

**RADIOKOMUNIKACE 2015  
PARDUBICE  
14. - 16. 10. 2015**

---

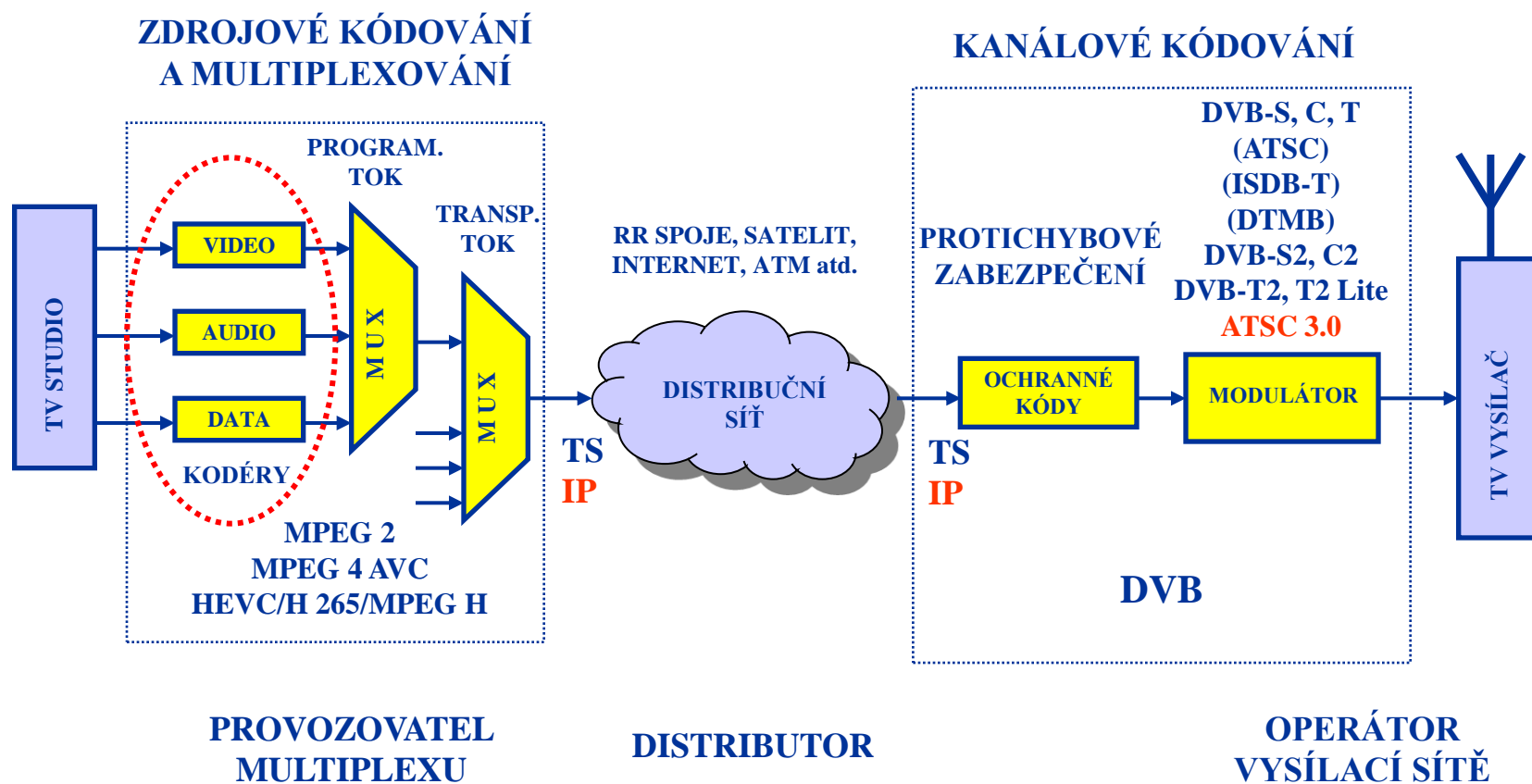
# **NOVINKY V TELEVIZNÍM VYSÍLÁNÍ, VÝVOJ A PERSPEKTIVY**

**Dušan Líška  
d.liska@volny.cz  
mobil: 604 247 931**

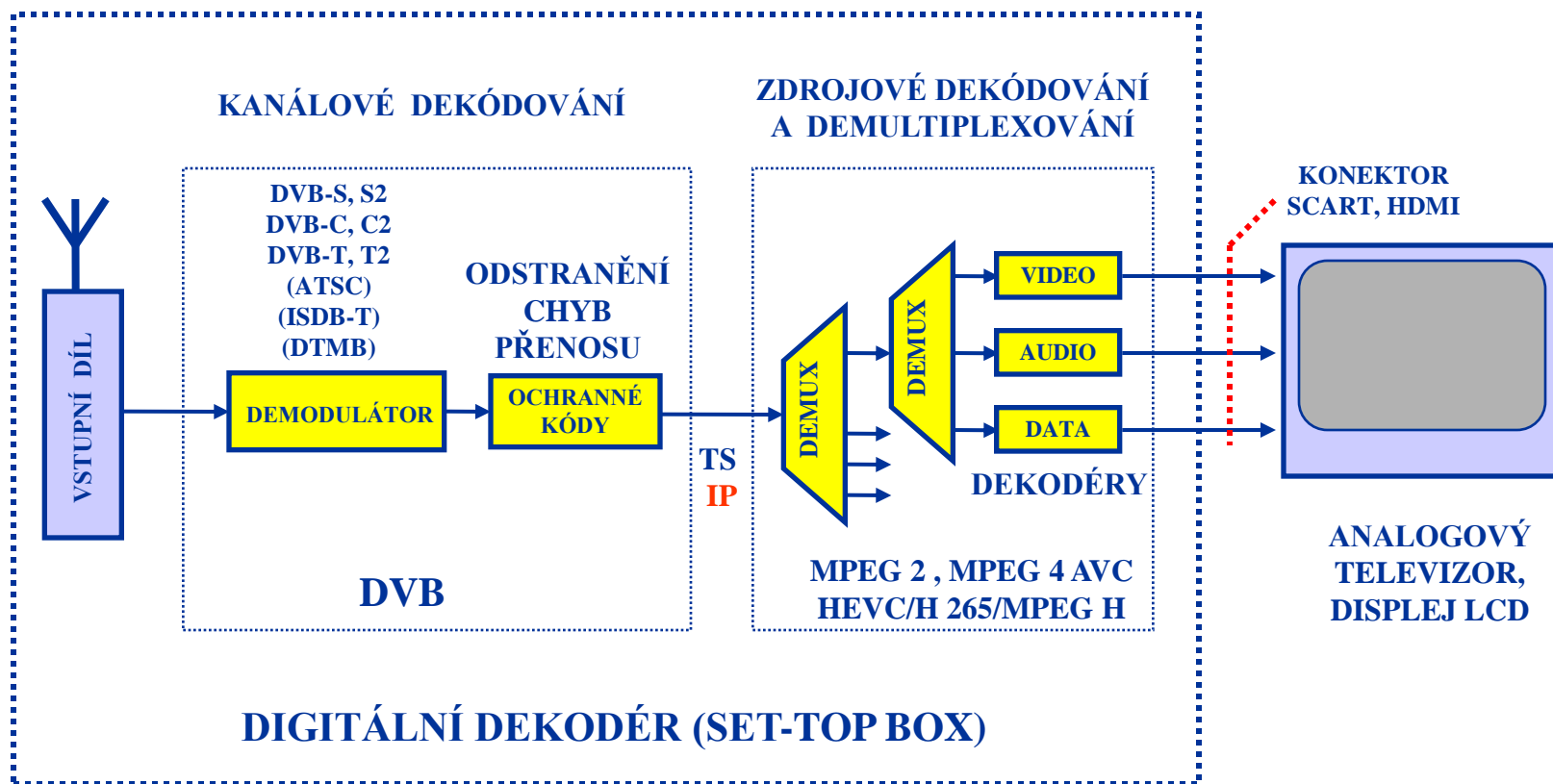
# Hlavní témata

- **Shrnutí základních principů digitální terestrické televize DTT**
  - Vývoj kódování v systémech DTT
  - Ortogonální frekvenčně dělený multiplex OFDM
  - Mobilní příjem
- **Standard DVB-T2 a profil DVB-T2 Lite**
- **Vývoj standardů DTT ve světě**
  - Americký ATSC 1.0, japonský ISDB-T, čínský DTMB
  - Standardy DTT 2. generace: ATSC 2.0, ISDB-T2, DTMB 2
- **Perspektivy terestrického televizního vysílání**
  - FoBTV, standard ATSC 3.0
- **Hlavní témata IBC 2015**
  - Ultra HDTV a standard HEVC/H 265/MPEG H
  - Zpracování a distribuce pomocí IT
  - WRC 2015, ATSC 3.0
- **HDTV, UHD 1 a UHD 2**

# Vysílací řetězec digitální televize



# Příjem digitální televize



# Digitální signál v televizním studiu

- **Standardní rozlišení SD (Standard Definition)**
  - Digitální televize je podstatně složitější než analogová
  - Vzorkovací kmitočty 13,5 MHz pro jasový signál a 6,75 MHz pro každý barvonosný signál R-Y a B-Y
  - Sériový standard SDI 270 Mbit/s ( $13,5 \times 10 + 2 \times 6,75 \times 10$ ), vzniká skremblováním a je nezávislý na polaritě
  - Systém DVB-T má 625 řádků (576 aktivních), 864 pixelů na řádku (720 aktivních) a 50 pulsů, americký ATSC 525 (487) řádků, 857 (720) pixelů a 59,94 pulsů (60/1,001)
- **Bitové rychlosti úplného/aktivního signálu**
  - Signál HD 1080p/50 má interface SDI 3G (2,97/2,1 Gbit/s)
  - Signál UHD 2160p/50 (4K) má SDI 12G (11,88/8,3 Gbit/s)
  - Signál UHD 4320p/50 (8K) má SDI 48G (47,52/33,2 Gbit/s)
  - Zvýšení kmitočtu na 100 Hz zvýší SDI 2x, 12 bitů o 20 %

# Vývoj principů kódování DTT

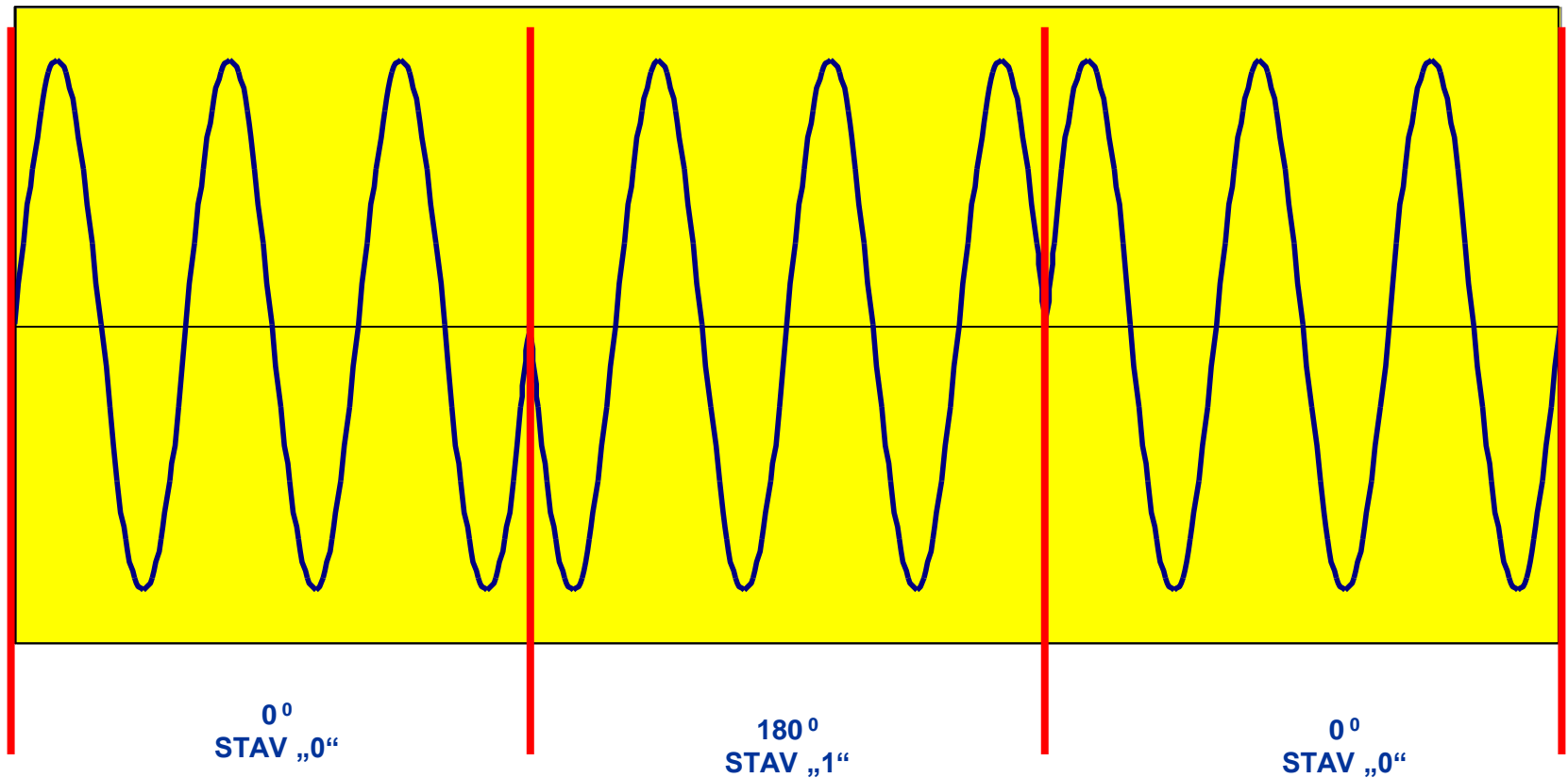
- **Zdrojové kódování MPEG**

- Důmyslné algoritmy v kodérech potlačují redundantní (nadbytečné) a irelevantní (nepodstatné) informace
- **McCannův zákon: Potřebná bitová rychlost pro kvalitní TV vysílání se sníží na polovinu vždy po sedmi letech. Dochází k tomu v kodérech evolučně (Moorův zákon) a revolučně zhruba po 10 letech novými standardy: MPEG 2 (1995 SD), MPEG 4 AVC/H 264 (2006 HD), HEVC/H 265 (2015 UHD, IP), další kolem 2025**
- Stejně principy kódování MPEG, DCT, hybridní kompenzace pohybu, složité a drahé kodéry, jednoduché a levné dekodéry

