number of OFDM cells for L1-post is 250
L1_POST_INFO_SIZE	00000000100111110	The number of information bits in the L1-post signalling is 318
PILOT_PATTERN	0110	Pilot pattern PP7 is used
TX_ID_AVAILABILITY	00000000	TX_ID is not used
CELL_ID	0000000000000000	The provision of CELL_ID is not foreseen
NETWORK_ID	0011000010000101	The DVB network ID is 0x3085. This corresponds to the value of network_id in the corresponding NIT (see clause 8.11.1)
T2_SYSTEM_ID	1000000000000001	The T2 system ID is 0x8001
NUM_T2_FRAMES	00000010	There are two T2-frames in one super-frame
NUM_DATA_SYMBOLS	000000111011	There are 59 data symbols in one frame (plus one P1 symbol and one P2 symbol)
REGEN_FLAG	000	This T2 signal has not been regenerated
L1_POST_EXTENSION	0	There is no L1-post extension field
NUM_RF	001	The T2 signal is carried on 1 RF channel
CURRENT_RF_IDX	000	TFS is not being used
RESERVED	000000000	Reserved for future use
CRC_32	0x99F585A2	This is the hexadecimal value of the CRC_32 for this L1-pre signalling

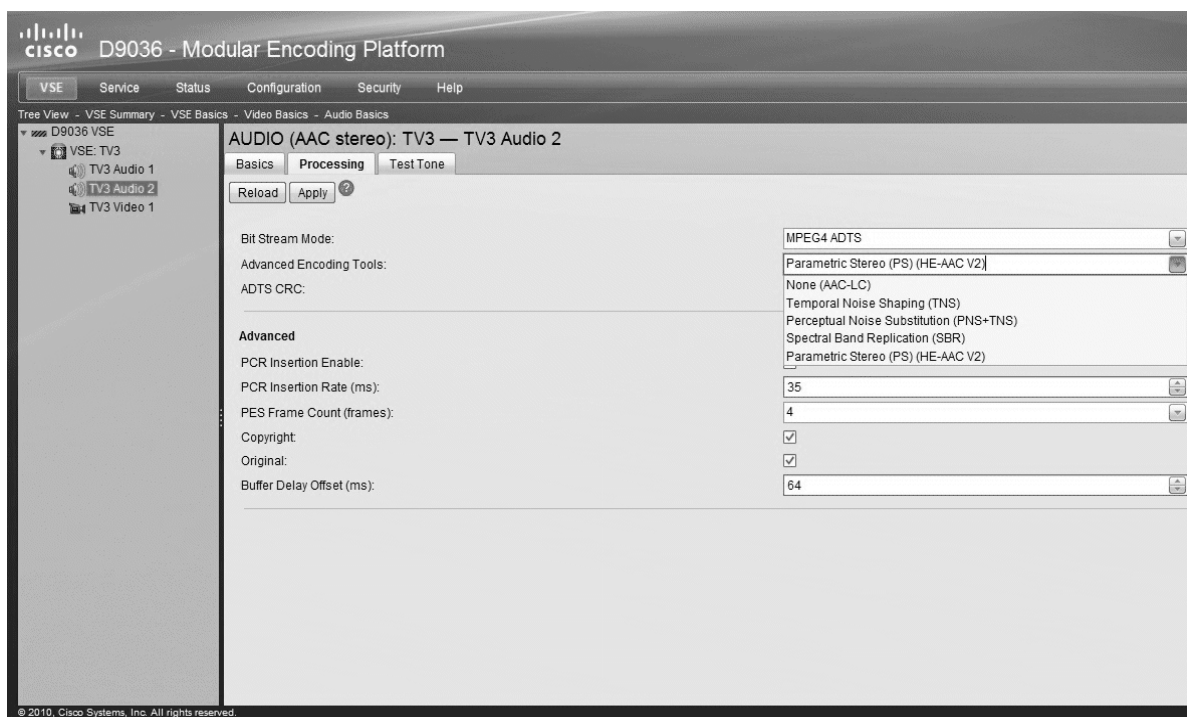
Tabulka 2: příklad L1 signalizace (L1 pre-signalling)

4.4. Testy kódování audio signálů

Cílem těchto testů bylo ověřit možnosti provozovaného kodéru, založeného na platformě Cisco D9036. Kodér MPEG-4 HE-AAC podporoval tyto kódovací nástroje:

- Parametric Stereo (PS) (HE-AAC V2)
- Temporal Noise Shaping (TNS)
- Perceptual Noise Substitution (PNS+TNS)
- Spectral Band Replication (SBR)
- příp. None (AAC-LC)

