

MDTV

① Digitalizace obrazových a zvukových signálů - doporučení ITU - BT. 601, vzorovací formáty obrazu, úroňové diagramy, datový tok, A/D a D/A převodníky pro video a audio

- digitální videosignál: maticován RGB $\rightarrow$ YCbCr, limitace $5,75/2,75$ MHz, vzorování $13,5/6,75$ MHz; pro 10bit 4:2:2 rychlost 270 Mbit/s
- formáty 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0, SIF
- v digitálním toku není blanking, jen SAV/EAV; Y $\langle 16..235 \rangle$, Cb, Cr $\langle 16..127, 240 \rangle$
- datový tok: 8/10 bitů + hodiny 27 MHz
- A/D převod: paralelní Flash (video), postupná aproximace (audio)
- D/A převod: R-2R síť, 1-bitový s převrtkováním
- digitální audiosignál: stereo 48 kbit/s, 16 bit $\approx 1,5$ Mbit/s
- dynamika audio: 10 dB přibuzení, 14 dB šum, 20 dB S/N $\Rightarrow$ 54 dB dynamika pro 16 bit

MDTV

② Zdrojové kódování obrazových a zvukových signálů - základní principy MPEG pro video a audio, kodek a dekodek MPEG video a audio, profily a úroňe, struktura elementárních toků.

- kompres: odstranění redundance (nadbytečnost) a irlevance (zbytečnost)
- MPEG video: redundance (HV synchronizace, DPCM snímků, cíl-cel čtení a VLC, Huffmanovo kódování), irlevance (8 bit kvantizace, barvy 4:2:0, DCT + kvantizace)
- blok 8x8 px, $Y+Cb+Cr =$ macroblok, snímky I (intracoded), P (predicted), B (bidirectional)
- profily a úroňe: MP@HL ($\sim 4:2:0$, 6 Mbit/s $\sim$ SDTV), HP@HL (4:2:2), profily ...@HL (HDTV)
- kodek video MPEG-2: změna kvantizace v závislosti na dat. toku; DPCM, DCT, kvantování, cíl-cel, VLC
- elementární tok ES (komprimované A/V), pakety PES, transportní tok TS
- MPEG audio: subpásmové kódování (irlevance dle pásem), transformační kódování (DCT), využití percepčního kódování, maskování frekvencí a časové
- MPEG Layer I, II (banda filtrů, kvantizace, alokace počtu bitů), Layer III (DCT, FFT)
- kodek/dekodek MPEG: přerovnání snímků, odhad polohy, DCT + kvantizace, petna pro kompenzaci, HUX, buffer, 2 měřítka kvantizace

③ Kanálové kódování a zabezpečení proti chybám přenosu - dopředu chybavá korekce FEC, princip RS kódování, princip prokládání, princip konvolučního kódování a zúžení kódu

- FEC: umělé zvýšení redundance; typy chyb: bitová, shluková, symbolová
- blokové a konvoluční kódy, zúžení (vnější a vnitřní kód)
- Reed-Solomonův kód: symbolový, RS(204,188), $BER_{in} = 2 \cdot 10^{-4}$, $BER_{out} = 1 \cdot 10^{-11}$
- konvoluční kódování: binární orientovaný, posuvný registr (delba působení, polynom), popis trellis diagramem, Viterbiho dekódování, soft/hard decision, zúžení kódového poměru tečkováním; $K=7$, $R=1/2$, $BER_{out} = 2 \cdot 10^{-4}$ při $E_b/N_0 \sim 3$ dB
- prokládání: umožňuje opravu shlukových chyb, mezi vnější a vnitřní kódér, hloubka prokládání; blokový prokládac (dvojitá synchronizace), konvoluční prokládac (multiplexované posuvné registry)
- energetický rozptyl v kanálovém modulatoru (xor PRBS), inverze synchronizace
- DVB-S a DVB-T: vnější RS(204,188), prokládac, vnitřní konvoluční kód + vyčištění
- DVB-C: jen vnější RS(204,188) a prokládac

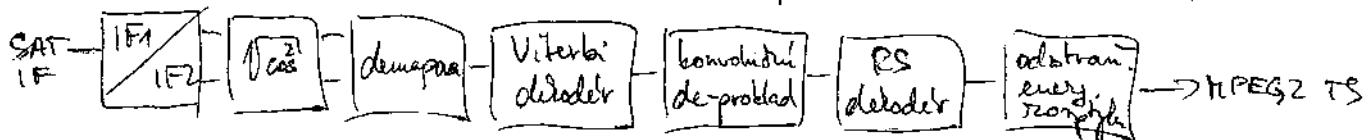
④ Programový a transportní toč MPEG - palety transportního toč MPEG-2 TS, synchronizace přijímače na MPEG-2 TS, programové informace PSI, servisní informace SI, chyby priorit:

