Médiakommunikáció 2.

Quick Reference

2009. május 25.

1. Digitalizálás

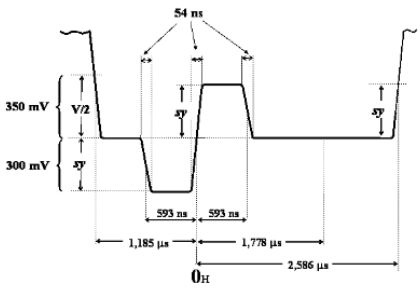
HD minőség: Vízszintes, függőleges felbontás 2x akkora, AR min 16:9, független Y és P_B, P_R, mintavétel 5,5x-ös (74,25MHz)

SMPTE 296M: 720p60, 1280x720

SMPTE 274M: 1080p 1080i, 1920x1080

Adatsebesség: Aktív minta/sor x aktív sor/kép x f_{kep} x bitszám/minta, 4:4:4 esetén 3x, 4:2:2 esetén 2x

Szinkron impulzus pl. az 1080/60/I rendszerben



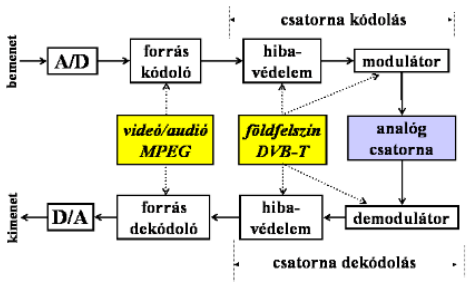
Sorszinkron referencia

2. Videó bitsebesség csökkentés

Redundancia mozgóképben: térbeli: képen belüli (intra-frame), félképen belüli (intra-field); időbeli: képek közötti (inter-frame)

Bitsebesség: 1. kódolt kép bitszáma/képen belüli pixelek száma [bit/pixel] 2. másodpercenként továbbított bitek száma [bit/sec]

Digitális csatorna-modell



Forráskódolás: Forrás és nyelő tulajdonságait figyelembe véve eltüntetjük a forrás redundanciáját, hogy a nyelő ne érzékelje a változást

Csatornakódolás: Csatorna átviteli tulajdonságait figyelembe véve választunk hibavédelmi algoritmust és modulációt

Reprezentáció váltás: Új ábrázolási síkban kevesebb redundancia, formái: predikció, transzformációs kódolás, mozgáskompenzáció

Irreverzibilis kódolás: Pontosság csökkentése a lényegtelen részek eltávolításával, nagy kompresszió, kvantálási hiba, formái: kvantálás, térbeli- időbeli alul-mintavételezés

Reverzibilis kódolás: Hatékony kódszó kijelölés, limitált kompresszió, formái: változó szóhosszúságú kódolás (VLC), futamhossz kódolás (RLC)

Memóriamentes forrásra az entrópia:

$$H = -\sum_{k=1}^{L} p_k ldp_k$$

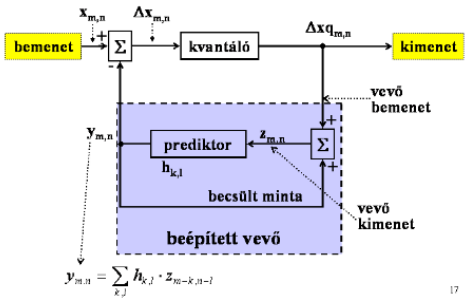
L: forrásszimbólumok száma, p_k: a k. szimbólum előfordulási valószínűsége, R: kódolt adatfolyam sebessége, $R \geq H$

Változó szóhosszúságú kódolás: VLC, gyakori szimbólumokhoz rövidebb kódszót rendelünk→ az átlagos szóhossz csökken, ismerni kell az előfordulási valószínűségeket, legyen önszinkronizáló, átlagos szóhossz közelítsen az entrópiához, megvalósítás: Huffman, Aritmetikai

Futamhossz kódolás: RLC, olyan adatfolyamra ahol sok 0 vagy 1-es van egymás mellett, bináris adat integer számok sorozatába kerül, maga a futamhossz kódolható binárisan vagy Huffmanban, pl: { 0-ák futási hossza; nem 0 amplitúdók }

Prediktív kódolás: térbeli/időbeli, $x_{m,n}$ minta közvetlen kódolása helyett egy becsült mintához képesti <u>különbséget</u> kódoljuk, a becsült mintát az $x_{m,n}$ minta környezetében lévő minták valamilyen súlyozott összegéből állítjuk elő

A predikciós kódoló tömbvázlata



Transzformációs kódolás: A mintákat NxN-es blokkokra osztjuk, majd a transzformáció mátrixával transzformáljuk

DCT: természetes képeket majdnem tökéletesen dekorrelálja, a jelenergia nagy részét néhány un. kisfrekvenciás koefficiens hordozza, gyors algoritmusok, hibái: blokkosodás, Gibbs oszcilláció

Együtthatók kvantálása: blokkonként történik, kvantálási mátrixszal

$$X'(k,l) = \frac{X(k,l)}{W(k,l)}$$

W(k,l) a (k,l) pozicióbeli kvantálási lépcső, optimalizálás: SNR-re vagy HVS-re, kvantálás után az együtthatók nagy része 0 lesz, értékes együtthatók megkeresése: fix tartomány, értékes együttható+pozíció, cikk-cakk kódolás(0-ákra futamhossz kódolás)

Mozgásbecslés: kamera mozgás (zoom, úsztatás, mozgatás, döntés, billentés), tárgy mozgások (forgás, elfordulás, mozgás), módszerek: mozgáskompenzált interpoláció, mozgáskompenzált predikció

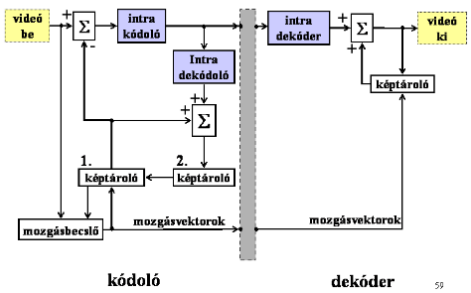
Mozgáskompenzált interpoláció: kihagynak teljes képeket lassú képtartalom esetén, a vevő ismételhet, interpolálhat vagy jósolhat.