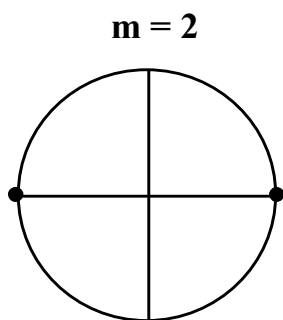
- **Kanálové kódování**

- **Ortogonální frekvenčně dělený multiplex OFDM převádí sériový signál na paralelní, protichybové zabezpečení, digitální modulace, inverzní FFT, ochranný interval GI**
- **Standardy DTT 1. a 2. generace**

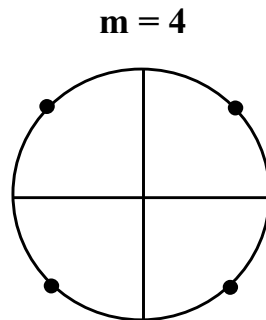
# Dvoustavová digitální modulace BPSK



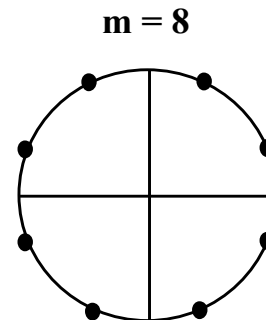
# Digitální konstelační diagramy



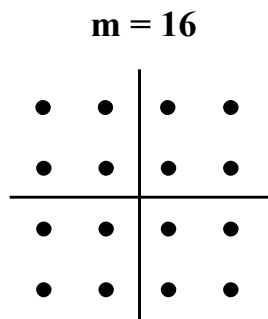
**BPSK**



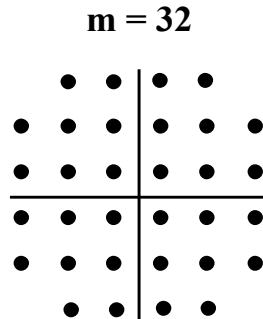
**QPSK**



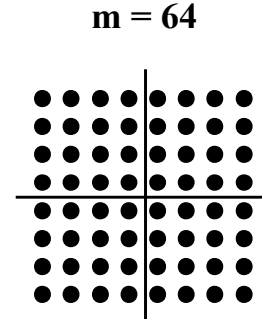
**8-PSK**



**16-QAM**



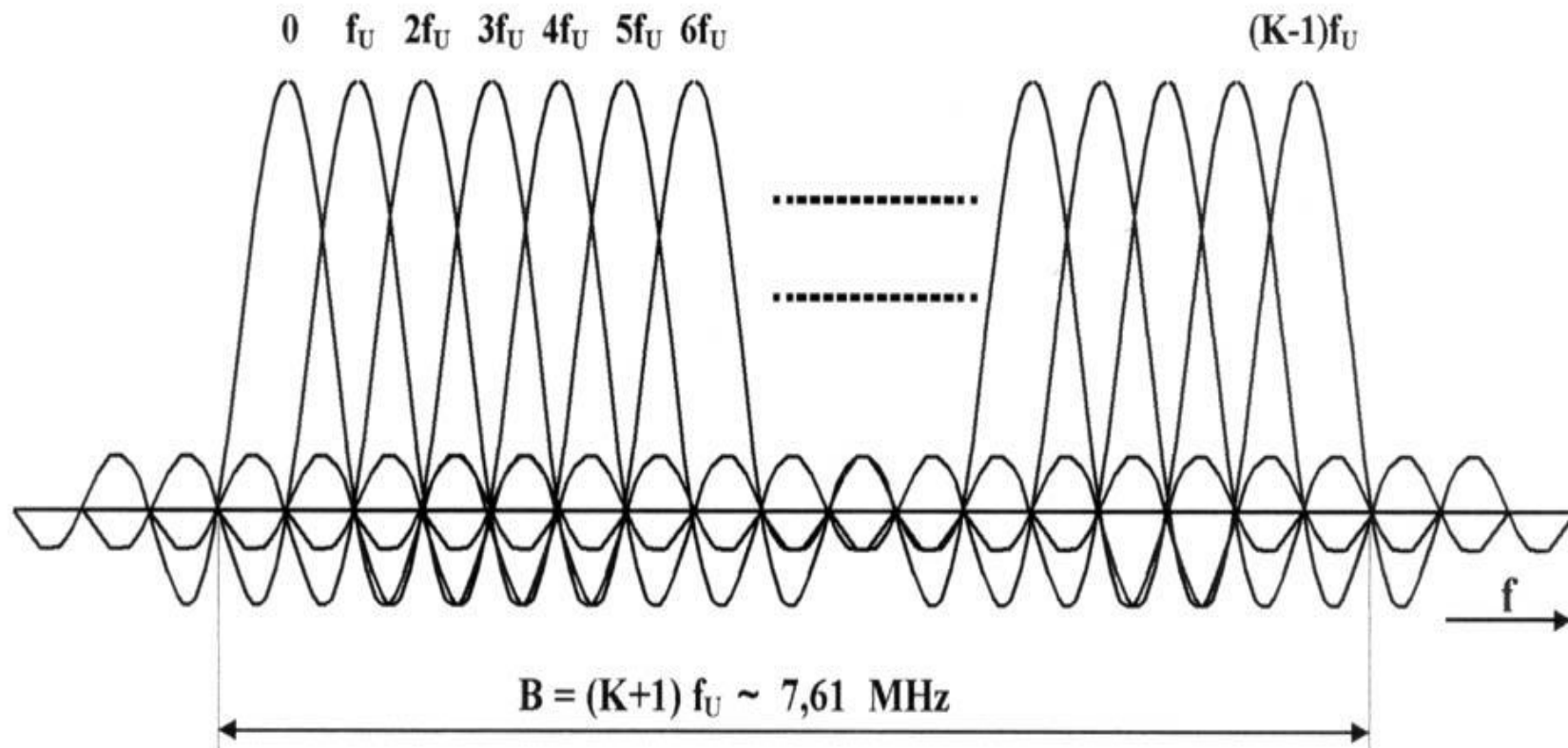
**32-QAM**



**64-QAM**



# Spektrum nosných vln OFDM



# Spektrum signálu DVB-T

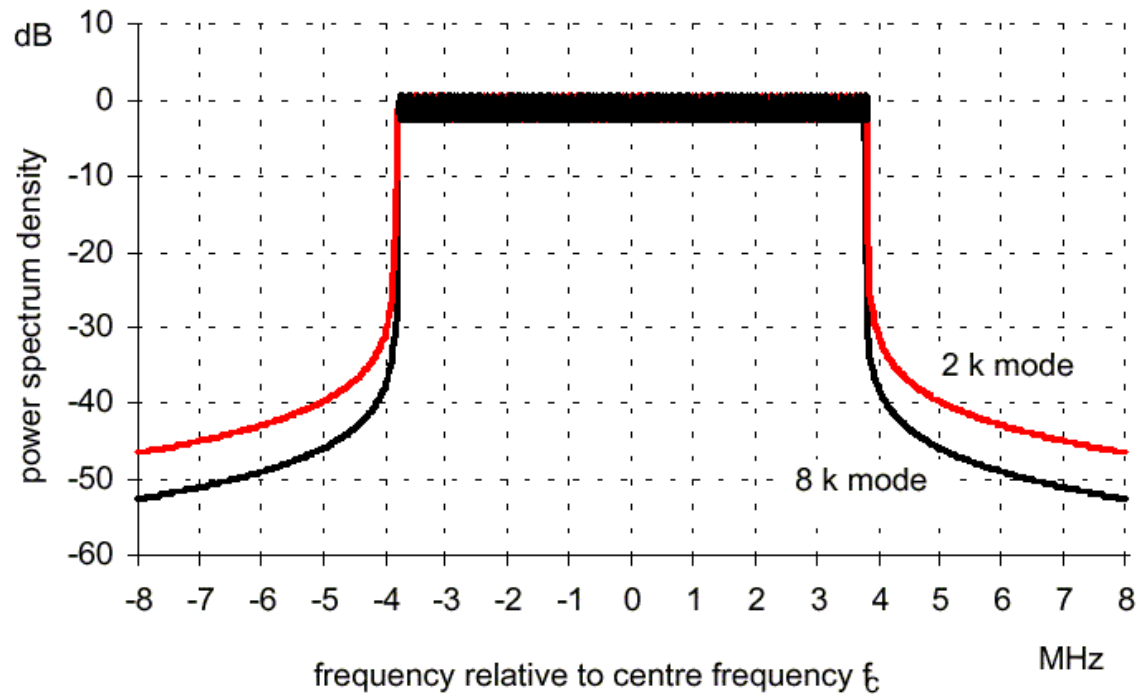
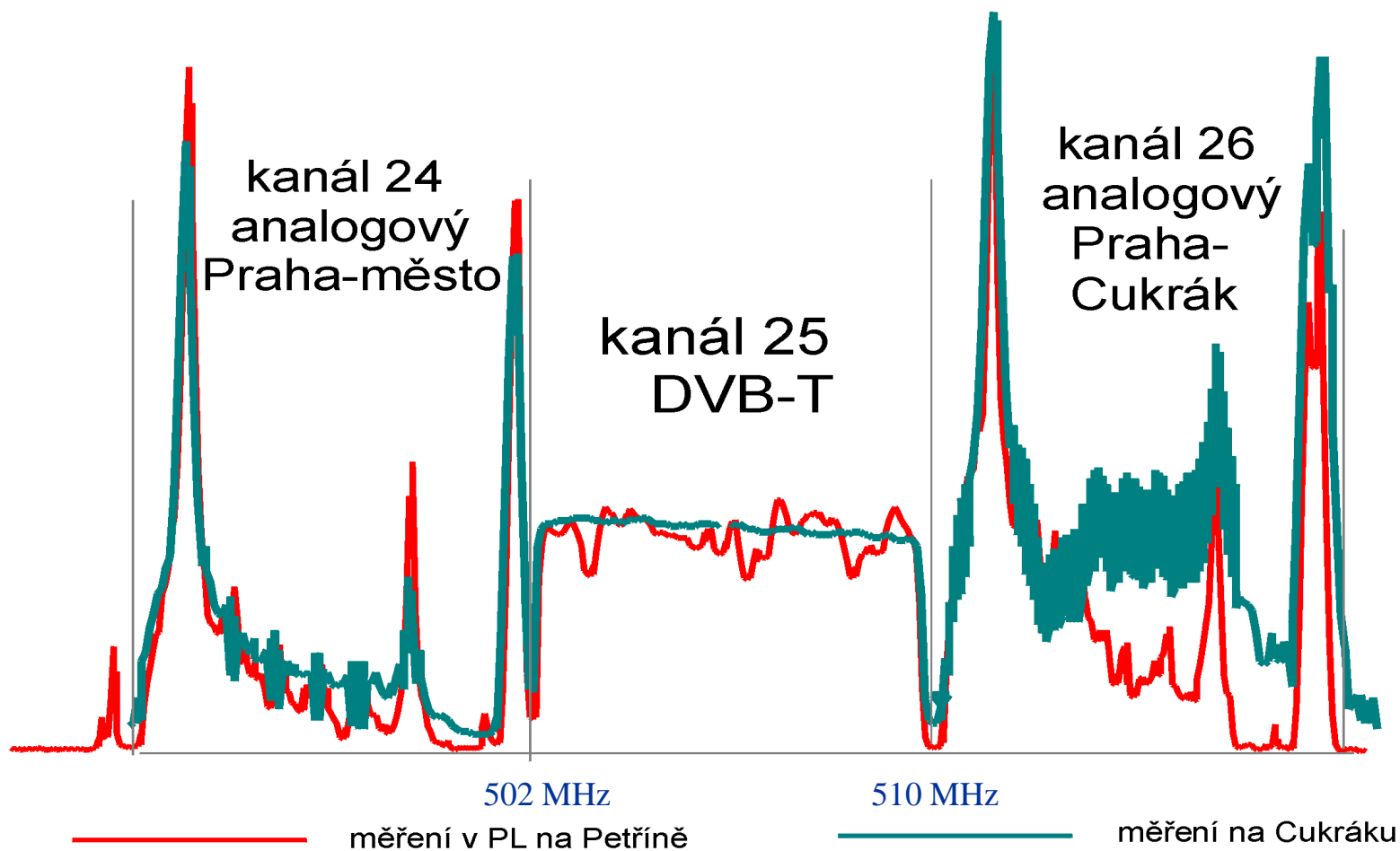
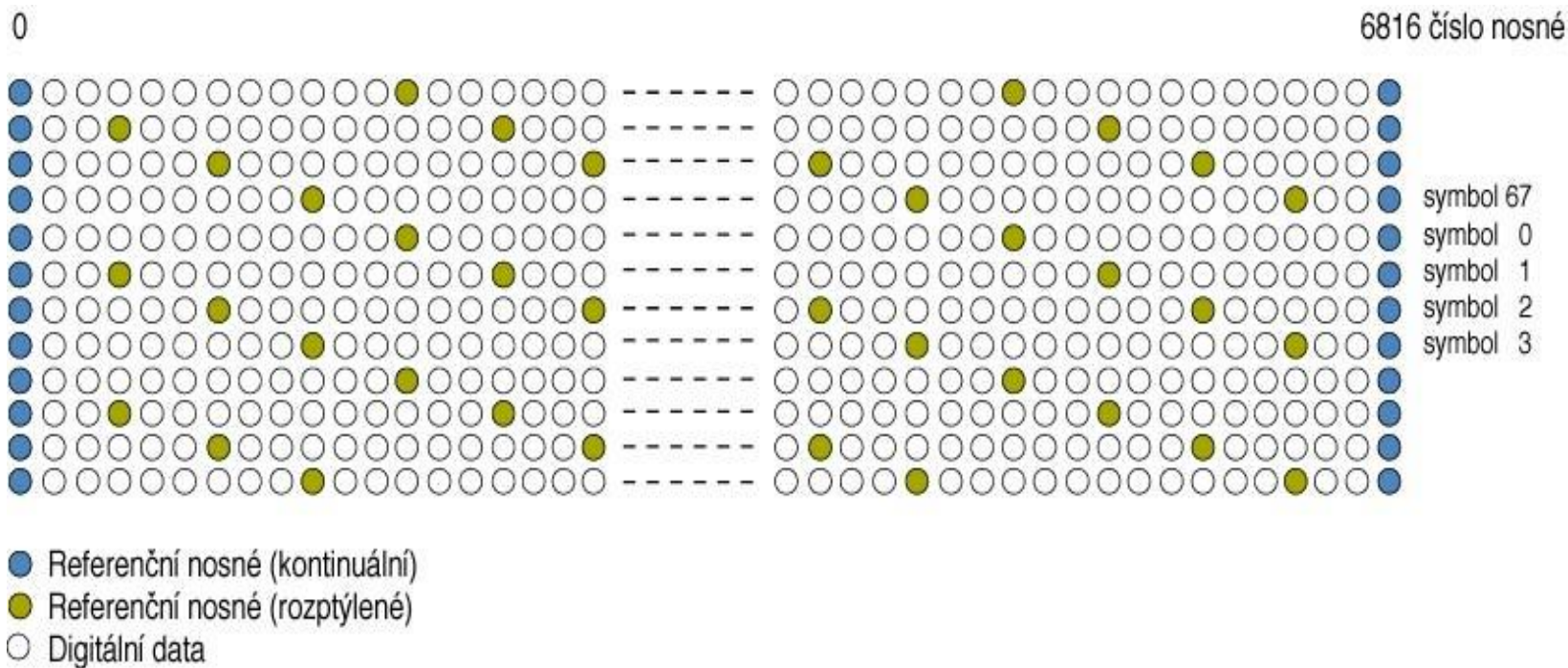