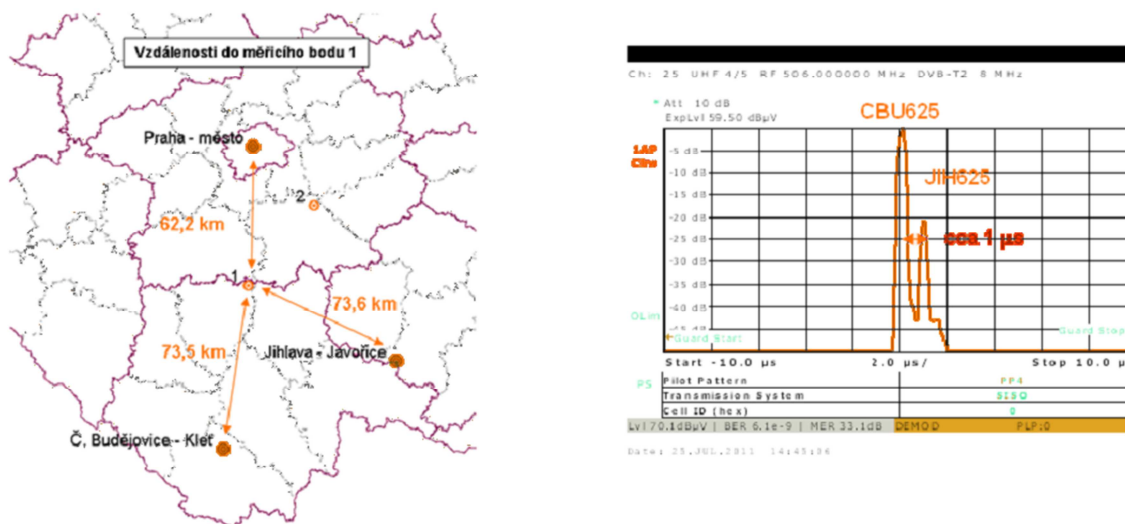
Podpora všech výše uvedených nástrojů byla vyzkoušena a potvrzena např. u plazmové televize s integrovaným DVB-T2 tunerem Panasonic TX-P50GT30B. Podpora MPEG-4 HE-AAC bude rovněž předmětem testování set-top boxů.



Obrázek 6: nastavení audio komprese MPEG-4 HE-AAC

4.5. Testy SFN

Cílem uskutečněných testů jednofrekvenční sítě DVB-T2 (SFN – Single Frequency Network) bylo získání praktických zkušeností jak se samotným zprovozněním takovéto sítě, tak i s praktickými aspekty jejího provozu, ale i s možnostmi příjmu DVB-T2 signálu v rámci SFN.



Obrázek 7: Jemné dostavení synchronizace SFN sítě Praha – město, Č. Budějovice – Kleť, Jihlava – Javořice – měřicí bod Chýšky

Síť SFN byla tvořena vysílači Praha – město, Č. Budějovice – Kleť a Jihlava – Javořice. Datový tok z DVB-T2 headendu umístěného na stanovišti Praha – město byl přiveden na tzv. T2 gateway, která zajišťovala jak vkládání synchronizační informace, tak i informací pro L1 signalizaci. Výstup z T2 gateway ve formátu T2-MI (Modulator Interface) byl přiveden ve formátu T2-MI přes ASI na vstup budiče místního DVB-T2 vysílače a prostřednictvím IP sítě ve formátu T2-MI přes IP dopraven rovněž na vstupy budičů vysílačů Javořice a Kleť (k převodu z formátu T2-MI přes IP na T2-MI přes ASI sloužila tzv. IP/ASI gateway). Testy byly provedeny při různých konfiguracích SFN sítě (konfigurace SFN sítě se prováděla centrálně na T2 gatewayi v Praze). Vysílač Praha – město byl pro svou vzdálenost u mnoha testů ze SFN vynechán. Byl vyzkoušen provoz s ochranným intervalem 1/8 (při rozložení pilotních nosných PP2) i 1/16 (PP2 a PP4). Vyzkoušeny přitom byly všechny kombinace módů dle tabulky 1. Měření se uskutečnilo v cca 100 měřicích bodech a v některých případech se na něm účastnily až 4 měřicí vozy současně.

Ochranný interval			1/8 PP2		
Označení módu	Konstelace	Kódový poměr	PLP bitrate [Mbit/s]	T2MI bitrate [Mbit/s]	Data Ethernet rate [Mbit/s]
A	64-QAM	4/5	29,974	30,643	31,894
B	64-QAM	5/6	31,249	31,941	33,231
C	256-QAM	1/2	24,944	25,569	26,622
D	256-QAM	3/5	29,975	30,687	31,948
E	256-QAM	2/3	33,354	34,115	35,510
F	256-QAM	3/4	37,522	38,351	39,905
G	256-QAM	4/5	40,037	40,910	42,580
H	256-QAM	5/6	41,739	42,637	44,366

Tabulka 3: dostupné datové kapacity v módu 32k (extended) s ochranným intervalem 1/8 (448 μ s / 134 km) a PP2 – použití: rozsáhlá síť SFN

Ochranný interval			1/16 PP4	1/16 PP2	
označení módu	konstelace	kódový poměr	PLP bitrate [Mbit/s] PP4	PLP bitrate [Mbit/s] PP2	Δ bitrate [Mbit/s] PP2 vs. PP4
A	64-QAM	4/5	33,096	31,735	-1,361
B	64-QAM	5/6	34,503	33,084	-1,419
C	256-QAM	1/2	27,540	26,409	-1,131
D	256-QAM	3/5	33,094	31,736	-1,358
E	256-QAM	2/3	36,825	35,314	-1,511
F	256-QAM	3/4	41,426	39,726	-1,700
G	256-QAM	4/5	44,204	42,390	-1,814
H	256-QAM	5/6	46,083	44,191	-1,892

Tabulka 4: dostupné datové kapacity v módu 32k (extended) s ochranným intervalem 1/16 (224 μ s / 67 km) a PP2/PP4 – použití: konverze MUXu 1 a 2, plán GE06

Tabulky 3 a 4 uvádějí dostupné datové kapacity při použití ochranných intervalů 1/8 resp. 1/16. Zaměříme-li se na údaje pro kódové poměry 2/3 a 3/4 (zájmové módy E a F), lze učinit tyto závěry:

Ochranný interval (GI)1/8

- pro kódový poměr 2/3 je k dispozici datový kanál o přenosové kapacitě cca 33,4 Mbit/s
- pro kódový poměr 3/4 je k dispozici datový kanál o přenosové kapacitě cca 37,5 Mbit/s