Mozgásbecslés alapú predikció: a költségfüggvények alkalmazásával keressük a mozgásvektorokat, világosságjel alapján, képet blokkokra osztjuk

Költségfüggvények: SAD(Summed Absolute Difference) $SAD(u,v) = \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}|B_{akt}(m,n) - B_{ref}(m-u,n-v)|$, SSE(Summed Square Error) $SSE(u,v) = \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left(B_{akt}(m,n) - B_{ref}(m-u,n-v)\right)^2$

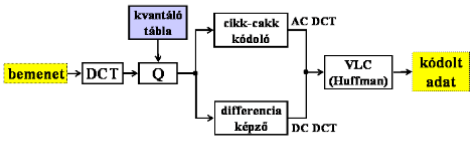
Hibrid kódolás: legalább 2 különböző kódolási technika, intra ált. transzformációs, inter prediktív; a predikciót mozgásinformációval javítjuk, hogy a hibakép minimális legyen→mozgáskompenzáció, mozgásvektor keresés→ mozgásbecslés

Hibrid kódoló-dekódoló



3. MPEG

DCT alapú szekvenciális JPEG kódoló



DCT: diszkrét koszinusz transzformáció

Q : kvantáló

VLC: változó szóhosszra kódoló

4

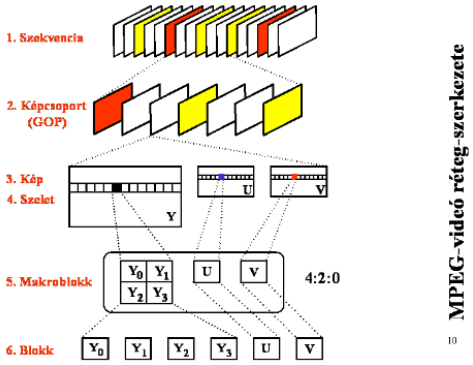
MPEG-1: alacsony bitsebesség, 1,5Mbit/s, progresszív

MPEG-2: műsorszórás(DVB), 2-6Mbit/s, stúdiótechnika, DVD

MPEG-4: interaktív multimédia objektumorientált szabványa, AVC

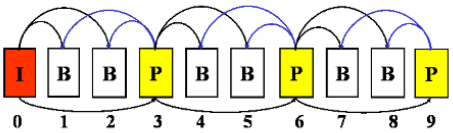
MPEG videókódolás: DCT+mozgáskompenzáció, réteges kódolás

MPEG rétegek: 1.Szekvencia réteg: kódolt szekvenciát azonosítja 2.Képcsoport réteg: Group Of Pictures, legalább egy önmagában kódolt képet tartalmazó képegyüttes 3.Képréteg: egy kép kódolt adatait tartalmazza 4.Szelet réteg: MB-ok sorfolytonos csoportja 5.Makroblokk réteg: általában az Y 16x16-os blokkjaiból áll 6.Blokk réteg a MB 8x8-as blokkjai

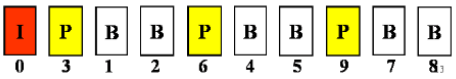


Képtípusok: Intra coded: önmagában kódolt, Predictive: múltból prediktíven kódolt, Bidirectionally: kétirányból kódolt, referenciája az előző és következő kép, B kép nem lehet referencia

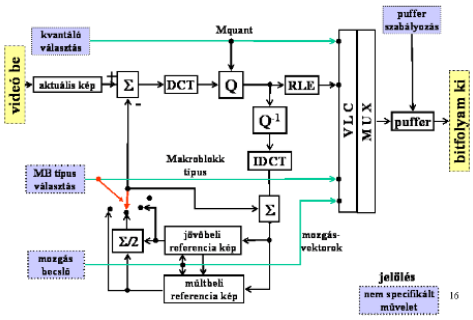
Kijelzési képsorrend



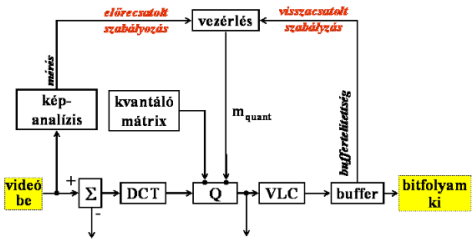
Átviteli képsorrend



MPEG videókódoló felépítése



Konstans bitsebességű kódolás: CBR, a kódoló kimenetén az időegység alatt keletkezett bitek száma erősen változik, de a legtöbb átviteli csatorna konstans bitsebességet igényel, megoldás: puffer a kimenetre, előrecsatolt bitsebesség szabályozás: kép és MB szintű szabályozás, visszacsatolt: lokális szabályozás a buffer telítettséget figyelve

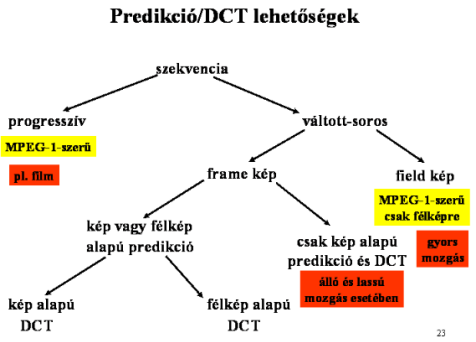


Változó bitsebességű kódolás: VBR, nyílthurkú: nincs puffer szabályozás, olvasás vezérelhető eszközről(DVD), konstans skálafaktorú: kvantálási zajt egyenletesen