Figure 12: Theoretical DVB transmission signal spectrum for guard interval  $\Delta = T_u/4$  (for 8 MHz channels)

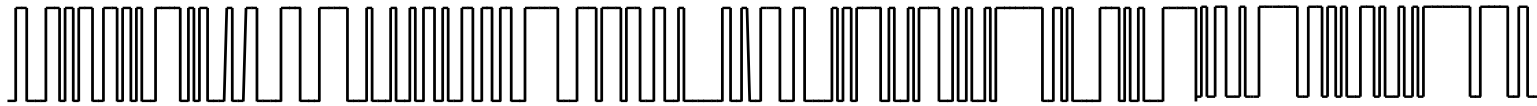
# Spektrum signálu PAL a DVB-T



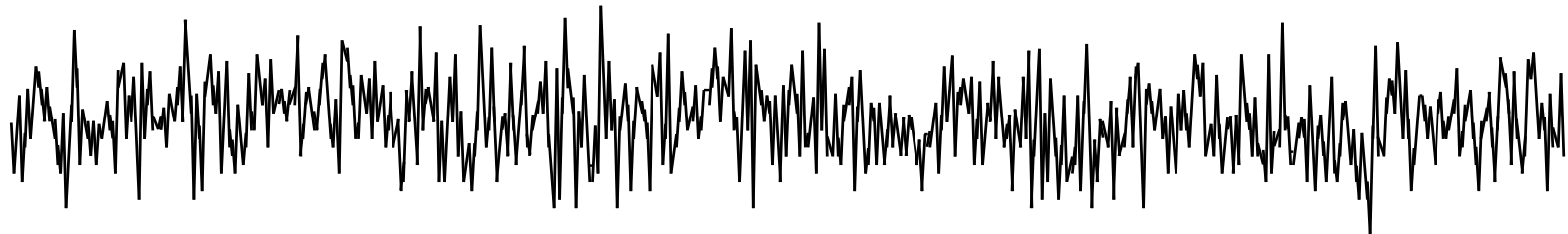
# Rámec (frame) OFDM – 68 symbolů



# Teoretický tvar digitálních signálů

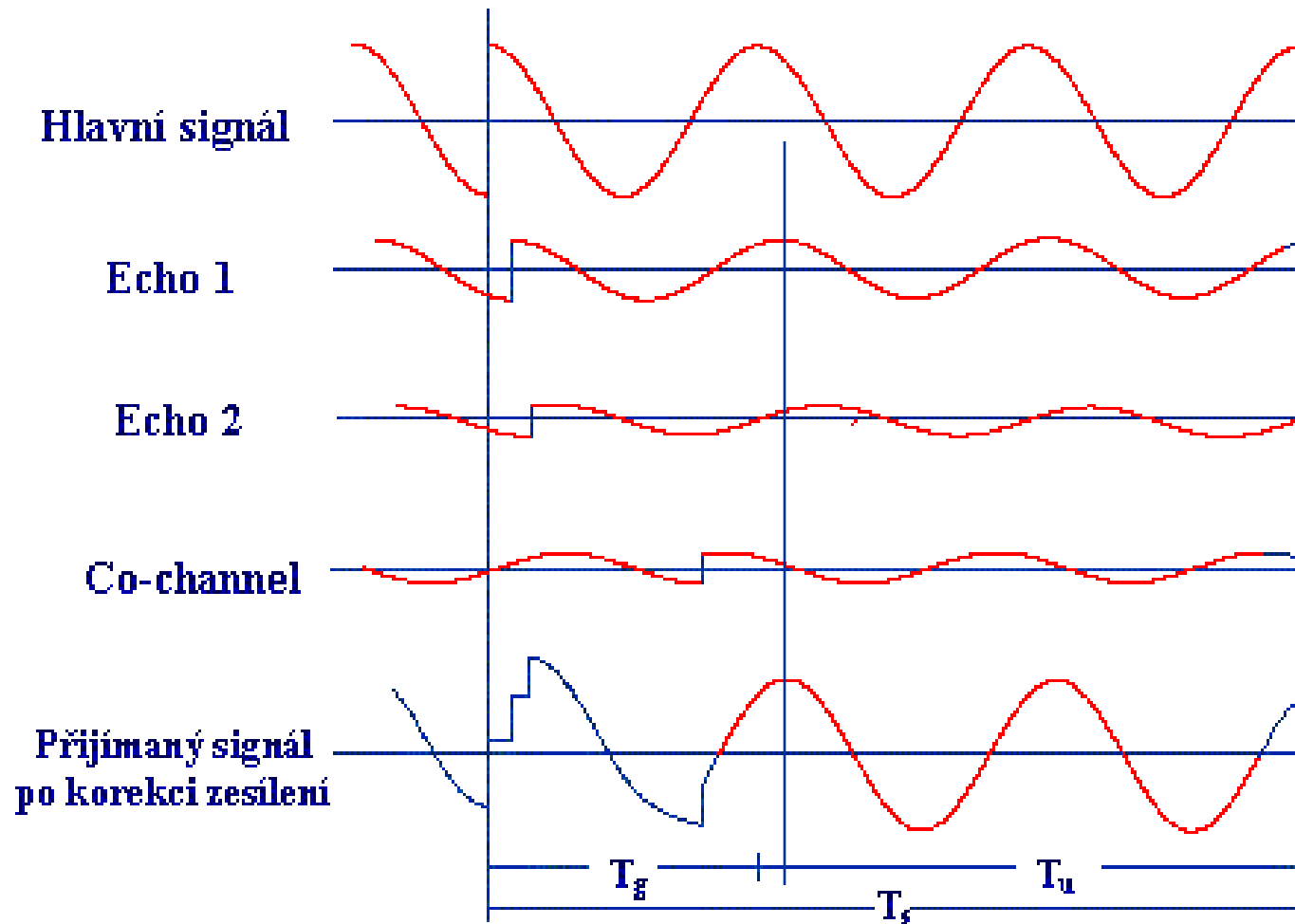


**Digitální signál v televizním studiu**

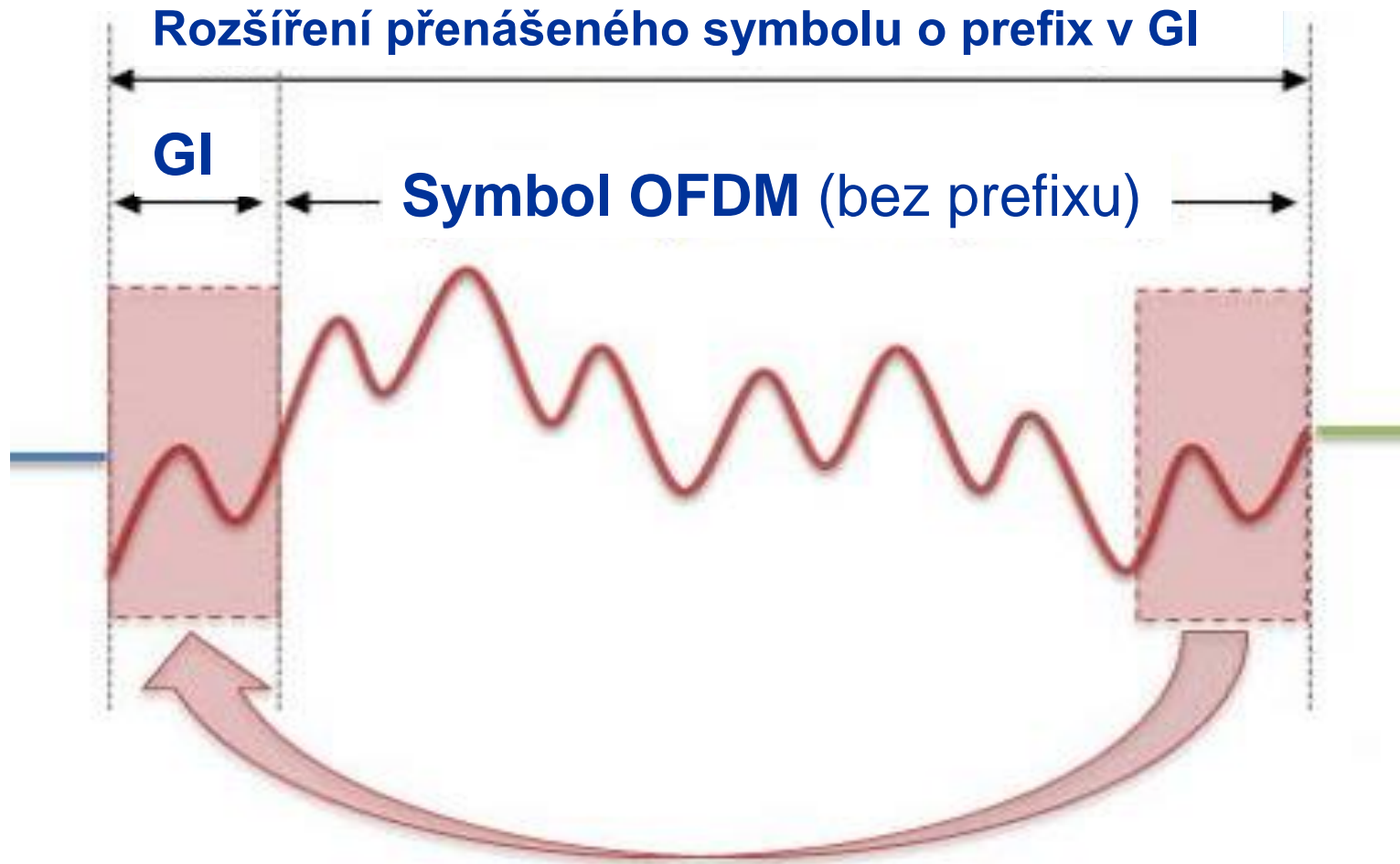