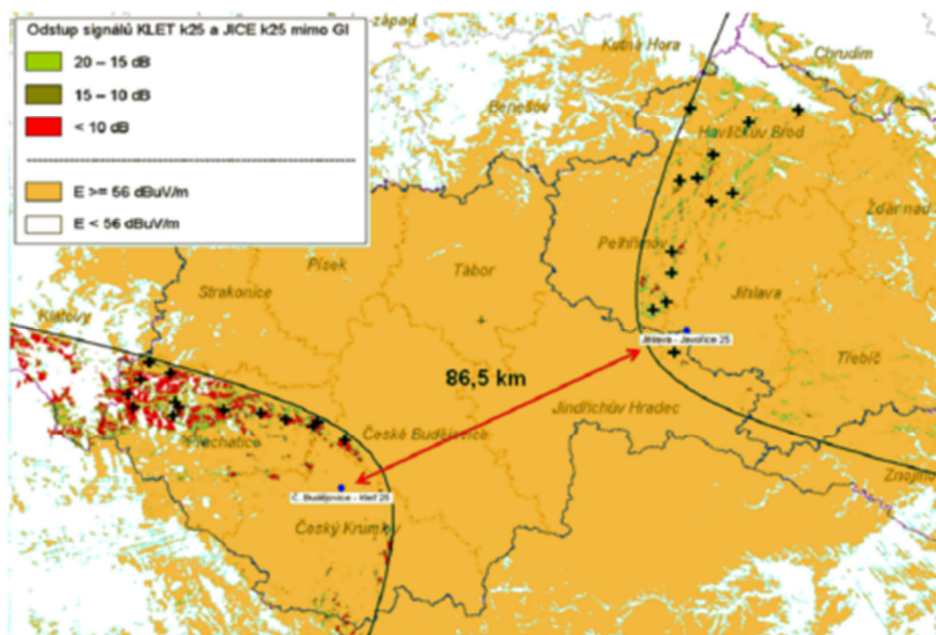
Ochranný interval (GI)1/16

- pro kódový poměr 2/3 je k dispozici datový kanál o přenosové kapacitě cca 35,3 Mbit/s a ve srovnání s SFN sítí s GI = 1/8 získáme o cca 2 Mbit/s vyšší přenosovou kapacitu
- pro kódový poměr 3/4 je k dispozici datový kanál o přenosové kapacitě cca 39,7 Mbit/s a ve srovnání s SFN sítí s GI = 1/8 získáme o cca 2,2 Mbit/s vyšší přenosovou kapacitu

Zajímavé výsledky přitom přinesly testy příjmu za ochranným intervalem, tj. vně větví hyperboly znázorněné na obrázku 8 (režim FFT 32k ext, GI 1/16, PP4). Při dané konfiguraci byly postupně měněny módy dle tabulky 1, tj. byla měněna robustnost signálu a v několika vybraných bodech byl

testován též příjem při nastaveném rozložení pilotních nosných PP2. Z provedených měření bylo možné učinit následující závěry:

- na možnost příjmu v oblastech se signály mimo ochranný interval má vliv několik faktorů:
 - vzájemný odstup (úrovni) mezi přijímanými signály
 - míra překročení ochranného intervalu
 - nastavený kódový poměr (robustnost)
 - nastavený PP (pilot pattern – rozložení pilotních nosných)
- použitý PP úzce souvisí s délkou tzv. ekvalizačního intervalu (**Nyquist limit**)
- signály přijaté během ekvalizačního intervalu mohou účinně přispět (k „užitečnému signálu“) – jinak řečeno přijímač je schopen stále provést ekvalizaci přenosového kanálu
- degradace příjmu od překročení ochranného intervalu až po překročení intervalu ekvalizace je postupná