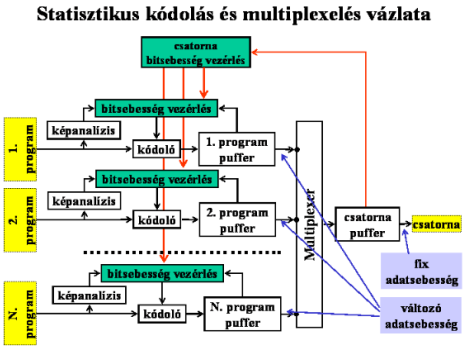
teríti, konstans képminőség: skálafaktor képtartalomhoz igazítása visszacsatolt: pufferrel simítjuk a változó bitsebességet mielőtt a csatornára kerül

MPEG-1 paraméterek: 4:2:0, f_{kep} = 24,25,29.97,30..., max képméret: 4095x4095, letölthető kvantálási mátrix, I,P,B képek, progresszív

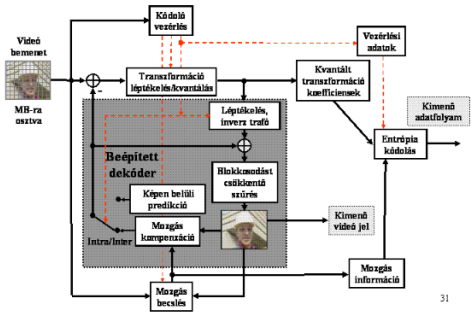
MPEG-2 paraméterek: MPEG-1-re épül, váltott soros, kép/félkép, profile-level szerkezet



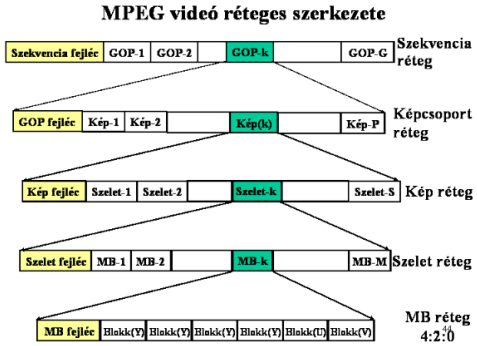
Profile-level: MPEG-2 osztályokat definiál, melyek meghatározzák a dekódoláshoz szükséges képességeket, profile a mintavételi formátumokat, a képtípusokat, és az egyéb kódolási eszközöket definiálják, level a képméretet, bitsebességet és képfrekvenciát határozzák meg, level-ek: Low, Main, 422P@ML, High



Advanced Video Coding: lényegesen jobb videó minőség, tartalom adaptív méret állítás, képen belüli predikció, sok képes időbeni predikció, blokkosodásgátló szűrő, pontosabb mozgáskompenzáció, javított hatékonyságú entrópiakódolás, cél az SD és kisebb felbontások támogatása (8bit/minta, 4:2:0), 3 profil: Baseline, Main, Extended, majd újakat dolgoztak ki: HP, Hi10P, H422P, H444P

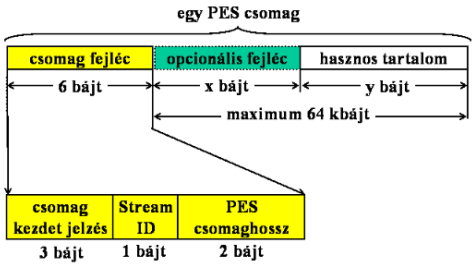


MPEG felépítés: Szekvencia fejléc:képméret, képfrekvencia, bitsebesség/VBR jelző, kvantálási mátrixok Képcsoport fejléc: időkód, nyílt/zárt GOP flag Képfejléc: kép kijelzési sorszáma GOP-on belül, kép típusa, mozgásvektor pontossága, mozgásvektor tartománykód Szeletfejléc: vertikális pozíció, kvantálási skálafaktor MB fejléc: MB címkülönbség és típus, új M_{quant}, (mozgásvektorok) | Szekvencia GOP kép szelet fejléce előtt 4 bájtos szinkronszó



Csomagolt elemi adatfolyam: PES, elemi komponens kódolt adataiból létrehozott azonos azonosítóval rendelkező csomagok folyamatos sorozata a PES, változó hossz, minimum 6 bájt fejléc ebből első 3 startkód, 4. byte adatfolyamazonosító,

A PES csomag általános felépítése

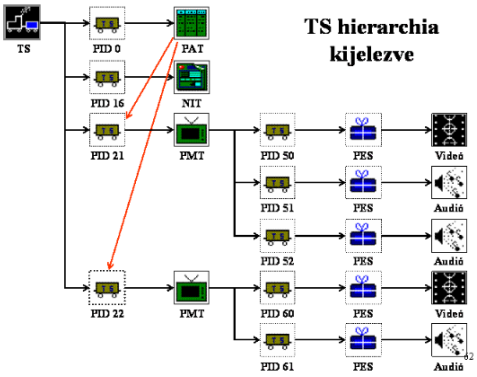


Transzport adatfolyam: TS, zajos környezetre tervezve, fix méret, sebesség fix vagy változó,

TS fejléc: szinkron byte: 47H, átviteli hiba jelzés 1 bit, csomag azonosító (PID), feltételes hozzáférés jelzés, csomag folytonossági számláló, PCR (rendszerórajel periódusait számlálja)

MPEG-PSI: Programspecifikus információk, TS feldolgozásához ismerni kell a komponenseket → a 0-ás PID-ű csomagok tartalomjegyzékek (PAT), tényleges felépítésre nincs hely, csak azokat az elérési címeket tartalmazza, ahol az egyes progok felépítése van