**Digitální signál při terestriálním vysílání DVB**

# Ochranný interval OFDM

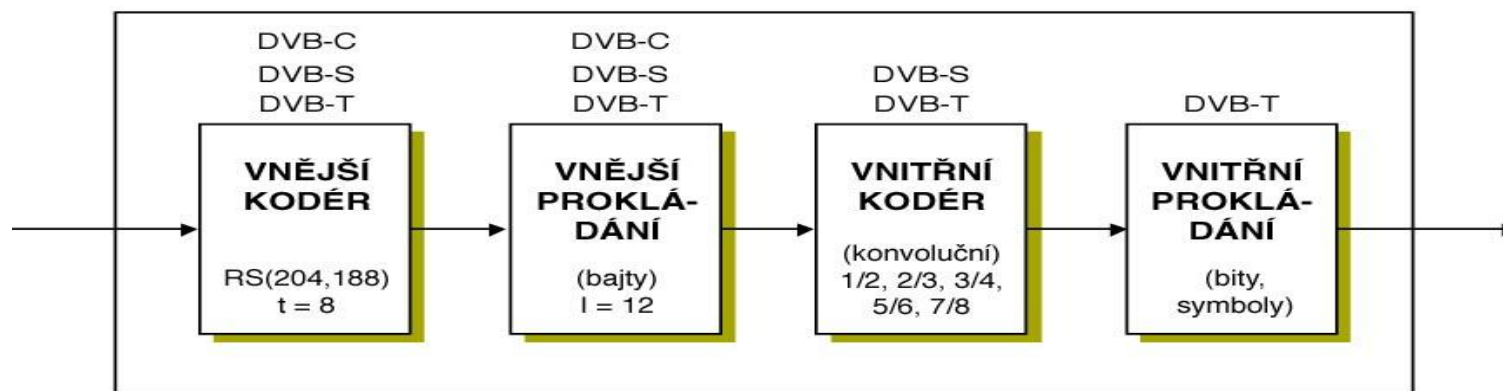


# Princip ochranného intervalu GI

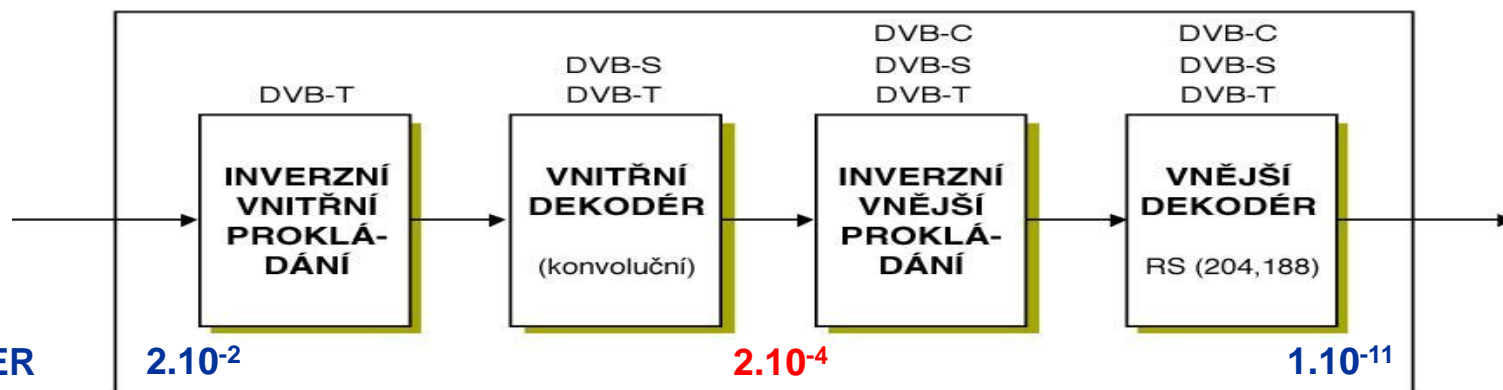


# Protichybové zabezpečení DVB

## KANÁLOVÉ KÓDOVÁNÍ



## KANÁLOVÉ DEKÓDOVÁNÍ



BER

$2 \cdot 10^{-2}$

$2 \cdot 10^{-4}$

$1 \cdot 10^{-11}$

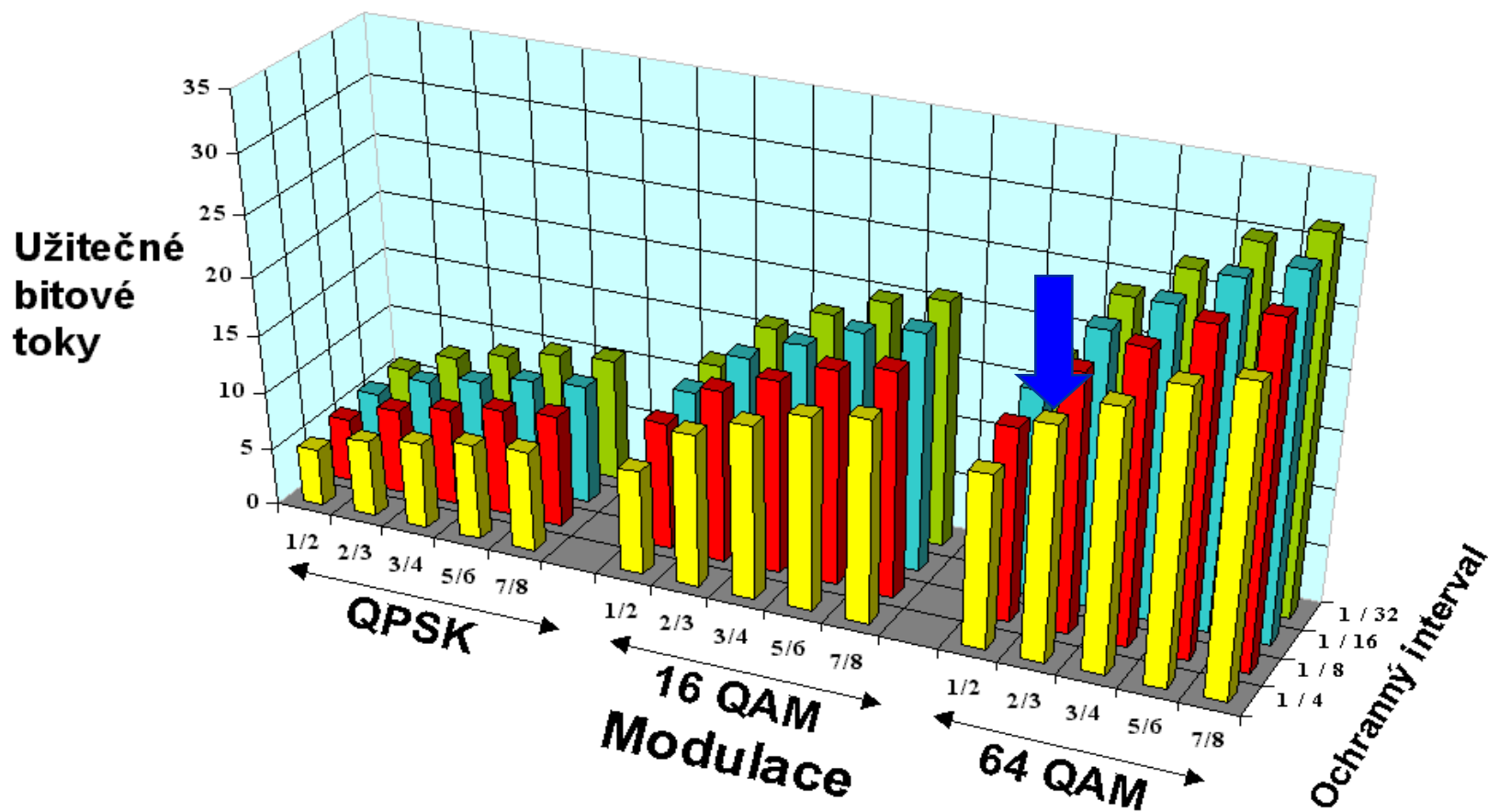
pro 20 Mbit/s 400 chyby/ms

4 chyby/ms

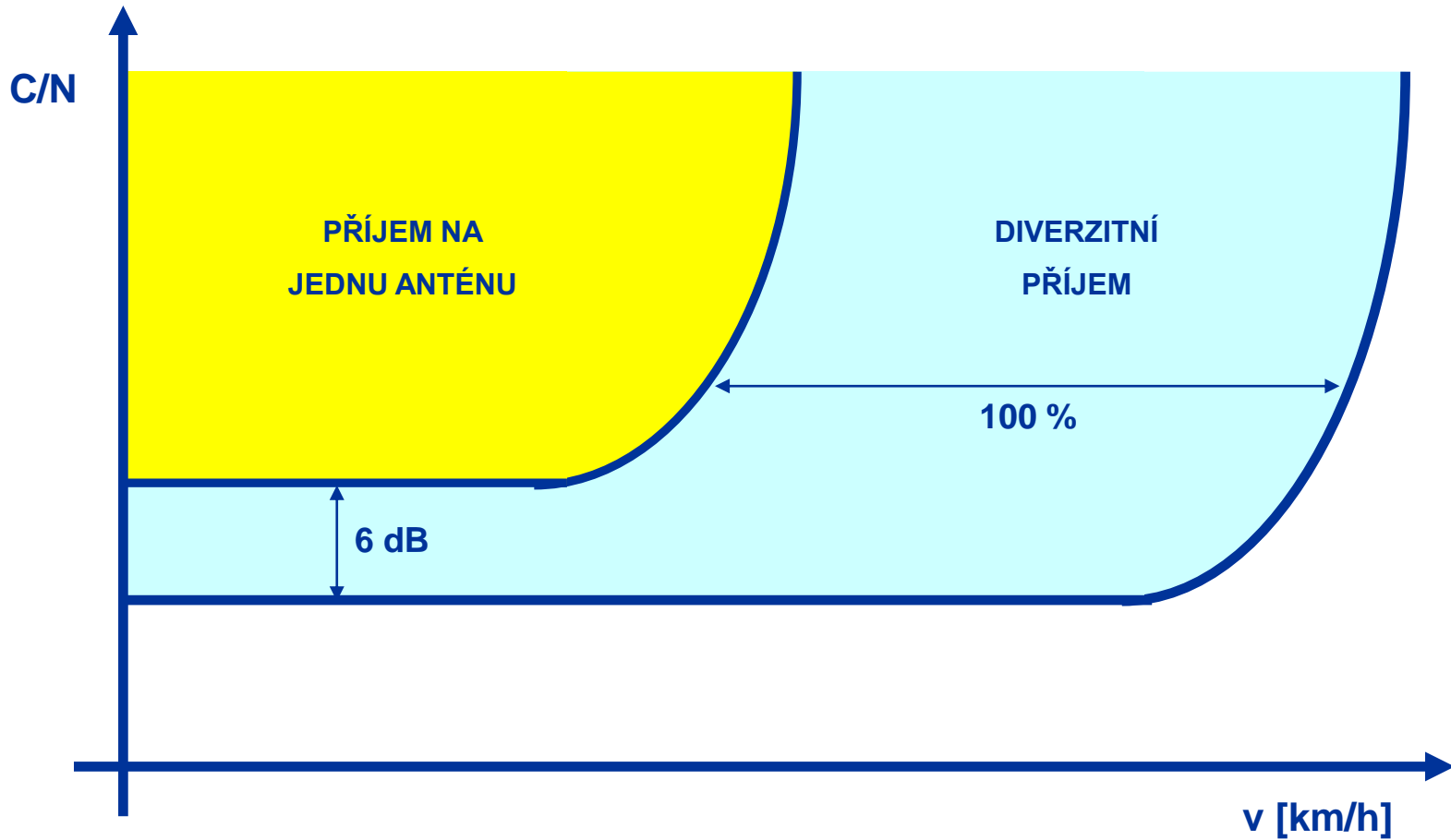
1 chyba/1,4 hod.