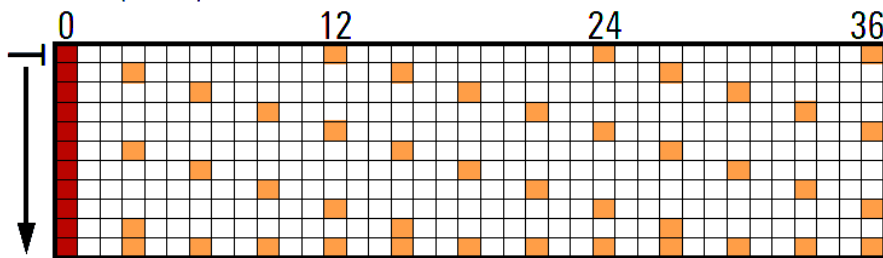


Obrázek 8: testy příjmu za ochranným intervalem – mapa měřících bodů

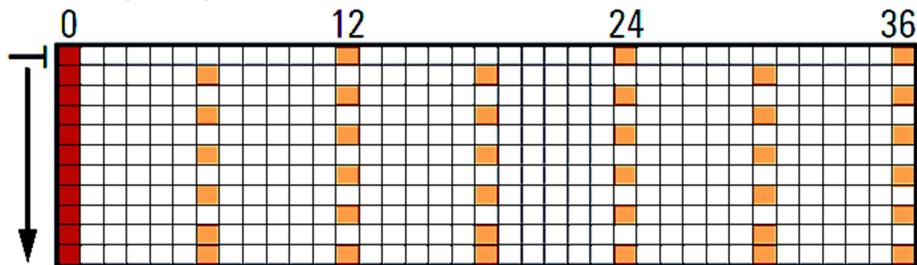
Nyquistův limit – podrobněji

- v případě DVB-T (8k) je Nyquistův limit $T_U / 3$, tj. $896 / 3 = 298,7 \mu\text{s}$ (T_U je doba trvání užitečné části symbolu)
- v případě DVB-T2 (32k) je Nyquistův limit:
 - $T_U / 3$, tj. $3\,584 / 3 = 1194,7 \mu\text{s}$ pro PP1
 - $T_U / 6$, tj. $3\,584 / 6 = 597,3 \mu\text{s}$ pro PP2, PP3, PP8
 - $T_U / 12$, tj. $3\,584 / 12 = 298,7 \mu\text{s}$ pro PP4, PP5
 - $T_U / 24$, tj. $3\,584 / 24 = 149,3 \mu\text{s}$ pro PP6, PP7
- přípustné kombinace PP pro 32k (ext) pro:
 - GI = 1/16 (67,2 km) PP2, PP4, PP8
 - GI = 1/8 (134,3 km) PP2, PP8
 - GI = 19/128 (159,5 km) PP2, PP8

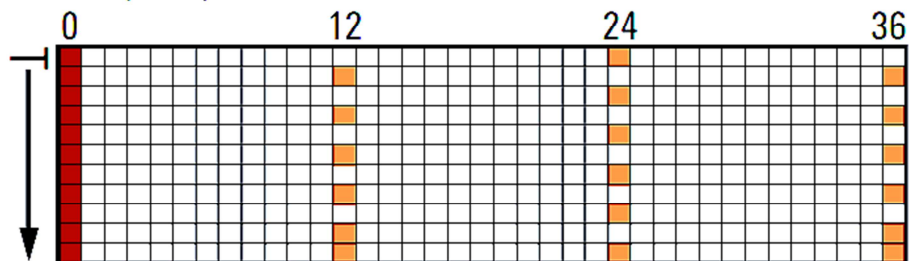
PP1 (SISO)

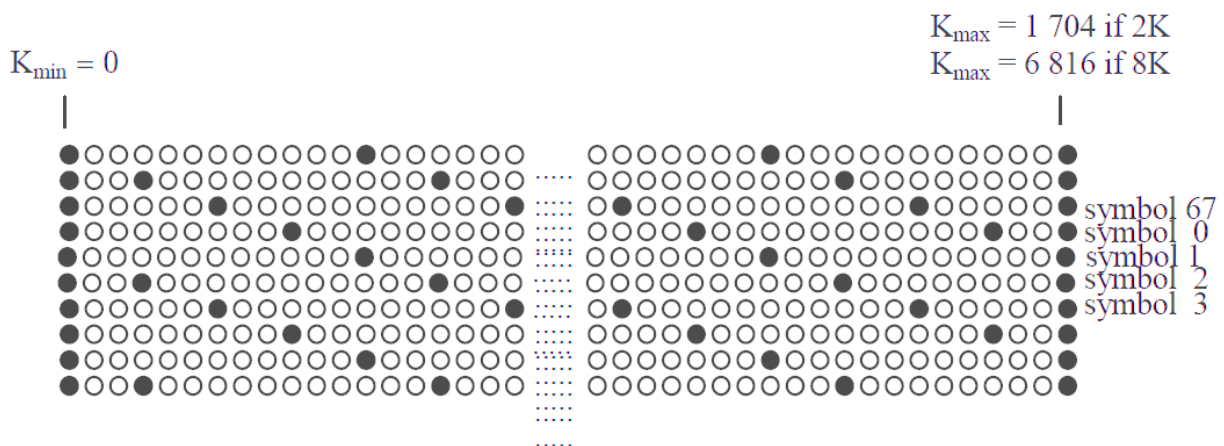


PP2 (SISO)



PP4 (SISO)





Obrázek 9: DVB-T2 (PP1, PP2, PP4) a rozložení pilotních nosných u DVB-T

Závěry

- při použití DVB-T2 32k (ext.) a PP4 je Nyquistův čas shodný se systémem DVB-T
- při použití DVB-T2 32k (ext.) a PP2 je Nyquistův čas dvojnásobný v porovnání se systémem DVB-T (lze tedy očekávat zlepšení příjmu za ochranným intervalem při jinak stejně robustním módu a stejné délce ochranného intervalu)

Poznátky z testů SFN

- prakticky byla ověřena realizovatelnost sítě SFN s technologií od konkrétních dodavatelů (interoperabilita jednotlivých komponent systému)
- příjem v SFN síti v DVB-T2 je srovnatelný co do robustnosti se současnými DVB-T sítěmi při nastavení kódového poměru 2/3, případně 3/4 a modulaci 256-QAM
- příjem je částečně možný i za hranicí ochranného intervalu (zejména pro nastavení rozložení pilotních nosných PP2)
- byly ověřeny teoretické předpoklady realizovatelnosti rozsáhlých sítí SFN v DVB-T2

4.6. Testy mobilního příjmu

Cílem testů mobilního příjmu bylo ověření možností systému DVB-T2 při kombinaci různých vysílacích módů a různých rychlostech jízdy.