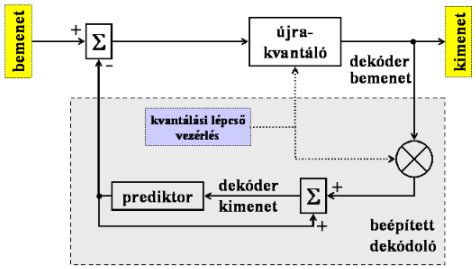
PSI-hez tartozó táblák: PAT: TS program hozzárendelési tábla PMT: Egyedi program térkép tábla NIT: hálózat információs tábla CAT: feltételes hozzáférési tábla



4. Audió bitsebesség csökkentés

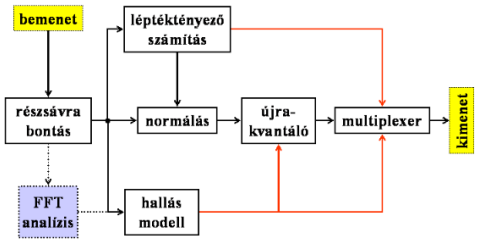
Prediktív kódolás: a becsült és eredeti minta különbségének újrakvantálása

Prediktív kódoló vázlata



Részsávos kódolás: Sub-band coding, a hang spektruma nem egyenletes szerkezetű, sávokra bontjuk, kihasználjuk a hallás-elfedési jelenségeket, részsávonkénti maszkolási szint, újrakvantálási zaj ezen maszk alá kerüljön

A részsávos kódoló vázlata



Transzformációs kódolás: áttérés egy másik síkra, DCT vagy MDCT, dinamikus ablakozás

Pszicho-akusztikus kódolásnál figyelembe vesszük: abszolút hallásküszöb, kritikus sávok, frekvenciatartománybeli elfedés, dinamikus hallásküszöb, időtartománybeli elfedés, hang tonalitása, frekvenciától függő hallás pontosság

Kritikus sávok: a frekvenciatartományt fel lehet osztani kritikus sávokra, melyek sávszélessége a frekvenciával nő, kritikus sávon belül a komponensek teljesítményben összegződnek.

Elfedés: a spektrumból kiemelkedő tonális komponensek megemelik a frekvenciatartománybeli hallásküszöböt

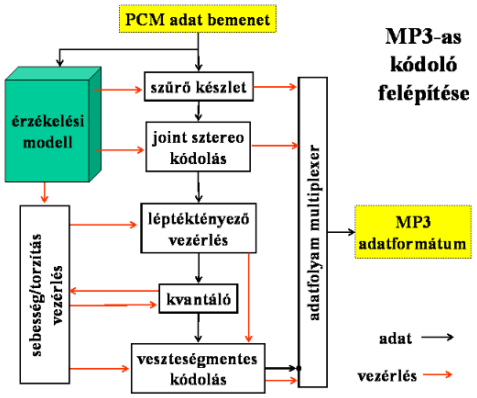
Tonalitás és frekvencia pontosság: hallásunk a harmonikus hangok tisztaságára érzékenyebb, mint a zajjelegű hangokéra, mély hangokra nagyobb pontosságigény

MPEG kódolás: 48, 44.1, 32kHz mintavételi frekvencia, kimeneti adatsebesség 32-384kbit/s, mono, sztereo, kettős, kapcsolt-sztereo, csak a kimenet szabványos, 3 réteg definiált

MPEG-1 I.réteg: MUSICAM egyszerűsített változata, kis komplexitás, rövid kódolási késleltetés, nagy időfelbontás, alkalmazás: DCC, 192...448kb/s/csatorna

MPEG-1 II.réteg: bonyolult kóder, egyszerű dekóder, rövid késleltetés, editálhatóság, konstans kerethossz, alkalmazás: DAB/DVB műsorszórás, ISDN, 80...256kbit/s sugárzásra

MPEG-1 III.réteg: részsávonként MDCT transzformáció, Huffman kódolás, adaptív bitsebesség vezérlés, kódolás/dekódolás késleltetése megnő, bonyolult kóder/dekóder, hatékony tömörítés, alkalmazás: műholdas műsorszórás, internet rádió, mp3 fájl letöltés



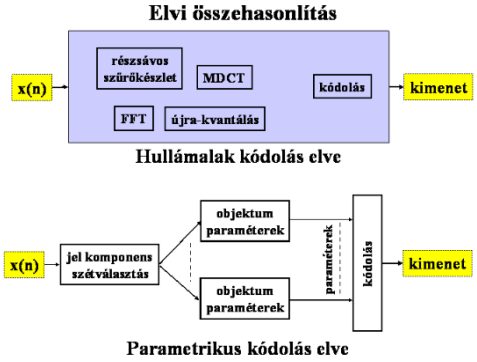
MPEG-2 audió: új kiterjesztések, visszafele kompatibilis, kisebb mintavételi frekvenciák, később AAC

Low Sampling Frequency: hang érzékelési entrópiája nem függ a mintavételi frekvenciától, 16, 22.5, 24kHz-et vezetnek be, a hangminőség 64kbps alatt lényegesen jobb lesz

Kompatibilitás: Surround(3/2 és 5+1) zenei műsorok és többnyelvű átvitel biztosítására, visszafele kompatibilitás: többcsatornás bitfolyamból MPEG-1 dekóder is képes legyen a sztereo előállításra, lefele kompatibilitás: 3/2 hanganyagot kevesebb csatornán is lehessen hallgatni, előre kompatibilitás: MPEG-2 dekóder képes legyen dekódolni az MPEG-1 bitfolyamot

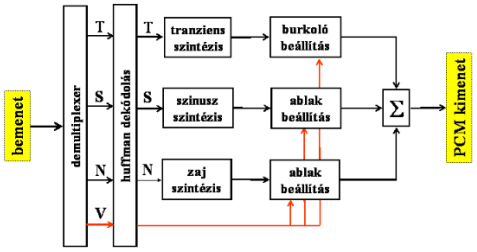
MPEG-2 AAC: minden mintavételi frek támogatása, csatornakiosztásra az 1/0-tól az 5+1-ig minden, az eredeti kevesebb csatornán is reprodukálható legyen, nagy bitsebességmegtakarítás, eredetitől megkülönböztethetetlen minőség, audió objektumorientáltság, különböző kódolási technikák: parametrikus kódolás, CELP, AAC