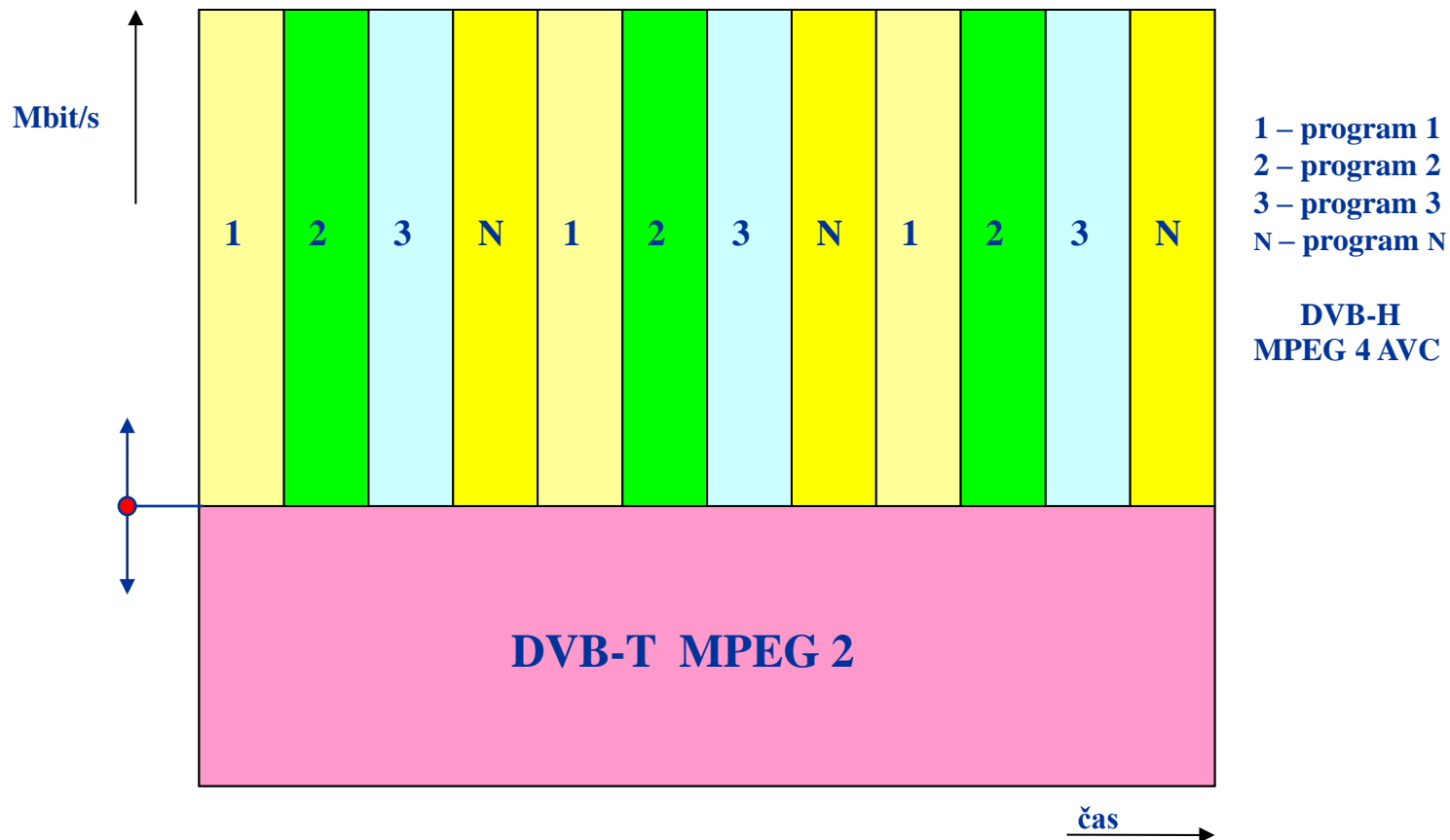
# Užitečné bitové toky DVB-T



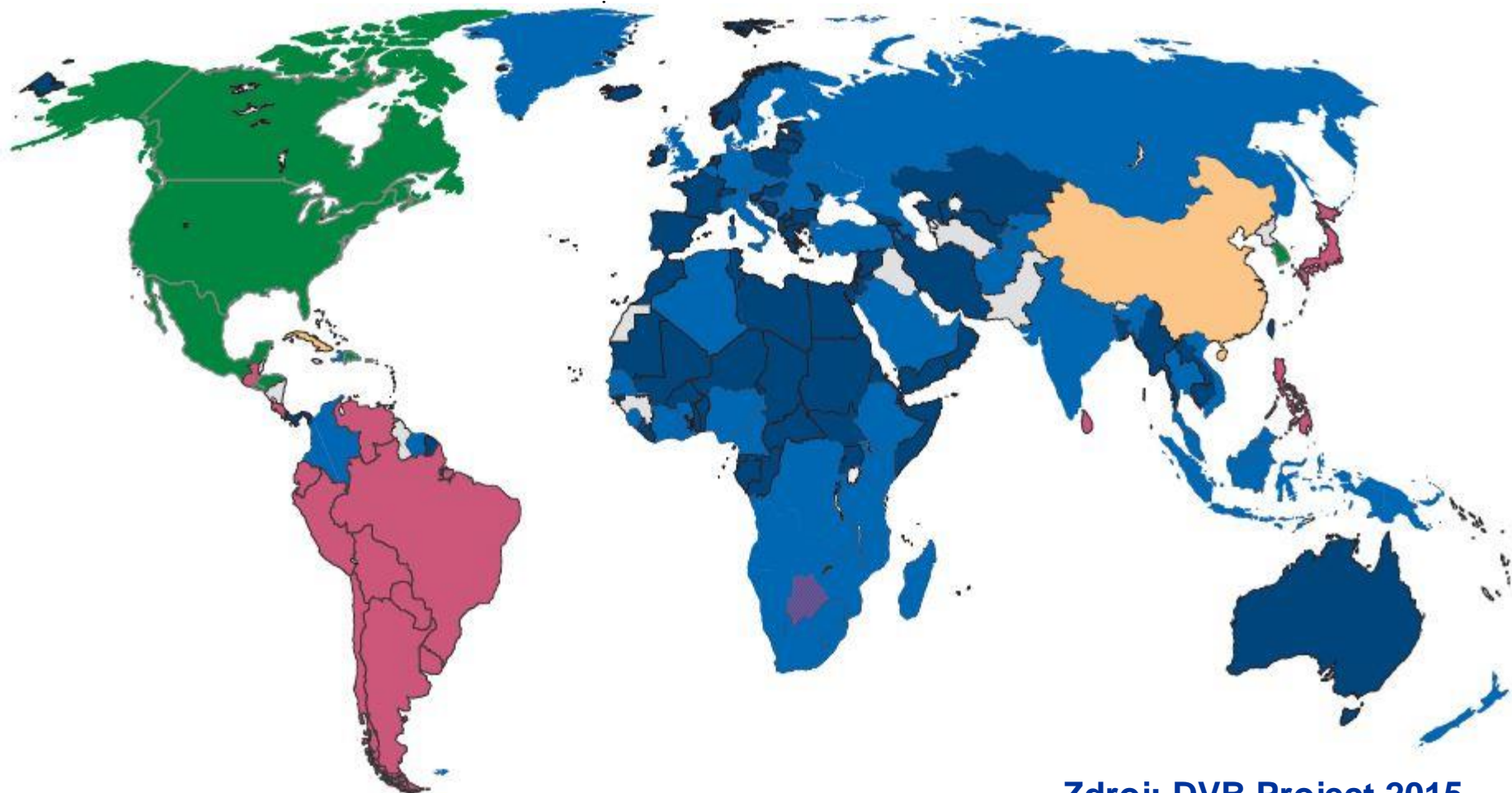
# Diverzitní mobilní příjem



# Časové segmentování DVB-H



# Systemy DTT – srpen 2015



Zdroj: DVB Project 2015

ATSC



ISDB-T



DTMB



DVB-T



DVB-T2



# Vývoj systémů DTT ve světě

- **Americký standard ATSC 1.0**
  - Využívá v kanálu 6 MHz jedinou nosnou vlnou s amplitudovou modulací 8-VSB (srovnatelná s 64QAM)
  - Pevný kódový poměr 2/3, bitová rychlost 19,3 Mbit/s
- **Evropský standard DVB-T**
  - První systém s OFDM, módy 8k a 2k, ochranné intervaly GI 1/4, 1/8, 1/16 a 1/32, modulace QPSK, 16-QAM a 64-QAM, bitová rychlost v kanálu 8 MHz 4,98 až 31,67 MHz
- **Japonský standard ISDB-T**
  - Je variabilnější než DVB-T , kanál 6 MHz je rozdělen na 13 segmentů po 430 kHz, každý nebo několik segmentů může mít svoji OFDM. Jednosegmentové vysílání pro mobily, vícesegmentové pro SD nebo HD
- **Čínský standard DTMB**
  - Umožňuje příjem SD a HD a mobilní SD. Mód 4k, modulace QPSK, 16-, 32- a 64QAM, GI 1/4, 1/6 a 1/9, v kanálu 8 MHz přenos 4,81 až 32,92 MHz. V GI je přesně definovaný pseudonáhodný šum, rychlá synchronizace dekodéru a přesnější odhad přenosového kanálu

# Protichybové zabezpečení systémů DTT

|                           | ATSC      | DVB-T                         | ISDB-T                        | DTMB             | DVB-T2                             | ATSC 3.0 |
|---------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------------|----------|
| Vnitřní<br>(Inner)<br>FEC | CC        | CC                            | CC                            | LDPC             | LDPC                               | LDPC     |
|                           | 2/3       | 1/2, 2/3,<br>3/4, 5/6,<br>7/8 | 1/2, 2/3,<br>3/4, 5/6,<br>7/8 | 2/5, 3/5,<br>4/5 | 1/2, 3/5,<br>2/3, 3/4,<br>4/5, 5/6 | 2)       |
| Vnější<br>(Outer)<br>FEC  | RS        | RS                            | RS                            | BCH              | BCH                                | BCH      |
|                           | (207,187) | (204,188)                     | (204,188)                     | (762,752)        | 1)                                 | 1)       |