- palety MPEG2 TS: 4B hlavička (sync, PID, error flag, priority, scrambling, ...) a 184B dat ($E=188B$); RS kód přidá 16B
- synchronizace (po 5 TS paletách) - sync bajt v hlavičce, 188B rozestup
- programové informace PSI: PAT (Pgm. allocation table, PID=0, seznam PIDů pro PCT), PCT (Pgm. map table, seznam PIDů pro Video ES, Audio ES daného kanálu), CAT (Conditional access table), synchronizační údaje (číslo, pořadí, směr)
- servisní informace SI: NIT (Network information table, fyz. parametry kanálu), SDT (details), EIT (obsahuje EPG)
- rozšíření: SDI (konst. 270 Mbit/s neloupřimovaný), TS ASI (TS doplněný do toč 270 Mbit/s), TS Parallel (8 bit LVDS, synchronní s TS)
- chyby: priorita 1 (musí dekodovat - chyby synchronizace, PAT, PCT nenalezeny), priorita 2 (chyby reprodukce - CRC chyby, časování), priorita 3 (indikace - monitorování SI, nedefinovaný PID, ...)

MDTV

⑤ Standard DVB-S pro přenos satelitního vysílání - systémové parametry, provozní vlastnosti, modulace QPSK, vliv přenosové cesty, modulační a demodulační DVB-S, struktura přijímače.

- modulace QPSK, M-PSK (šum, nelinearity), limit 200dB ztráta, velik. zesilovače TWTA
- symbolová rychlost $\sim 27,5 \text{ MS/s} \sim 55 \text{ Mbit/s}$ + zabezpečení = 38 Mbit/s (pro 3/4 FEC)
- modulační: energetický rozptyl (xor PRBS, negace 8. sync bitu), FEC1 (RS), proklad, FEC2 (konvoluční), mapování, FIR RC rolloff filtrace $\sqrt{\cos^2}$
- přijímač: LNB, 1. MF (950-2050 MHz), výběr polarizace (14/18V), pásma (22 kHz)

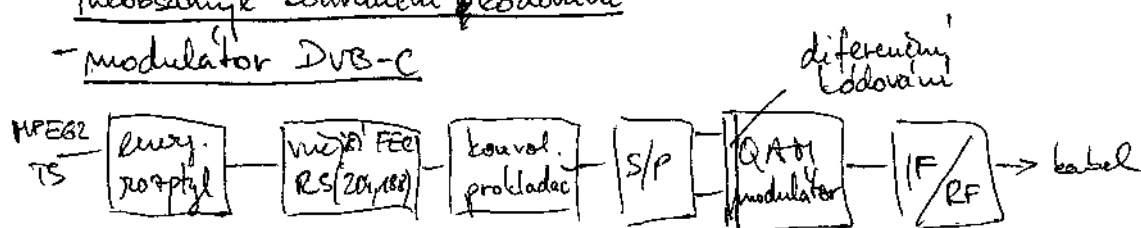


- $C/N \sim 7 \text{ dB} \Rightarrow$ pre-Viterbi $\text{BER} = 3 \cdot 10^{-2} \Rightarrow$ post-Viterbi $\text{BER} = 2 \cdot 10^{-4} \Rightarrow$ post-RS $\text{BER} = 1 \cdot 10^{-11} = \text{QEF}$
- QEF = 1 chyba/hod, pak "fall of the cliff"

MDTV

⑥ Standard DVB-C pro přenos kabelového vysílání - systémové parametry, provozní vlastnosti, modulace M-QAM, vliv přenosové cesty, modulační a demodulační DVB-C, struktura přijímače.

- coax 64 QAM, optika až 256 QAM ; $B = 8 \text{ MHz}$, symbolová rychlost $6,9 \text{ MS/s}$
- neobsahuje konvoluční kódování
- modulační DVB-C



- vliv přenosové cesty: šum, intermodulace, křížová modulace, odrazy, amplitudové ~~z~~ zkrácení, skupinové zpoždění
- provozní vlastnosti: spektrální účinnost $[\text{bit/s/Hz}]$, řádový poměr C/N
- poměr C/N (nosná - šum, zahrnuje šírku pásma), S/N (signal - šum, vč. roll-off filtrace)

MDTV

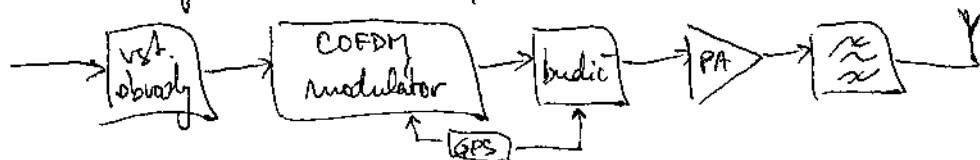
⑦ Standard DVB-T/T+ pro přenos terestrického vysílání - systémové parametry, provozní vlastnosti, multiplex OFDM, odřazovací interval, typy nosných DVB-T/T+, vliv přenosové cesty.