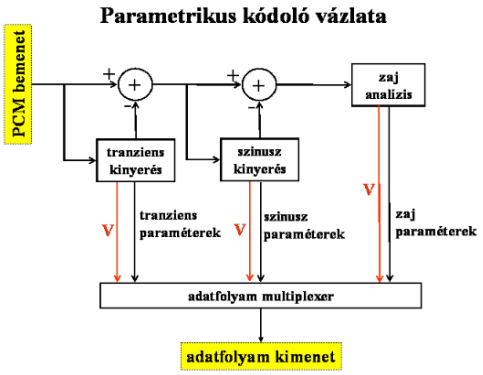
Paremetrikus kódolások: Forrás modell elvű megközelítés, kiaknázza a forrás modell sajátosságait + emberi hallás korlátait, tartalom szétválasztása olyan tartalom komponensekre, melyek külön-külön nagyon alacsony adatsebességgel kódolhatók, a jelet eseményekre (objektumokra bontjuk), jellegzetes tranziens és szinuszos komponenseket keresünk, maradékot zajként kódoljuk

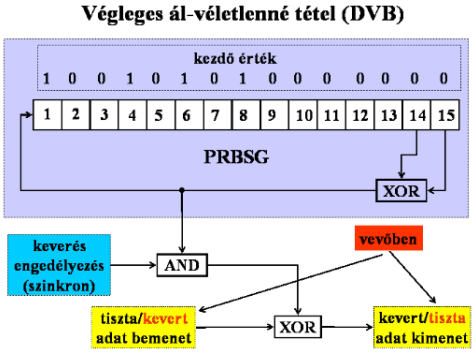


Kódolt paraméterek: frekvencia differenciálisan, amplitúdó differenciálisan, fázis, kódolási keretről keretre becslés

Parametrikus dekódoló vázlata

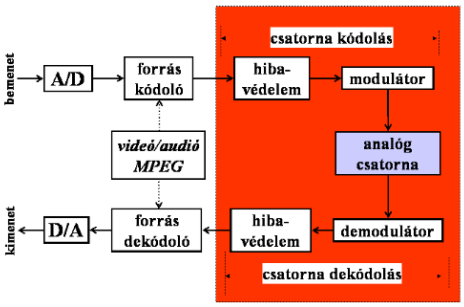






5. DVB

Integrated Digital Television: IDTV, az a vevő, amely beépítetten tartalmazza a digitális csatorna- és forrásdekódolást végző áramköröket és a kijelzőt is, a vevőnek upgrade-elhetőnek kell lennie



Spektrumterítés: alapkövetelmény a zavartatással szembeni robosztusság → kerülendő a konstans frekvenciájú színuszos vivő, az adatot álvéletlenné kell tenni a hibavédelem előtt, Pseudo Random Bit Sequency Generator és adatfolyam bitjeinek XOR-olása, vevő ismerje a PRBSG felépítést, inditás idejét, kezdő állapotát, indulási időpont jelzését egy nem keverhető szinkron adatfolyam biztosítja

Hibavédelem: Külső hibavédelmi kódolás csomaghibák egyes hibákká történő szétszórása utáni rövidebb hibák javítására Átszövési eljárás: a csomaghibák feldarabolására és szétszórására Belső hibavédelmi kódolás: az átviteli úton keletkező véletlen (nem csomag)hibák javítására

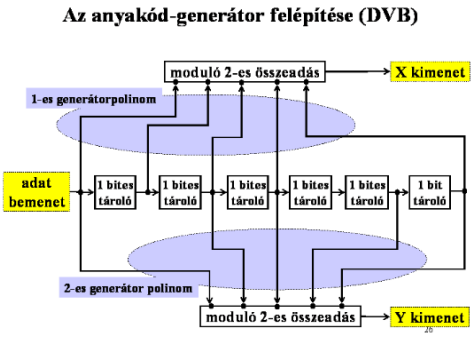
Külső hibavédelmi kódolás: Reed-Solomon lineáris blokk kódolás, paraméterei: blokkonkénti eredeti üzenet szimbólumok száma(k), kódolás után a blokkban lévő szimbólumok száma(n) → RS(n,k), (d_{min}: min Hamming táv, t:javítható szimbszám) $t = \frac{d_{min}-1}{2}$, $d_{min} = n - k + 1$, az RS az MPEG-2 TS csomag struktúrára alapul, 188 bájthoz 16(n-k) redundancia bájtot generál, így 204 bájtosak lesznek

Konvolúciós átszövés: nem egy TS csomag saját adat tartalmán belül történik, RS a blokkon belüli hibát javítja, 12 egymás utáni RS kódolt blokkból áll össze, javítható max hibahossz: 12x8=96bájt

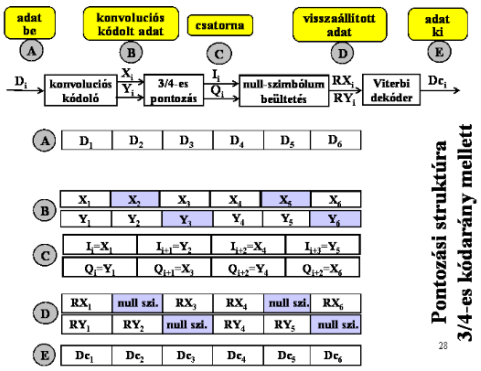
Belső hibavédelem: pontozott konvolúciós kódolás, jellemzői az anyakód kódarányú(1/2) és kényszerített mélysége(7)