**FEC** Forward Error Correction

**RS** Reed Solomon

**CC** Convolutional Code

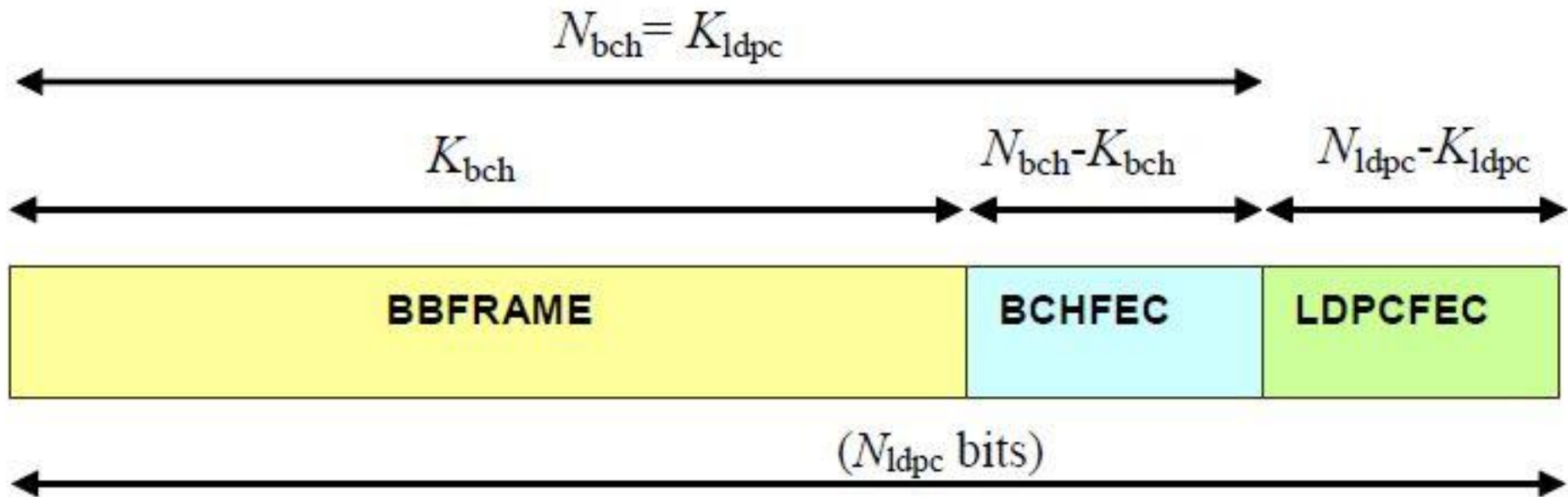
**BCH** Bose-Chaudhri-Hocquenghem

**LDPC** Low Density Parity Check

1) Určen tabulkou, závisí na k/n

2) Není zatím stanoveno

# Rámec FEC systému DVB-T2

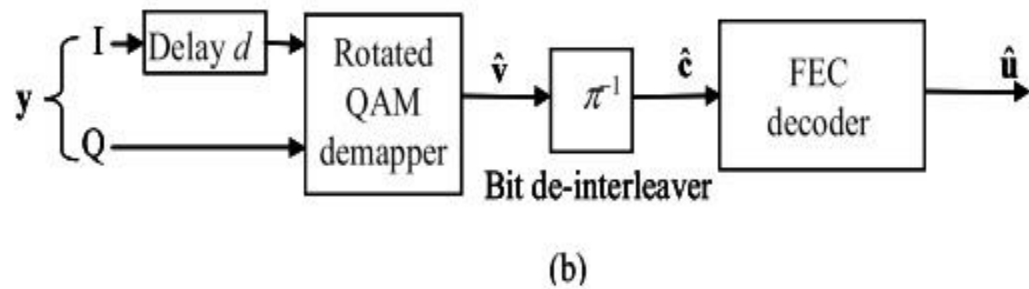
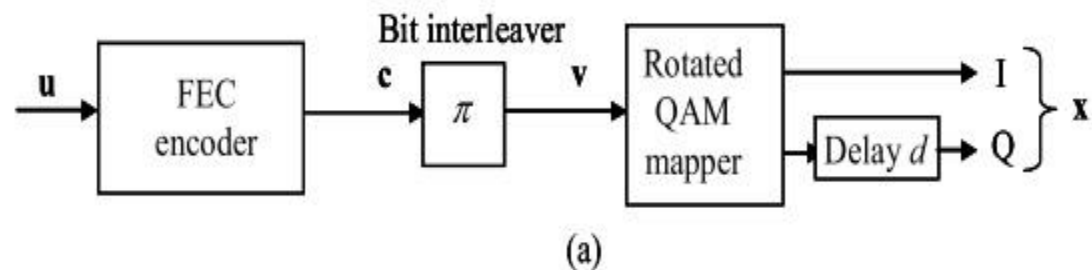
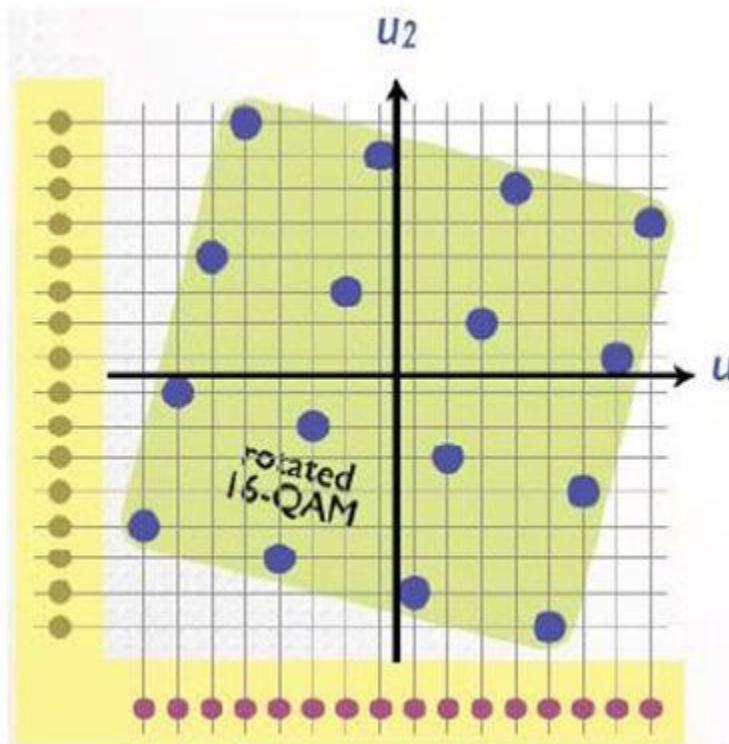


# Charakteristiky standardu DVB-T2

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Ochranný kód FEC             | <i>LDPC + BCH</i>   |
| Kódový poměr                 | 1/2, <i>3/5</i> , 2/3, 3/4, <i>4/5</i> , 5/6                                |
| Modulační mód                | QPSK, 16-QAM, 64-QAM, <i>256-QAM</i>  |
| Ochranný interval GI         | 1/4, <i>19/128</i> , 1/8, <i>19/256</i> , 1/16, 1/32, <i>1/128</i>          |
| Relativní velikost GI        | 64/256, <i>38/256</i> , 32/256, <i>19/256</i> , 16/256, 8/256, <i>2/256</i> |
| Rozměr FFT                   | <i>1k</i> , 2k, <i>4k</i> , 8k, <i>16k</i> , <i>32k</i>                     |
| Rozptýlené referenční nosné  | <i>1 %</i> , <i>2 %</i> , <i>4 %</i> , <i>8 %</i>                           |
| Kontinuální referenční nosné | <i>0,35 %</i>   |



# Rotovaný konstelační diagram



Princip je založen na využití prokládání buněk CI (Cell Interleaving).  
V modulátoru se zpozdí složka  $Q$ , v demodulátoru složka  $I$  o jednu buňku

# Systemy DTT 2. generace

- **Obecná charakteristika**
  - Standardy 1. generace využívají transportní tok a zdrojové kódování MPEG 2, později doplněné standardem MPEG 4 AVC/H 264, podobně jako jsou systémy 2. generace doplňovány standardem HEVC/H 265/MPEG H, přijímače budou dekódovat vše
- **Standard DVB-T2**
  - Doplnuje parametry o 256-QAM, FFT 1k, 4k, 16k a 32 k, o diverzitní vysílání MISO (rozšíří SFN až o 30 %), o časovou segmentaci a rotovaný konstelační diagram, o prokládání buněk a časové prokládání. Odlehčený profil DVB-T2 Lite je určen pro mobilní přijímače, využívá další robustní kódové poměry 1/3 a 2/5 a vynechává vše nepodstatné k zmenšení čipu dekodéru na polovinu
- **Standard ISDB-T2**
  - Je zaměřen na zajištění bitové rychlosti kolem 100 Mbit/s v pásmu 6 MHz pro UHD 1 v roce 2016 pomocí 1k-QAM, 4k-QAM a 2x2 MIMO
- **Standard DTMB 2**
  - Je to systém nové generace NGB (Next Generation Broadcast) s hybridní infrastrukturou zahrnující tv vysílání DTMB, aktuální spoty WiFi a základnové stanice LTE k distribuci multimediálního obsahu

# HDTV v HEVC a MPEG 4 AVC



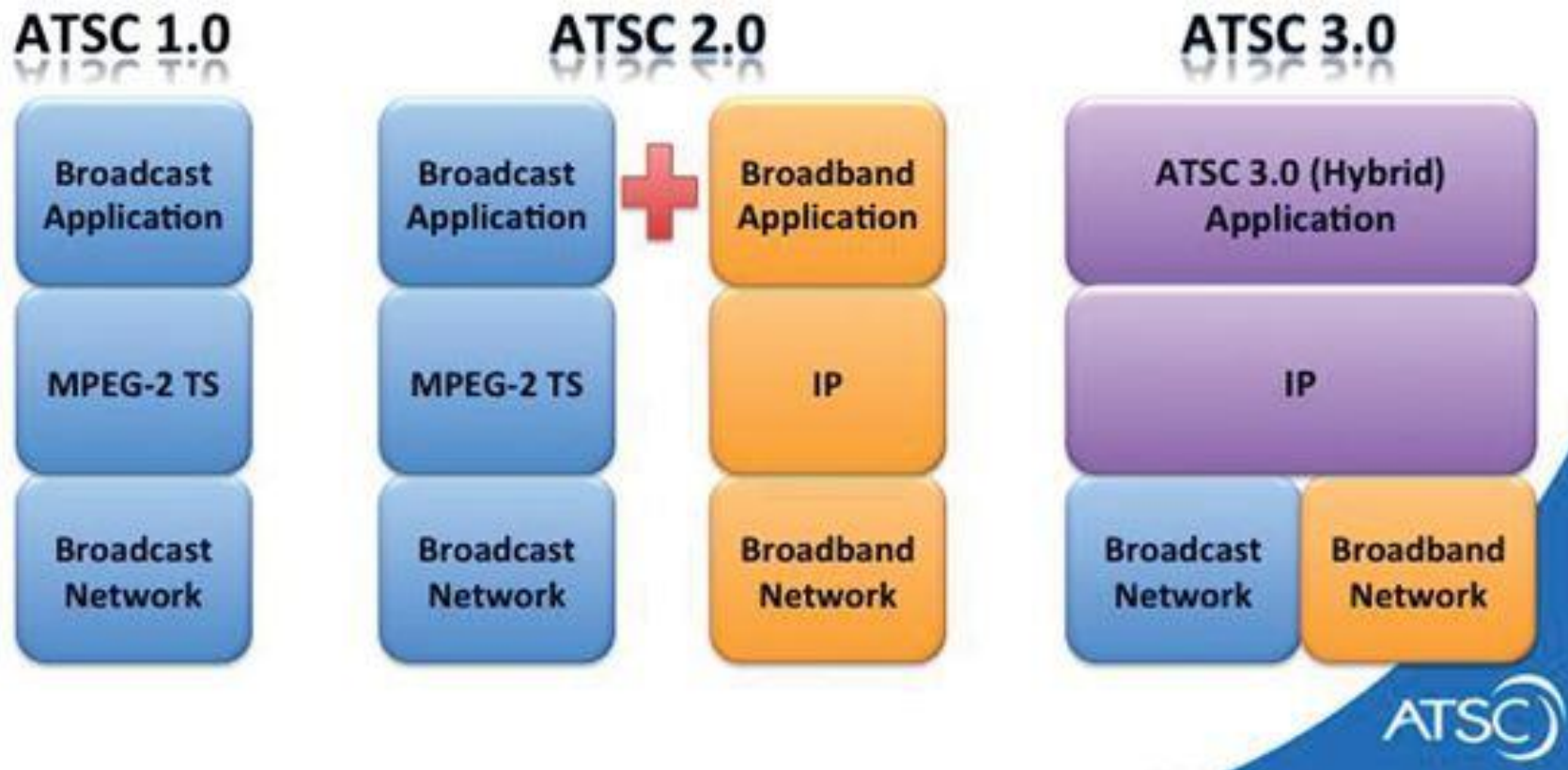
Zdroj: DVB SCENE 44

# Německo přechází na DVB-T2/HEVC

- **Mistrovství Evropy ve fotbale 2016**
  - Z technického hlediska historicky první sportovní akce přenášená v plné kvalitě HDTV přes terestrickou TV
- **Plán přechodu na DVB-T2**
  - Pilotní vysílání v městských oblastech od května 2016
  - Rozsáhlý přechod bude zahájen na začátku roku 2017 nejdříve v městských a následně ve venkovských oblastech
  - Ukončení přechodu a uvolnění spektra 700 MHz pro mobilní Internet v polovině roku 2019
- **Využití standardu HEVC/H 265/MPEG H**
  - Umožní 40 až 50 HD/SD programů, které nahradí současných 24 SD programů vysílaných přes DVB-T. Většina HD programů bude v rozlišení 1080p/50
  - Síťový operátor Media Broadcast bude vysílat placené komerční programy ve třech multiplexech, další tři (FTA) využijí veřejnoprávní ARD a ZDF