Podmínky / konfigurace měření

- měřící vůz s anténou R&S HF 214
- přijímač Humax HD-FOX T2
- testováno na celkem 24 kombinacích vybraných FFT módů, modulací a kódových poměrů
- čtyři měřící rychlosti: 50, 70, 90 a 130 km/h
- hodnocení kvality obrazu 1 až 5; 1 - nejhorší, 5 - nejlepší



Obrázek 10: použitá všesměrová měřicí anténa pro horizontální polarizaci – R&S HF214

Měření potvrdilo následující skutečnosti

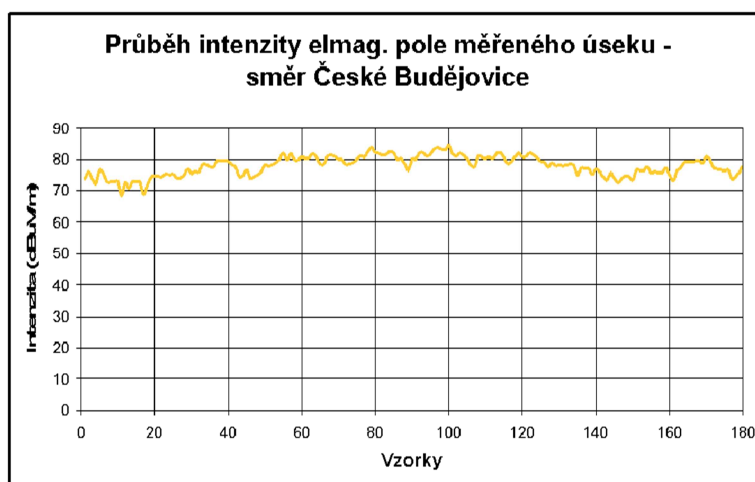
- zlepšující se kvalita obrazu při zmenšujícím se počtu nosných
- zlepšující se kvalita při robustnější modulaci
- zlepšující se kvalita obrazu při nižším kódovém poměru

Kvalita obrazu závislá na intenzitě elmag. pole

- při stejném módu je kvalita lepší v úseku s vyšší intenzitou
- přijímač je citlivý na prudké propady intenzity (i při vysoké úrovni)

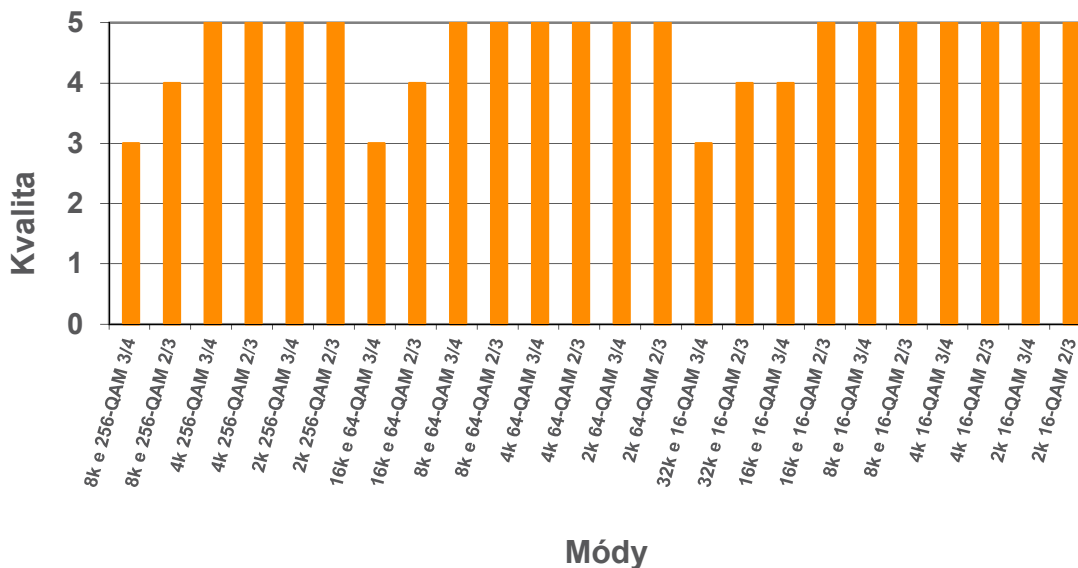
Příklad: Měřicí úsek na silnici Veselí nad Lužnicí - České Budějovice (směr k vysílači)

- silnice č. 3 mezi obcemi Horusice a Neplachov
- délka úseku 3,3 km
- měřený vysílač: Klet'
- měřicí rychlosti: 50, 70 a 90 km/h



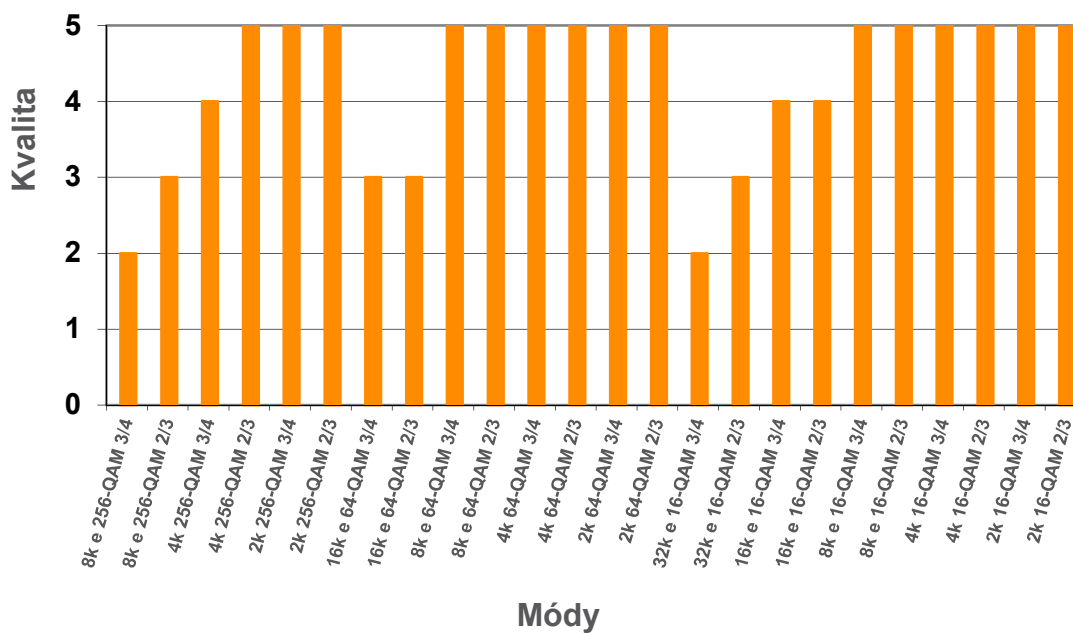
Obrázek 11: průběh intenzity elmag. pole na měřeném úseku