Kényszerített mélység: egy bemenő bitet az eredeti bemenő bitfolyam hány egymás utáni bitjéből számítunk ki, DVB:7, a kimenetet a 6 előző és az aktuális bemenő bit alapján határozzuk meg az anyakóddal

Kódarány: 1/2-es kódarány azt jelenti, hogy minden bemenő bithez 2 kimenő bitet generálunk



Anyakód pontozása: amikor kijelöljük azokat a biteket amelyeket ténylegesen továbbítani fogunk



6. DVB-S

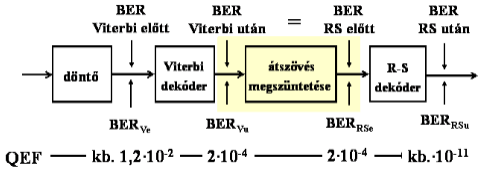
Be-Ki: MPEG-2 → QPSK

Quasi Error Free: max 1 nem javított hiba 1 műsor óra alatt

Kódarányok vs adatsebesség: $R_S = B_W/1.28$ $R_U = 2R_S r(188/204)$ R_U bitseb MUX után, R_S szimbólumsebesség, B_W 3dB transzponder sávszélesség, r kódarány

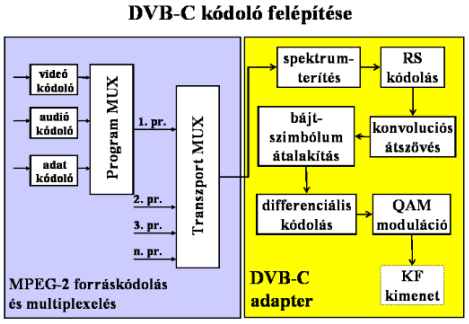
Moduláció: Gray leképzésű QPSK

Spektrumformálás: áthallás leszabályozására, olyan legyen hogy a vevőben a jelzési frekvencia felére pontszimmetrikus legyen az amplitúdóspektrum, emelt koszinusz karakterisztika

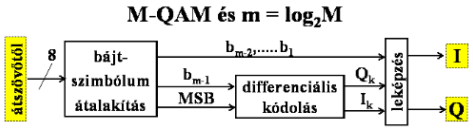


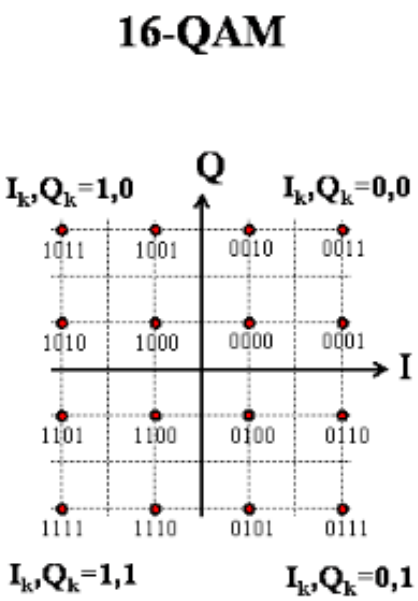
7. DVB-C

Eltérés az S-től: bájt-szimbólum átalakítás, speciális differenciális kódolás, QAM moduláció



Bájt-szimbólum átalakítás: az alkalmazott moduláció által használt szimbólumok számának megfelelően kell felbontani a bájtokat, szimbólumszám: m, akkor 8k=nm, pl 32-QAM-hez 5 bájt 40 bitjéből hozunk létre 8db 5bites szimbólumot, felső 2 bitet differenciálisan kódoljuk, az alsó bitek elhelyezkedése síknegyedfüggetlen



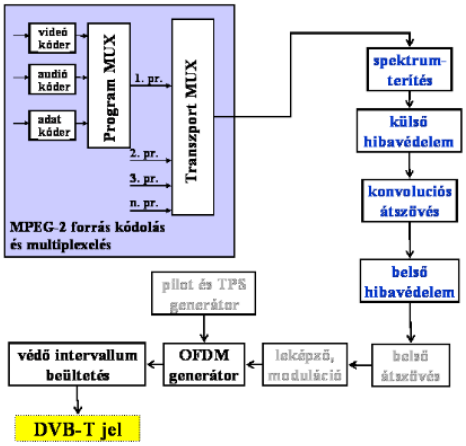


Spektrumformálás: négyzetgyök emelkedésű koszinusz karakterisztikával, $\alpha = 15\%$

Bitsebesség: $R_{RS} = R_S log_2(M)$, $R_U = R_{RS}(188/204)$

8. DVB-T

Tulajdonságok: bemenet: MPEG-2 TS, spektrumterítés, RS külső hibavédelem, konvoluciós átszövés, pontozott konvolúciós kódolás, belső adat és frekvenciaátszövés, konstellációs leképzés, OFDM előállítás, védő intervallum beültetése

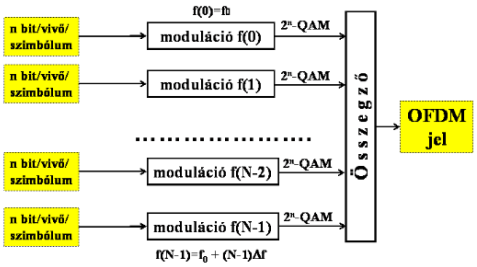


OFDM: a földi csatorna átviteli karakterisztikája némely részsávban jó, másokban teljesen meg is szünhet → az adatfolyamot osszuk fel szorosan egymás mellett kialakított frekvencia részsávokra, a földfelszíni csatornát úgy használjuk mint részsávonként konstans átviteli karakterisztikájú intervallumok szekvenciális sorozatát, az egyes vivőket kevés számú hibavédelemmel ellátott bittel moduláljuk(QPSK,16-64-QAM 6 bit vivőnként)