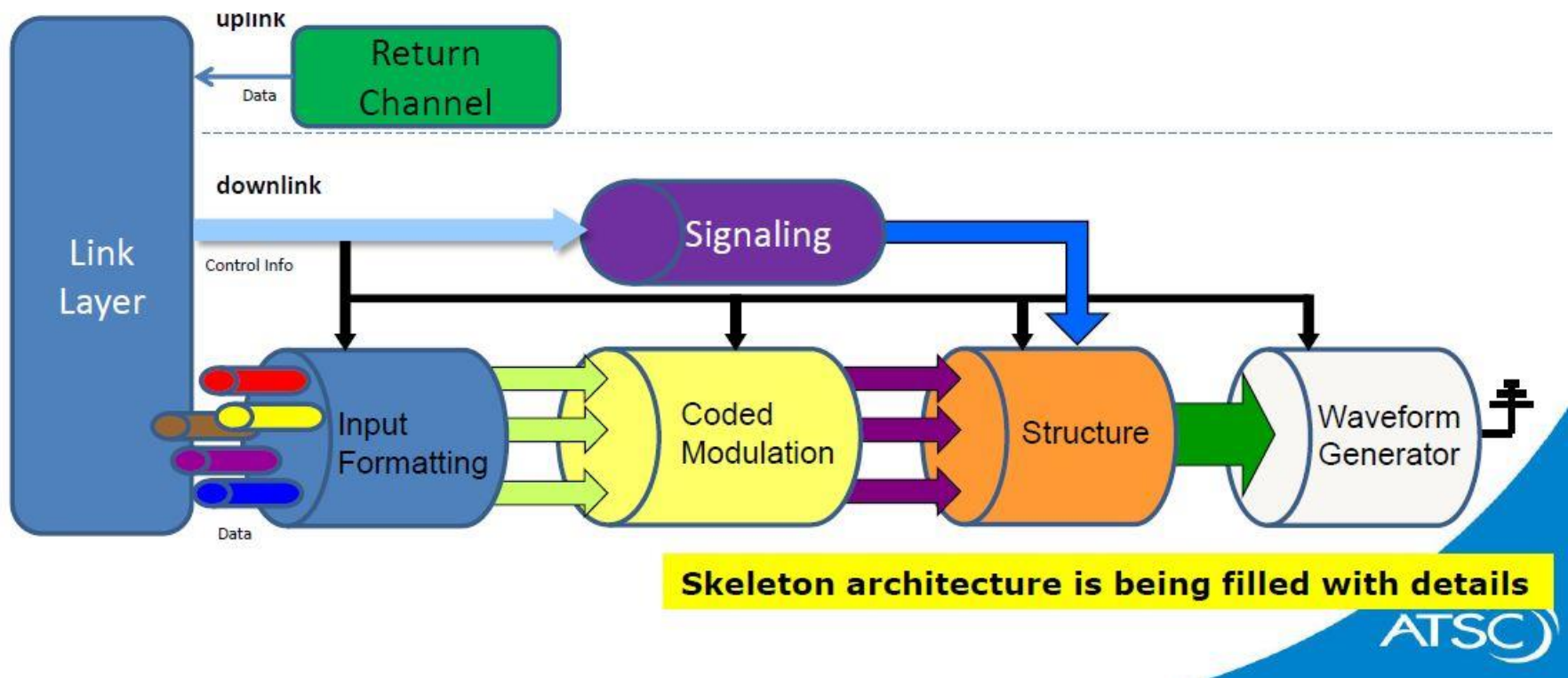
# Evoluční vývoj standardů ATSC



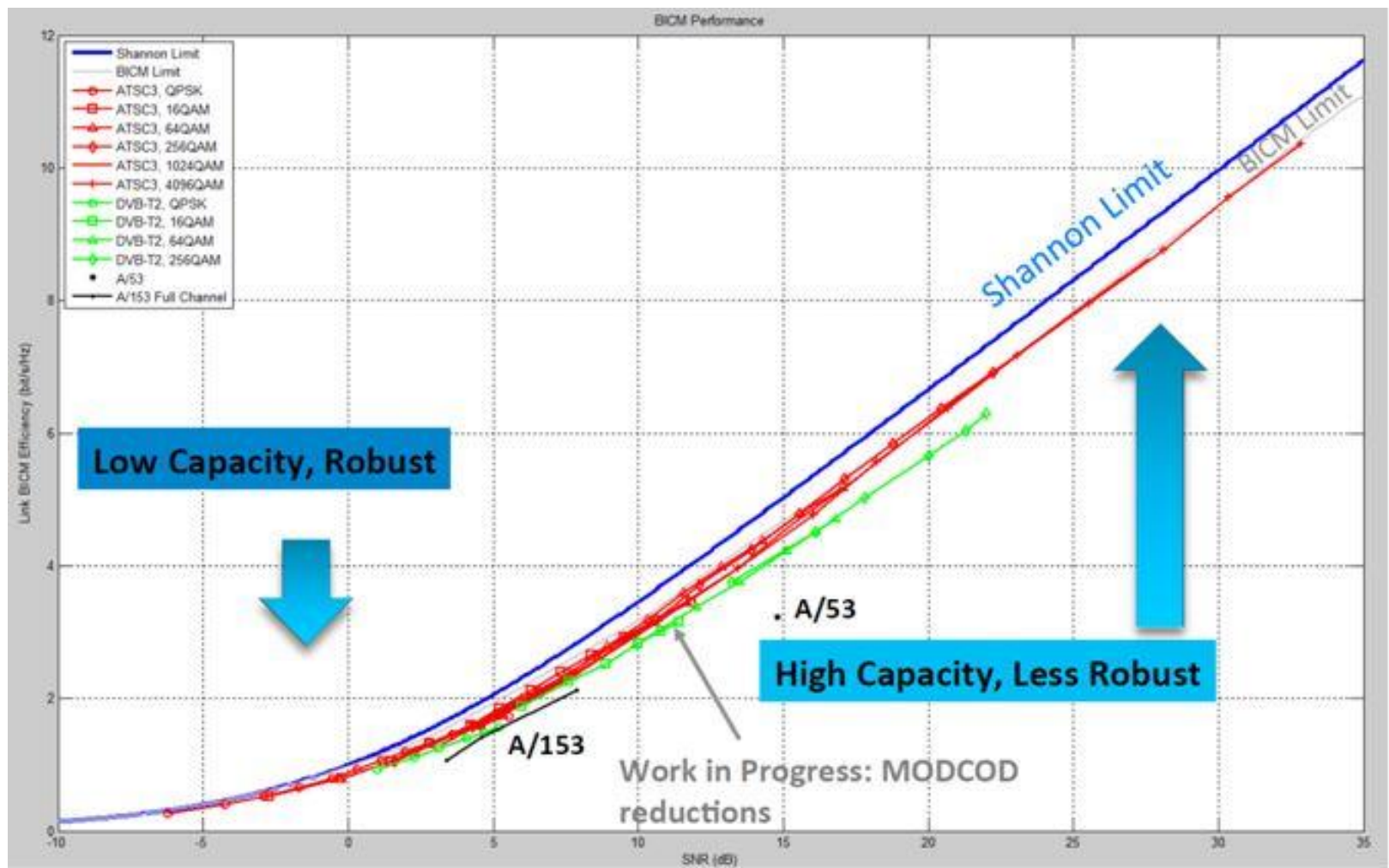
# System ATSC 3.0

- ATSC 3.0 je zcela nový, neslučitelný systém s ATSC 1.0
- Zahrnuje zvlášť televizní vysílací (Broadcast) a širokopásmové (Broadband) sítě
- Je založen na návrzích z celého světa s podílem všech čtyř systémů DTT, většinou od členů FOBTV z Japonska, USA, Evropy, Číny, Jižní Koreje a Kanady
- DVB předložilo specifikace DVB-T2 a DVB-NGH (vyhovují požadavkům) jako základ pro ATSC 3.0 na cestě k jednotnému standardu FOBTV
- Pro USA je revoluční využití modulace OFDM
- ATSC 3.0 nahradilo transportní tok MPEG 2 výlučně transportem IP pro broadcast i broadband
- Je to již celosvětový systém, má být dokončen v roce 2017
- Nové rysy standardu: pokročilý záchranný systém, transport IP, imerzivní (obklopující) zvuk, UHD TV, robustní mobilní příjem – Rich Chernock, předseda pracovní skupiny TG 3/ATSC

# Architektura standardu ATSC 3.0



# Účinnost standardů DTT podle ATSC



Zdroj: Richter ATSC



# Budoucnost televizního vysílání FOBTv



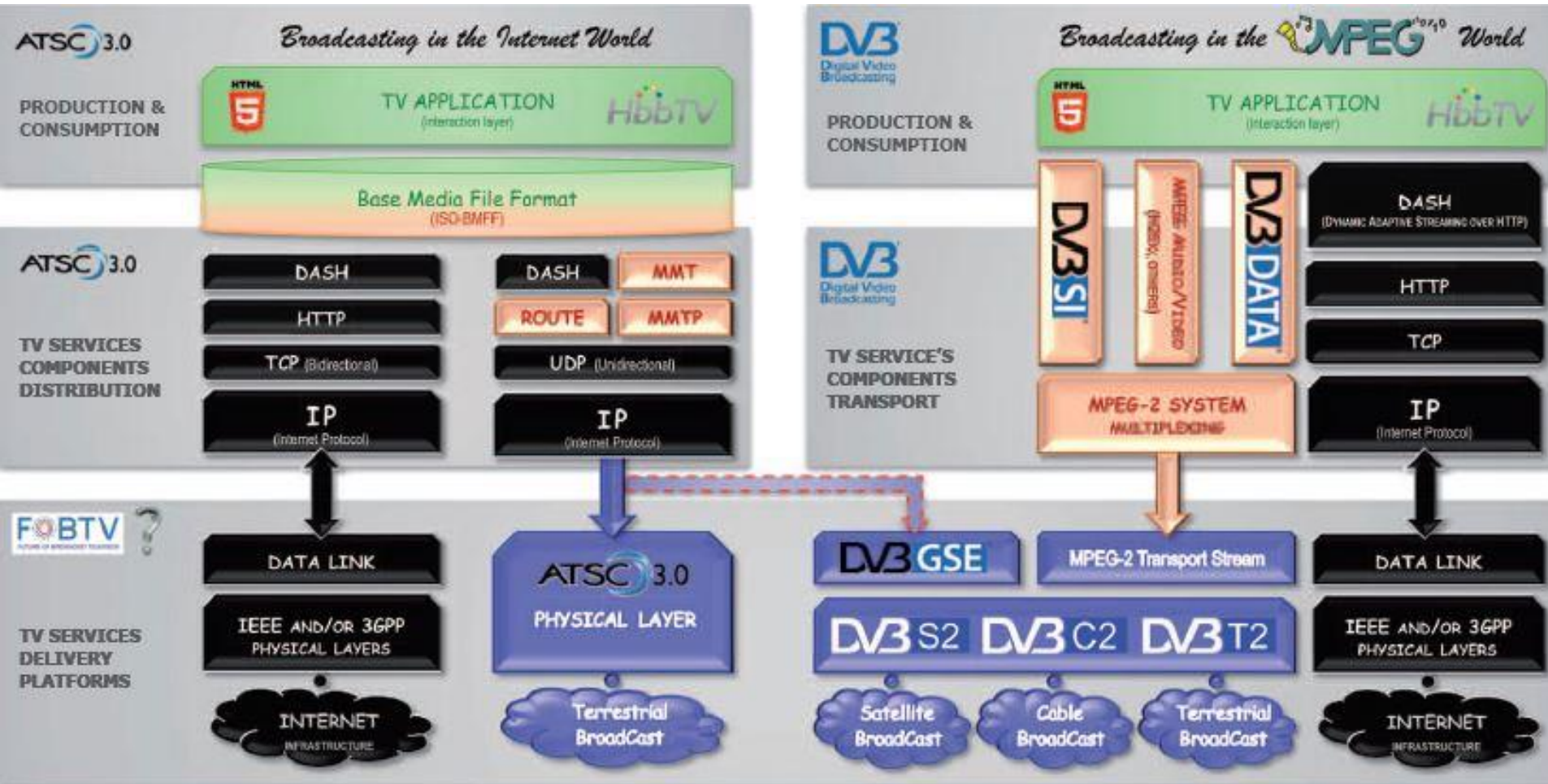
- **Novinky 2015**

- V rámci výstavy NAB 2015 v Los Angeles se 16.4.2015 konalo zasedání Řídicího výboru složeného z 13 zakládajících členů FOBTv – ATSC, NAB, IEEE, PBS (USA), DVB, EBU (Evropa), NHK (Japonsko), NERC-DTV (Čína), ETRI (Korea), CBC, CRC (Kanada), SET, Globo TV (Brazílie)
- Současně se konalo zasedání Technické komise
- Neformální setkání členů v rámci IBC 2015 v Amsterdamu