Kvalita obrazu v závislosti na použitém módu při rychlosti 50 km/h

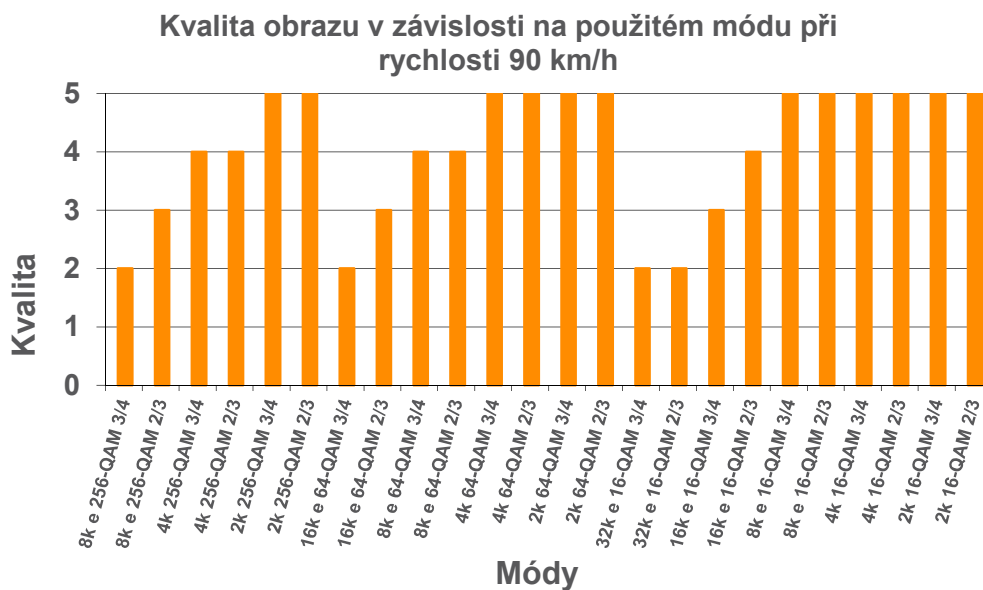


Obrázek 12: kvalita obrazu v závislosti na použitém módu – 50 km/h

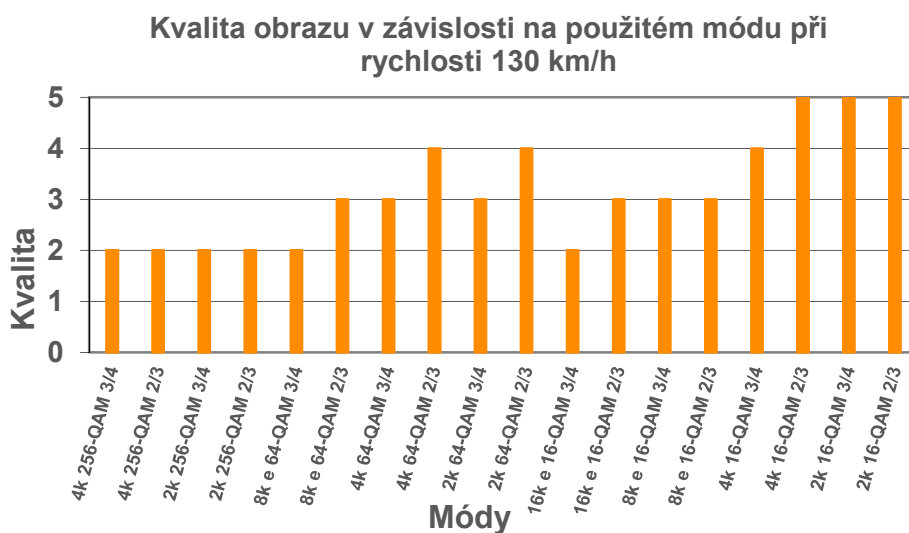
Kvalita obrazu v závislosti na použitém módu při rychlosti 70 km/h



Obrázek 13: kvalita obrazu v závislosti na použitém módu – 70 km/h



Obrázek 14: kvalita obrazu v závislosti na použitém módu – 90 km/h



Obrázek 15: kvalita obrazu v závislosti na použitém módu – dálnice č. D11, mezi obcemi Horní Počernice a Jímry (směr k vysílači) - 130 km/h