Védelmi idő: a jeutak késleltetési ideje különböző ezért szimbólum közti áthallás léphet fel → védelmi időintervallum beiktatása, ami nagyobb mint a legnagyobb késleltetési időkülönbség, szimbólumidő legyen nagy, tehát legyen sok vivő

Ortogonalitás: vivők közti interferencia elkerülésére, a szomszédos vivők frekvenciatávolságát a digitális jelzési frekvenciára (szimbólumidő reciproka) választjuk

OFDM jel elvi előállítása



OFDM jellemzők: $P_k(f)$: egyes vivők teljesítménysűrűsége, $f_k = f_c + \frac{k'}{T_S} = f_c + k'\Delta f$ a vivőfrekvencia, $k' = k - \frac{k_{max}-k_{min}}{2}$, akkor az egyes vivők spektrális teljesítménysűrűsége: $P_k(f) = \left[\frac{sin\pi(f-f_k)T_S}{\pi(f-f_k)T_S}\right]$

Keretszerkezet: minden szimbólum tartalmaz lényegi és egyéb információt, utóbbit a referenciavivők hordozzák: szórt pilot, folytonos pilot(fix poz), Transmission Parameter Signaling(rögzített poz), utobbiakat nagyobb teljesítménnyel továbbítjuk(16/9), fázis és AFC célora használja a vevő

Adásparaméterek jelzése: fix frekvenciákon, hordozza az adás paramétereket, DBPSK (differenciális: 0-fázisugrás, 1-nincs változás)

Adatsebesség számítása: $R_U = R_S b CR_I CR_{RS}(T_U/TS)$, R_U: hasznos adatsebesség, R_S: szimbólumsebesség, b:bitszám/vivő, CR_I: belső kódarány, CR_{RS}: RS kódolás kódaránya, T_U: hasznos szimbólumidő, T_S: teljes szimbólumidő

Csatorna modellek: Rice egy domináns jel, alacsonyabb szintű késleltetett jelek, Rayleight sok független eltérő késltetésű jel, erős többutas terjedés Mobil ua mint előző + doppler, Gauss csak termikus zaj

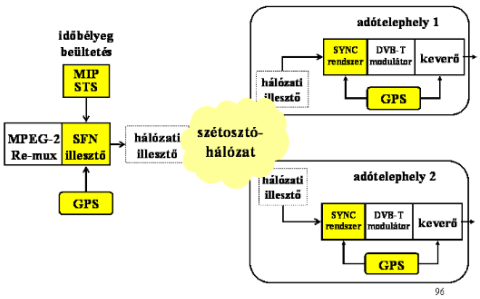
Egyfrekvenciás hálózatok: SFN, nagy terület uagyanazzal a csomaggal, szinkronizáció az adók között, megtakarítás, egyenletes E eloszlás, de ön-interferencia

Frekvencia szinkron: a vivőket minden adónak azonos frekvencián kell sugároznia, szükséges pontosság a vivők távolságától függ(Δf), minden adó az $f_k \pm (\Delta f/1000)$ frekvencián kell sugározni

Idő szinkron: a szimbólumokat egyszerre kell indítani, a védőidő a többutas terjedés miatt van, ezt nem védi

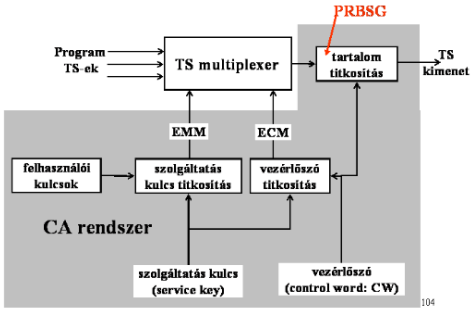
Bit és idő szinkron: időbélyegek+GPS, időzítési infó csak TS csomagba ültethető be, OFDM keret, szinkron invertálás → Megakeret(MK)

Két adós SFN hálózat vázlata

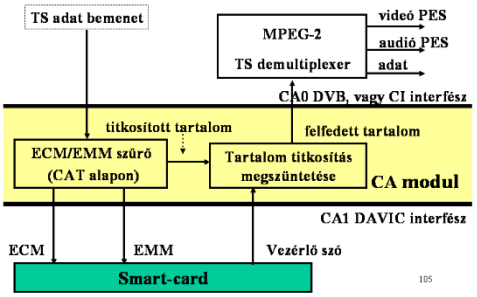


System for Interactive Services: célja az interaktív szolgáltatások rendszermodellje, alacsonyabb visszirányú csatorna a szolgáltató felé(150kbps), lehetőségek: PSTN/ISDN, DECT(rádiós eljárás), GSM, DVB-RCT(szabvány ilyen célra)

Feltételes hozzáférés: Conditional access, szolgáltatás adatait egy vezérlőszó(CW) irányításával összekeverik, a CW-t titkosan továbbítani kell, a CW része a CA-nak, ezért csak jogosult vevők ismerhetik, ECM jogosultság vezérlő üzenet, EMM jogosultságkezelő üzenet, a CA a tartalmat egy CW irányítással összekeveri, CW másodperc sűrűséggel változik és ECM-ben küldik a szolg kulccsal titkosított értékét, a szolgáltatás kulcsot a felhasználói kulccsal titkosítják, és EMM üzenetekben továbbítják



DVB-vevő CA interfészei



9. DVB-H

Megfontolások: Akkumulátoros táplálás, mobil felhasználók, számos vételi mód(gyalogos, jármű), ember által keltett zaj elleni védelem, világszabvány, DVB-T-vel együtt továbbítva, de T ne tudja dekódolni de ne is zavarja

Jellemzők: DVB-T-n alapul, kis komplexitás, handover(szakadásmentes átkapcsolás), IP alapú titkosítás, csökkentett fogyasztás