# Členské organizace FOBTV



# Budoucnost TV vysílání



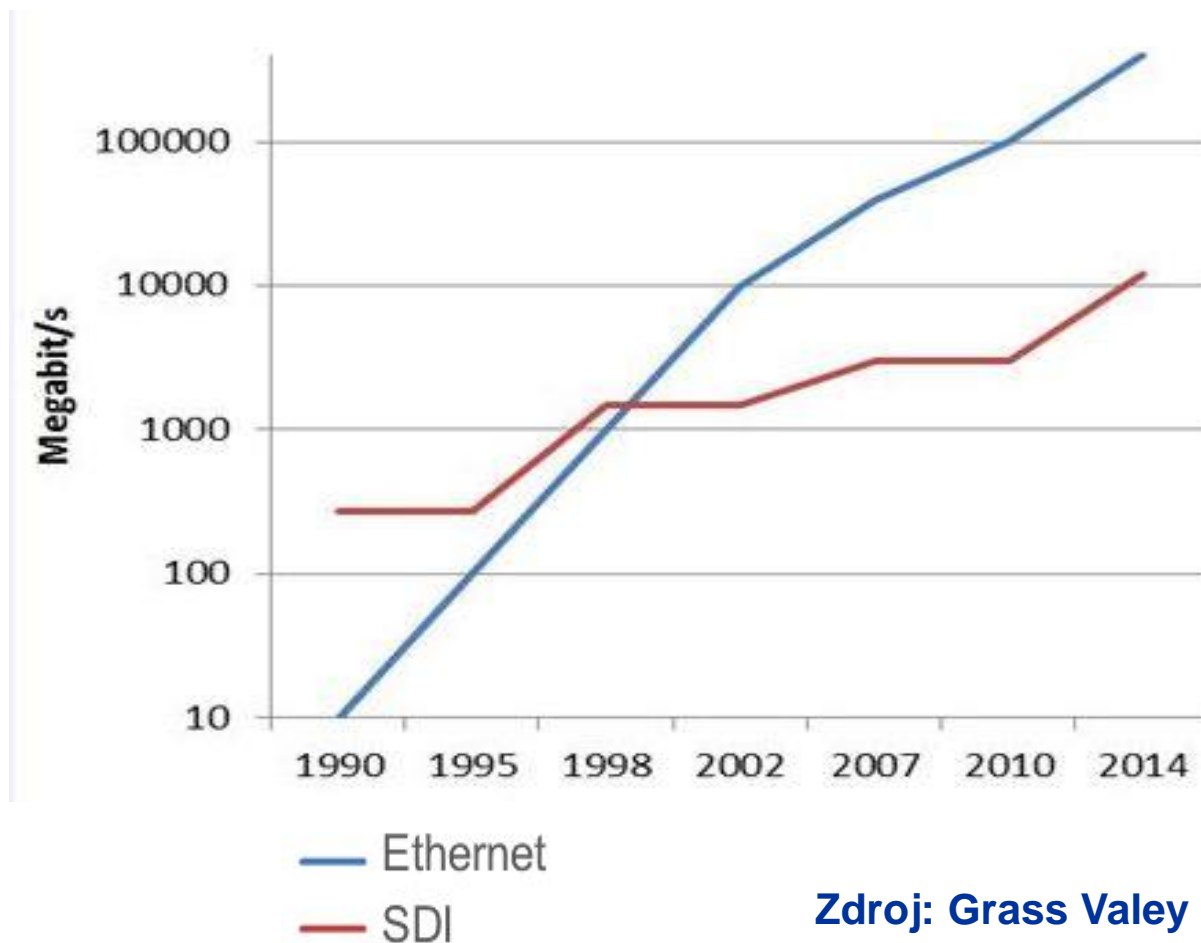
Zdroj: Faria TeamCast

# Hlavní témata IBC 2015

- **Standard HEVC/H 265 a jeho uplatnění v UHD**
- **Ultra HDTV**
  - Vyšší snímkový kmitočet HFR (Higher Frame Rate), vysoký dynamický rozsah HDR (High Dynamic Rate) , širší barevný gamut WCG (Wider Color Gamut), nová generace zvuku NGA (New Generation Audio)
- **Zpracování a distribuce pomocí IT**
  - OTT (Over-The-Top Content),
  - MPEG DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)
  - Cloud computing, Connected TV, Multi-screening, HbbTV
- **Perspektivy lineární televize**
  - WRC 2015
  - ATSC 3.0



# Vývoj rychlosti SDI a Ethernetu



Zdroj: Grass Valey & Belden

# Redukce kabelů SDI / IP



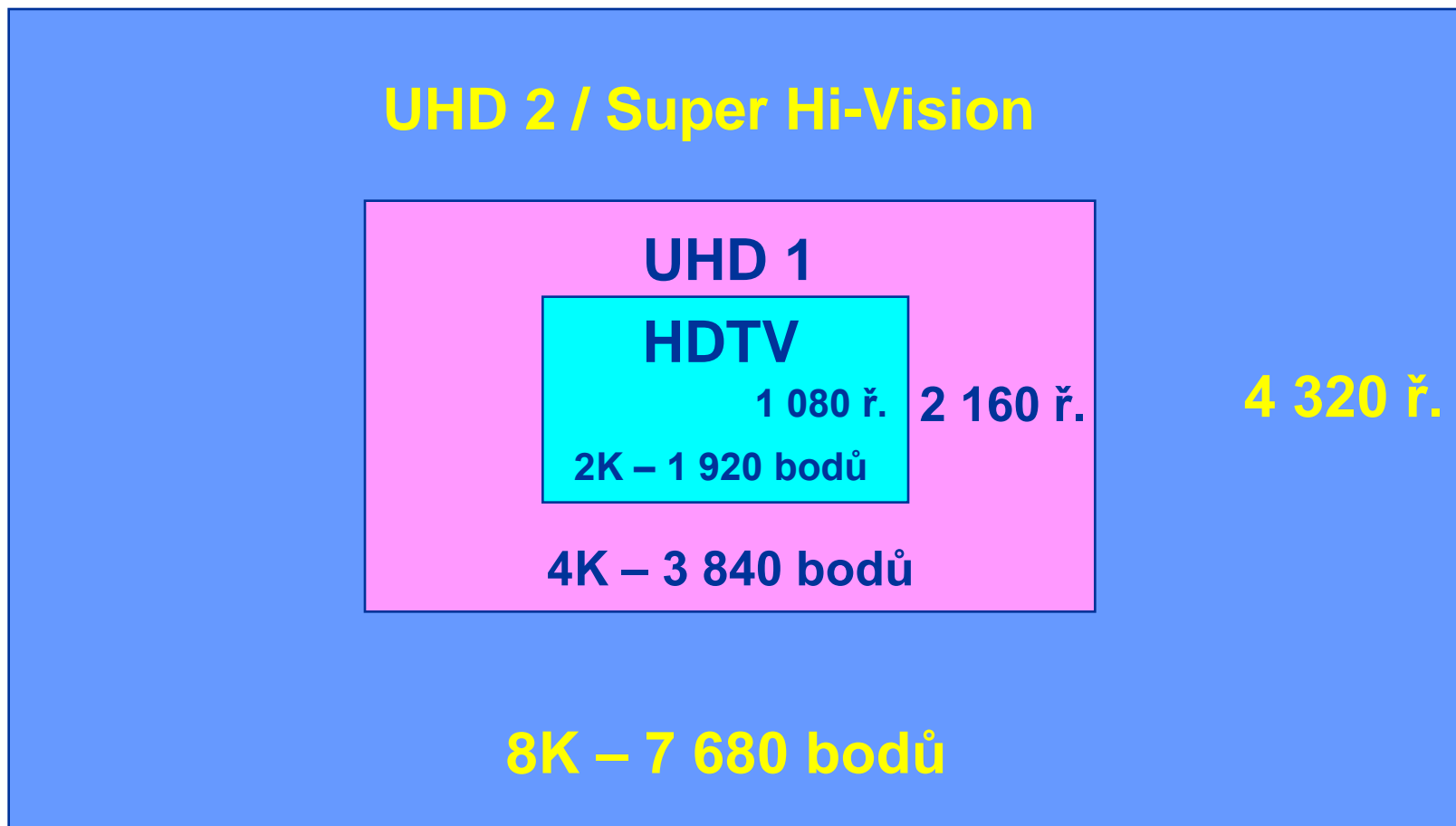
**Před IP**



**Po IP**

**Zdroj: Grass Valey & Belden**

# HDTV, UHD 1 a UHD 2



# Tři fáze zavádění UHDTV podle DVB

- **DVB 2160p (UHD 1), Fáze 1 – 2014/15**
  - Snímkové kmitočty do 60 Hz
  - 8 - 10 bitů/vzorek, HEVC, Audio 5.1 (totožné s HDTV)
  - Barevný prostor nejspíše podle dop. 709 (HD)
  - Specifikace dokončena v 1. čtvrtletí 2014
- **DVB 2160p (UHD 1), Fáze 2 – 2017/18**
  - HFR - snímkové kmitočty do 120 Hz, HFR
  - 10 - 12 bitů/vzorek, HEVC, MPEG H 3D Audio (5.1 + 4)
  - HDR – vysoký dynamický rozsah
  - WCG - barevný prostor podle dop. 2020
- **DVB 4320p (UHD 2), Fáze 3 – 2020/22**
  - Snímkové kmitočty do 120 Hz, 10-12 bitů/vzorek, HEVC
  - Prostorová a časová skalabilita pro dekodéry 2160p
  - HDR, WCG, NGA - zlepšené audio (10.2., 22.2),



# Vyšší snímkový kmitočet HFR



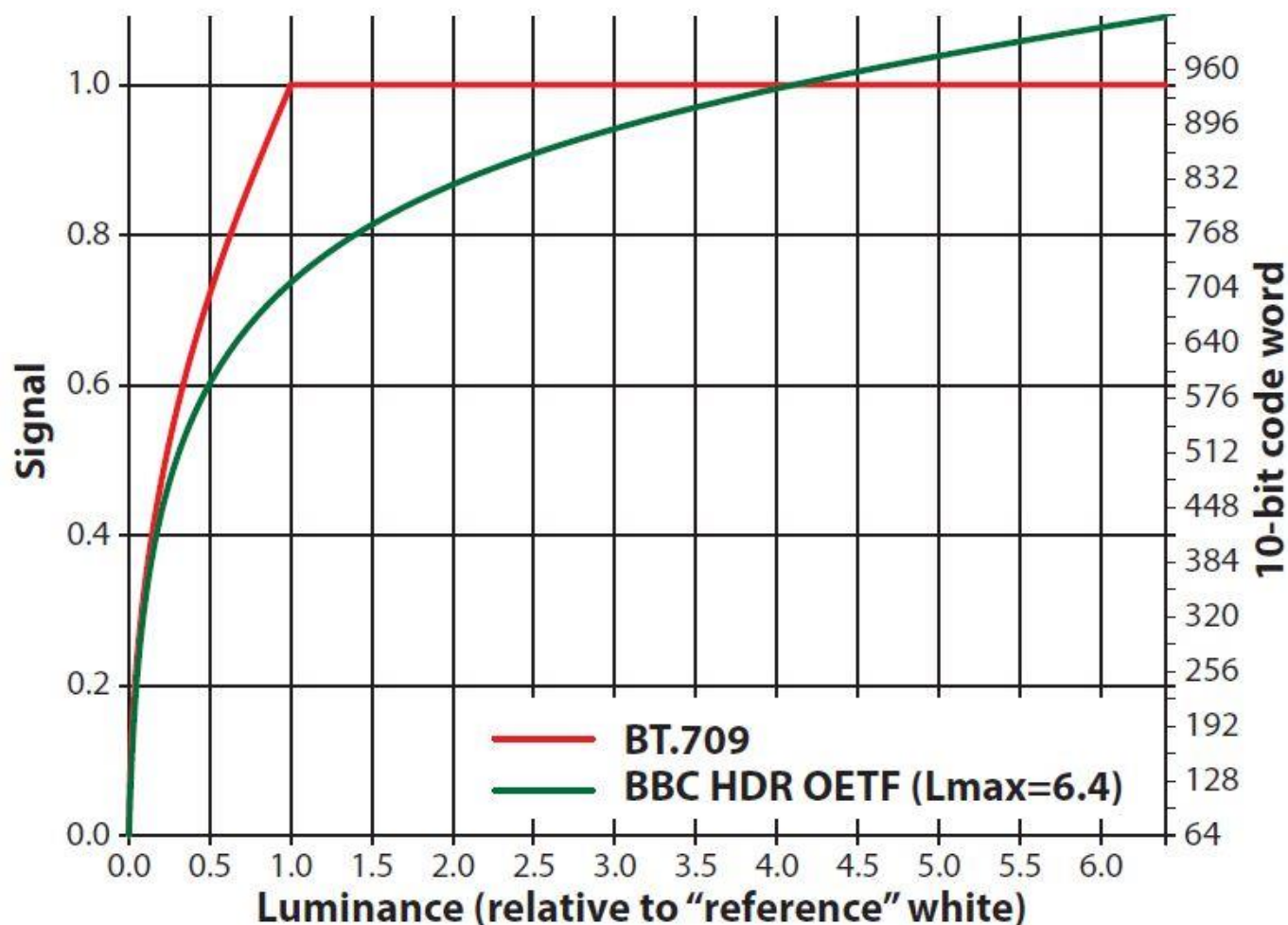
Zdroj: BBC - DVB

# Vysoký dynamický rozsah HDR



Zdroj: Dolby - DVB

# Přenosová funkce HDR



Zdroj: DVB SCENE 44



# Rozšířený barevný prostor WCG