- terestrický přenos: vícecestné šíření, AWGN, interferenční rušení, Poppleinův posuv HS
- přenos: mód 2k (mobilní, symbol 250µs), mód 8k (SFN, 1µs)
- nosné: datum (payload), načítání, spojka (AFC), rozptyl (edualizace kanálu), TPS (Transmission Parameters Signalling, DQPSK info o parametrech)
- hierarchické kódování: high-priority (QPSK, vysoké zabezpečení), low-priority (QAM), nezávislé TS, QPSK vlořeno v QAM, α udává "rozdělení" QAM
- systémové parametry: f_{sample} IFFT (odřazovací Δf), B , bitová rychlost
- TX: FEC1 (RS), prořad, FEC2 (konvol.), tečování, detekce, prořad, mapování, IFFT, GI, FIR, IFFT, PA
- vliv cesty: interference, multipath, ...; crest factor (výšok $\rightarrow$ limitace); kanál: Gauss, Rice, Rayleigh
- odřazovací interval (opad. lonce následujícího, zamerzení ISI, detekce autokorelace)
- DVB-H: MPEG4 AVC, 384 kbit/s; COFDM móř 4k, rozšířené TPS, zapouřřzení protokolů IP v TS, časové segmentování (power save), datové zabezpečení HPE-FEC

MDTV

⑧ Vysíláče pro DVB-T - jednofrekvenční síť SFN, synchronizace a monitorování síť, volba odřazovacího intervalu, blokoví schéma vysíláče, převaděč, špiřtrahní masla, yřhou. stupen.

- síť SFN: efektivní využití kmitočtu, energie, omezení úniků; absolutní synchronizace (GPS), monitorování
- synchronizace, přenos (satelit, RS, optika), synchronizace, modulátor OFDM, PA
- max. vzdálenost dána odřazovacím intervalem, dobuř (SFN), kráť (bloku)
- 68 OFDM symbolů = 1/8 rámců, 4 rámců = superrámec, 2/8 superrámce = megarámce



- transistory LDMOS - lepší linearity
- yřstupní filtrace - nedritická a kritická špiřtrahní masla
- monitorování: 1, 2, 3. priorita, distribuce, synchronizace, yřstup modulatoru a vysíláče
- převaděče: kompletní regenerace signálu, lze kaskádovat, netře použíř v SFN

MDTV

- ⑨ Přijímače pro DVB-T - parametry přijímaného signálu, struktura přijímače, požadavky na tuner, MF zpracování, IO dekodér, přijímač pro mobilní příjem.
- parametry: pásmo (UHF, VHF), B (6, 7, 8 MHz), modulace (QPSK, 16-QAM, 64-QAM), mody COFDM (2k, 8k), kódové poměry, ochranné intervaly, hierarchické módy
 - tuner: řákový šum (větší než káňámaré s.j. OFDM), šumové číslo (~ 50 dB), přetlácení MF...
 - MF zpracování: SAW filtr, detekce dynamiky, AGC řetřovác
 - IO dekodér: společný pro AP převod, COFDM demodulaci a FEC+HPEG dekodování
 - STB: tuner, COFDM demodulátor (descrambler), demultiplexer TS, MPEG-2 dekodér, mikroprocesor + paměti, generování PAL
 - slupinové přijímače; antény (směřovost, řiřek, impedance, šířkopásmovost)
 - mobilní příjem - diverzifikační přijímače (prostorová, maximum ratio combining), vchodní QPSK/16-QAM, mód 2k ni řiřek kmitočty (III. a IV. pásmo)

MDTV

- ⑩ Měření signálu DVB - bloková struktura analyzátoru DVB-S, DVB-C, DVB-T, konsteláční analýza, vliv interference, měření BER a FER, spektrální analýza, měření C/N a S/N signálu.
- analýza DVB-S: úroveň, C/N, BER, přetlácení ramen
 - chybovost: pre-Viterbi $3 \cdot 10^{-2}$ (C/N = 7 dB), post-Viterbi $2 \cdot 10^{-4}$, post-RS $1 \cdot 10^{-11}$ = QEF (stanovení: dekodér, enkodér, řpořádek, porovnání)
 - analýza DVB-C: úroveň, C/N, I/Q modulační chyby, jitter, odraz, BER, FER
 - chyby I/Q: I/Q nevyřázení , I/Q řáková chyba , přetlácení nosné , řáková chvění-jitter , amplitudové vyřázení ; TPS a kontinuální/přepřeká nosné
 - měření BER (pre-Viterbi), FER ($\approx$ chybovost vektorů konsteláčního diagramu)
 - spektrální analýza: měření úrovně signálu, šum, přetlácení ramen
 - měření DVB-T: šum, jitter, rušení, vícecestné šíření, Doppler, efekt ř SFN, přetlácení ramen, chyby I/Q modulačního
 - řorsak pre-Viterbi BER je 10^{-9} až 10^{-2}
 - u OFDM crest factor
 - analýza kvality obrazu: subjektivní (DSCQS, SSCQE), objektivní (DVQL-U, -W; TA, SA)