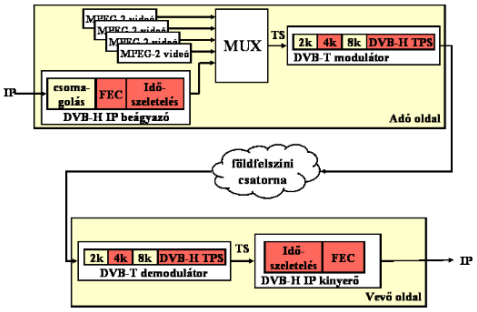
Újdonságok: Időszeletelés, extra hibavédelem, H jelzésrendszer, 4k mód, mélységi átszövés, 5MHz sávszél

Időszeletelés: fogyasztáscsökkentés miatt időbeni felosztás a szolgáltatások között, saját burstök között minimális fogyasztás, nagyobb pillanatnyi sebesség kell

IP Datacast: szolgáltatás, digitális tartalom, szoftver IP adat beültetéssel a műsorszóró tartalommal kombinálható, az IP alkalmazása teszi lehetővé az adatok csomagokban történő továbbítását, vevő legalább 2Mbit-et tudjon tárolni

Extra hibavédelem: C/N, Doppler és impulzuszaj javítás

A DVB-H rendszer felépítése

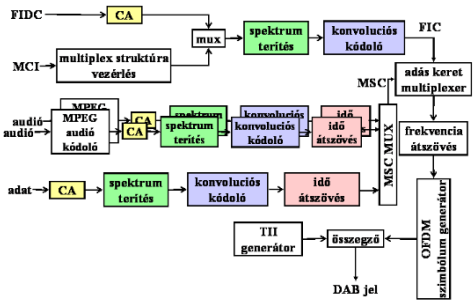


10. DAB

Célok: CD minőségérzet, FM-nél jobb hatékonyság jobb minőség, értéknövelő szolgáltatások, olcsó vevő

Egy keretben: Szinkron csatorna(SC), Gyors adat csatorna(FIC), Fő szolgáltatás csatorna(MSC)

A DAB kódoló funkcionális felépítése



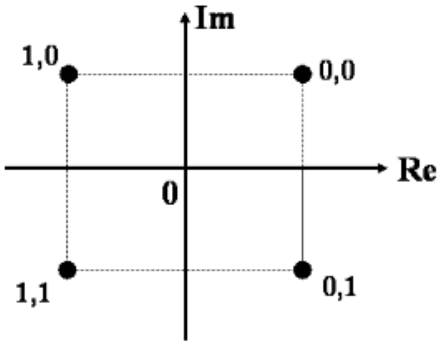
Hangcsatorna átvitele: MSC-ben történik, MPEG-1 II. réteg

Spektrumterítés: digitális jel spektrumát tesszük egyenletessé, DC elnyomás, PRBS keverés

Hibavédelem: 5 féle szint, pontozott konvolúciós kódolás

Idő-átszövés: burst hibák ellen, MSC alcsatornákra, csak FIC-et nem szövik át

Moduláció: OFDM vivőn QPSK

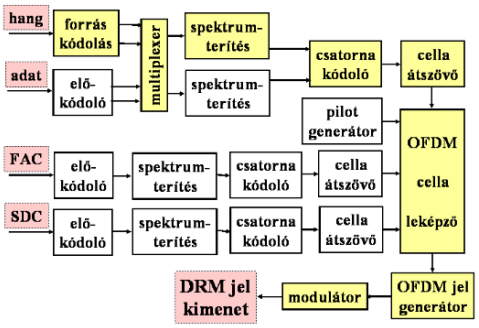


Spektrum: szinkron csatorna keretenként ismételt, fix struktúra, spektrális teljesítmény sűrűségfüggvény: $P_k(f) = \left[\frac{sin\pi(f-f_k)T_S}{\pi(f-f_k)T_S}\right]$

Moduláció megfontolás: nagy frekvenciatartomány, többutas terjedés, nem elég egy modulációs mód, mozgás akadályozza egy szimbólum konstans voltát

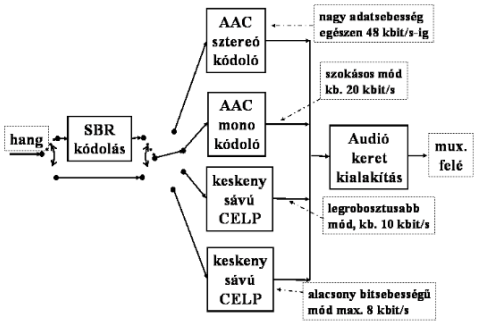
Két redszer: Digital Radio Mundiale:30MHz alatti sávra, tisztán digitális, IBOC DSB: 30MHz alatt, analóg és digitális

DRM: 9,10kHz frekvenciasáv, sebességet tetszőlegesen meg lehet osztani, AVC kódolás, Spectral Band Replication kiegészítéssel, OFDM/QPSK-QAM, időátszövés, hibavédelem(pontozott konvolúció), pilot cellák

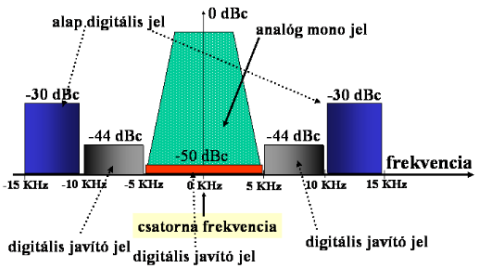


DRM jel előállítása

3 adatcsatorna: főcsatorna(MSC): hang, info, gyors adat csatorna(FAC), szolgáltatás leíró(SDC)



Audió forráskódolás

IBOC DSB: hibrid, jelenlegi analóg tartományban lehet digitálisan is továbbítani, tisztán digitális csak abban az esetben ha az analógot már eltávolították

Hibrid mód teljesítmény spektruma