4.7. Testy přijímačů DVB-T2

Tyto testy byly zaměřeny především na

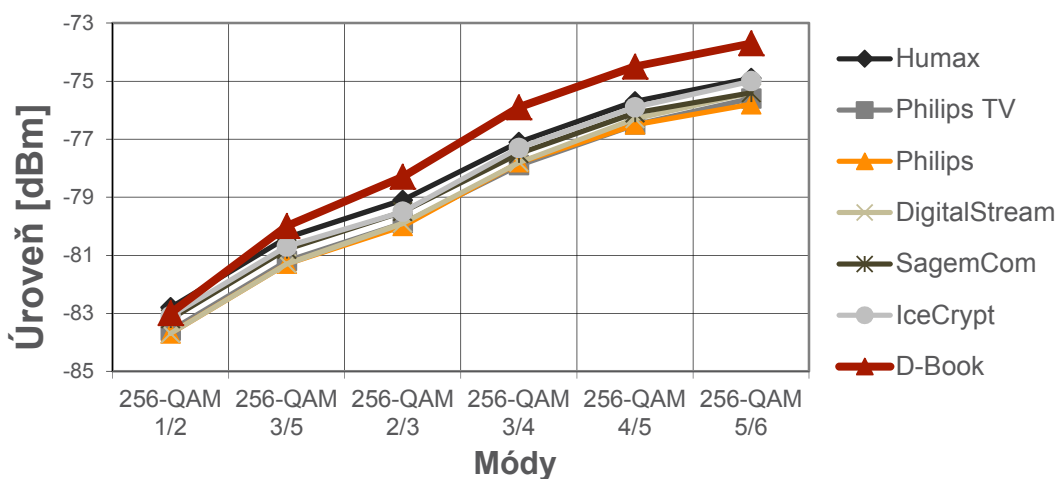
- posouzení celkového HW vybavení přijímačů
- ověření podpory různých režimů resp. formátů přenášených audio / video signálů
- kontrolu všech vlastností přijímačů (citlivost, minimální odstup S/N, selektivita)
- ohodnocení uživatelského rozhraní
- ověření správné jazykové lokalizace (uživatelské rozhraní, EPG, teletext...)

Uvedme zde, že byl připraven návrh minimálních požadavků na přijímací zařízení (tzv. D-Book), který je v současnosti připomínkován v rámci technické skupiny ČTÚ (viz kapitola 7).



Obrázek 16: různé typy přijímacích zařízení pro systém DVB-T2

Citlivost - K35



Obrázek 17: příklad výsledků měření citlivosti přijímacích zařízení

5. Doporučená konfigurace DVB-T2 pro ČR

Na základě uskutečněných testů systému DVB-T2 lze pro dosažení pokrytí podobného jako u DVB-T (ze stávajících vysílacích stanic a pro příjem na pevnou venkovní anténu) doporučit následující konfigurace:

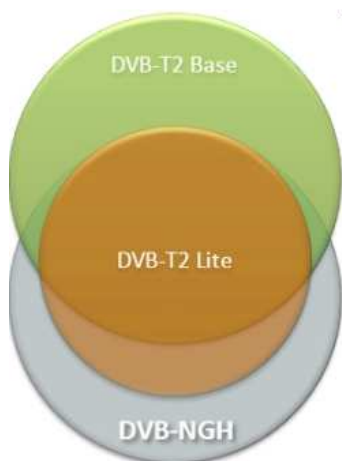
Šířka kanálu	8 MHz (IV. a V. TV pásmo)
FFT vysílací mód	32k extended
Ochranný interval	1/8 (446 μ s)
Kódový poměr (PLP)	3/4 příp. 2/3
Modulace (PLP)	256 QAM
Rozložení pilotních nosných (pilot pattern)	PP2
Datová kapacita	cca 37, 5 příp. 33,4 Mbit/s

Tabulka 5: a) předpoklad realizace velkých SFN (cca 2 kmitočty pro ČR)

Šířka kanálu	8 MHz (IV. a V. TV pásmo)
FFT vysílací mód	32k extended
Ochranný interval	1/16 (224 μ s)
Kódový poměr (PLP)	3/4 příp. 2/3
Modulace (PLP)	256 QAM
Rozložení pilotních nosných (pilot pattern)	PP2
Datová kapacita	cca 39,7 příp. 35,3 Mbit/s

Tabulka 6: b) předpoklad obdobných kmitočtových sad jako dnes v DVB-T

- v případě sítě orientované na mobilní příjem bude nutné se zaměřit na více robustní modulaci (64 resp. 16-QAM) a vysílací mód FFT méně citlivý na Dopplerův jev – vhodným kandidátem je mód 4k
- jako vhodnější se však jeví využití nového profilu T2-lite (započaty práce na vývoji nového systému pro mobilní aplikace, tzv. DVB-NGH (Next Generation Handheld)).



Obrázek 18: DVB-T2 Base, DVB-T2 Lite, DVB-NGH

6. Návrh nového D-Booku

Na základě všech provedených testů vznikl návrh minimálních požadavků na přijímací zařízení, tzv. D-Book:

- první draft nového D-Booku vznikl jako revize stávajícího D-Booku (verze 2.04 z 26. 11. 2008), vydaného NKS s názvem „Minimální požadavky na přijímací zařízení pro poskytování služeb v sítích DVB-T“ a byl předán ČTÚ a ČMI v listopadu 2011
- revize spočívala v aktualizaci původního textu a začlenění minimálních požadavků na zařízení určená pro systém DVB-T2. Název nového D-Booku je tedy: „Minimální požadavky na přijímací zařízení pro poskytování služeb v sítích DVB-T a DVB-T2“. Revize zohlednila jak výsledky uskutečněných testů systému DVB-T2, tak i stav podobných dokumentů od pracovních skupin, jako jsou např. DTG, NorDig a další
- nový text zavádí 4 hlavní kategorie přijímacích zařízení a stanovuje vlastnosti resp. technické parametry povinné, doporučené a volitelné:

1	set top box určený pro příjem signálu DVB-T (DVB-T STB)
2	integrováný digitální TV přijímač určený pro příjem signálu DVB-T (DVB-T IDTV)
3	set top box určený pro příjem signálu DVB-T2 (DVB-T2 STB)
4	integrováný digitální TV přijímač určený pro příjem signálu DVB-T2 (DVB-T2 IDTV)

Tabulka 7: kategorie přijímacích zařízení

- v případě přijímacích zařízení kategorií 3 a 4 se přitom považuje za samozřejmé, že umožní současně i příjem signálu DVB-T, přičemž v této oblasti se na ně budou vztahovat stejné požadavky, jako na zařízení kategorií 1 a 2.

6.1. Hlavní body revidovaného dokumentu

- přijímací zařízení všech kategorií musí umožňovat příjem v III. (174 – 230 MHz), IV. a V. (470 – 862 MHz) pásmu. Ve III. pásmu je navíc doporučována podpora příjmu v kmitočtovém rastru i s šířkou kanálu 8 MHz (řešení specifických problémů při příjmu prostřednictvím STA)
- v oblasti modulačních formátů dokument specifikuje minimální množinu parametrů DVB-T2 signálu, kterou musí zařízení kategorií 3 a 4 povinně podporovat:

Parametr	Využití v ČR
šířka pásma*	7 MHz (III. TV pásmo), 8 MHz (IV. a V. TV pásmo)
vysílací mód	32k normal (kanál 7 MHz), 32k extended (kanál 8 MHz)
ochranný interval	19/128, 1/8, 1/16
kódový poměr (PLP)	3/5, 2/3, 3/4
konstelace (PLP)	256 QAM s rotací
režim rozložení pilotních nosných (pilot pattern)	PP2, PP4
metody redukce parametru PAPR	NONE / TR
délka FEC rámce	64800 (long)
PLP mód	High Efficiency Mode (HEM)

Tabulka 8: minimální množina podporovaných parametrů DVB-T2 signálu

- parametry DVB-T2 signálu, o jejichž budoucím využití není dosud zcela rozhodnuto, jsou uvedeny také. U těchto parametrů jsou uvedena předpokládaná nastavení pro nejbližší budoucnost, které musí zařízení kategorií 3 a 4 podporovat:

Parametr / vlastnost	Současný stav využití / nejbližší budoucnost
režim vstupu (input mode)	Mode A (single PLP)
vysílací mód SISO/MISO	SISO
TFS (Time Frequency Slicing)	nevyužito
FEF (Future Extension Frames)	nevyužito
auxiliary streams	nevyužito

Tabulka 9: další parametry/vlastnosti DVB-T2 signálu

- v doplněné části, týkající se vř vlastností DVB-T2 zařízení, dokument uvádí požadavky na minimální citlivosti, maximální vstupní signál a selektivitu (při rušícím DVB-T/T2 signálu)
- dokument v dalších částech specifikuje formáty zdrojového kódování obrazu (SD i HD) a zvuku, které musí DVB-T2 zařízení podporovat
- dokument rovněž specifikuje A/V rozhraní, kterými musí být zařízení jednotlivých kategorií vybavena povinně, doporučeně resp. volitelně
- k otázce podmíněného přístupu dokument specifikuje požadavek na povinné vybavení přijímacích zařízení kategorií 3 a 4 (DVB-T2) alespoň jedním slotem CI+
- aktualizována byla kapitola o funkcích zařízení (způsoby ladění, třídění programů, služební informace SI, EPG, Teletext, lokalizace, podtitulky ...)
- dokument nově specifikuje požadavky na datová rozhraní a interaktivitu. Uvádí doporučená a volitelná datová rozhraní, kterými mohou zařízení jednotlivých kategorií být vybavena. V případě využití některého rozhraní pro poskytnutí zpětného kanálu, doporučuje se jako platformy pro interaktivní služby využití systému HbbTV
- dokument neposledně upravuje i předpokládanou implementaci prvků umožňujících příjem DVB-3DTV v zařízeních kategorií 3 a 4

Návrh nového D-Booku je v současnosti připomínkován v rámci technické skupiny ČTÚ. Po zapracování připomínek se předpokládá vydání jeho finální verze včetně jeho oficiálního překladu do anglického jazyka. Stručné shrnutí hlavních požadavků vyplývajících z nového D-Booku však bude přeloženo v předstihu a bude k dispozici výrobcům přijímacích zařízení.

7. Závěr

Na závěr lze konstatovat, že realizovaný experiment byl po všech stránkách úspěšný a přinesl očekávané výsledky. V praxi byly potvrzeny všechny teoretické předpoklady a důležité vlastnosti systému DVB-T2, byla ověřena technologie pro vysílání v systému DVB-T2 a zejména byla ověřena realizovatelnost a vlastnosti rozsáhlé sítě SFN.

Výsledky provedeného experimentu mohou být využity všemi subjekty zabývajícími se problematikou digitálního TV vysílání. ČTÚ tyto výsledky použije v procesu plánování kmitočtových přidělení pro vysílací sítě DVB-T2 i pro stanovení podmínek v rámci budoucích výběrových řízení pro udělení práv na realizaci vysílacích sítí pro šíření digitálního televizního vysílání v systému DVB-T2. ČMI využije výsledky v rámci řešení dalších úloh a studií. ČRa získaly řadu praktických zkušeností, které mohou být využity při budování vysílacích sítí pro DVB-T2, a to zejména rozsáhlých sítí SFN. Pro výrobce TV přijímačů má největší význam návrh nového D-Booku.