

1. XYZ (x,y) CIE színmérő származtatása, spektrális színösszetevő függvények.

Probléma:

- Az RGB és r-g CIE színmérő rendszer nem megfelelő, mert a r-g koordináta rendszerben, a görbe nagy része negatív r értékekre esik, ami hátrányos az előjel miatt.
- A fényssűrűség meghatározása bonyolult.

Az XYZ színteret lineáris koordináta transzformációval kapjuk az RGB színtérből, így továbbra is fennáll, hogy egy színingernek egy vektor felel meg.

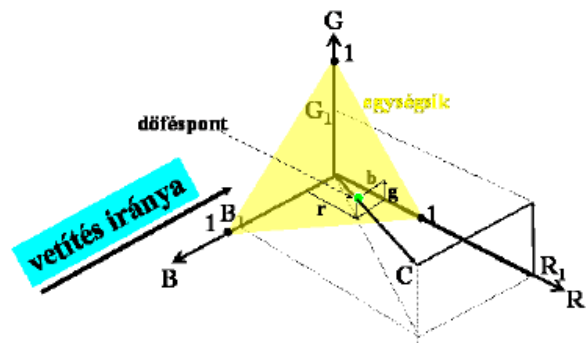
$$[X,Y,Z]_{CIE} = K [R,G,B]_{CIE}$$

A mátrix elemeit a következő szempontok alapján szabványosították:

1. A látható színek X, Y, Z színösszetevői pozitívak legyenek
2. Az 540-700nm közötti hullámhosszú spektrál színek legyenek kikeverhetők csak X és Y színösszetevőkből
3. Az Y színösszetevő a fényssűrűség legyen
4. Az első ténnyelc adatot a látható színek a lehető legnagyobb mértékben töltsék ki
5. Azonos X, Y és Z színösszetevő az egyenlő energiájú fehér

A térproblémát az egységsíkkal és annak vetületével síkproblémává egyszerűsítjük (ugyanúgy, mint a CIE r-g rendszer származtatásánál).

Vagyis, képezzük a színvektorok dőféspontjait az egységsíkkal, majd a Z-tengely irányából rávetítjük azokat az X-Y síkra, a dőféspont koordináták:



$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

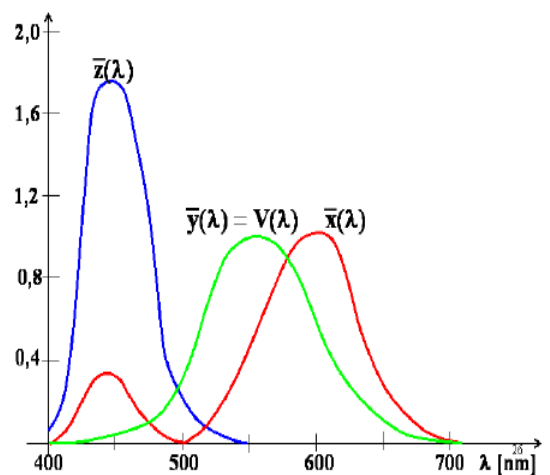
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Mivel $x + y + z = 1$, ezért elég a három közül csak kettőt megadni.

Az egyenlő energiájú fehér az „E” pont, ahol $x = y = z = 1/3$

A CIE X,Y,Z spektrális színösszetevő függvényei



2. A világosság-tv, színezet-tv és telítettség-tv mennyiségek és a területdiagram.

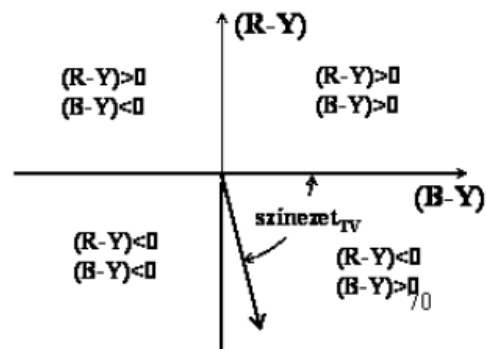
világosság_{TV}: Ez a legegyszerűbb, mert ez az XYZ színmérő származtatásának egyik alap szempontja, hogy a fénysűrűség legyen az Y színösszetevő. Ennek tartománya 0-1-ig terjed, a fekete a 0.

színezet_{TV}: A színekülönbségi jelek alapján. Ez adja a színes TV színmérő rendszerének az alapját, melyben a $(R - Y)/(B - Y)$ koordináta rendszerben ábrázoljuk a színinformációt. Kiszámítható, hogy a három színekülönbségi jel értéktartománya:

$$-0,7 \leq (R - Y) \leq 0,7 \quad -0,41 \leq (G - Y) \leq 0,41 \quad -0,89 \leq (B - Y) \leq 0,89$$

És mivel a továbbítandó mindig a nagyobb értéktartományú jel, amik itt a vörös $(R - Y)$ és a kék $(B - Y)$ színekülönbségi jelek, ezért ezt a koordináta rendszert használjuk a gyakorlatban. Innen ered:

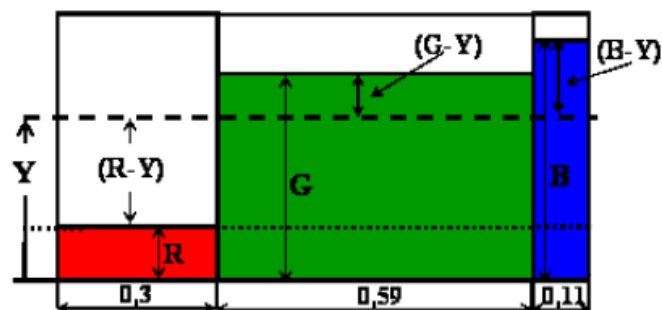
$$\text{színezet}_{TV} = \arctg \frac{(R - Y)}{(B - Y)}$$



telítettség_{TV}: Megadja, hogy egy színiger mennyire van „hígítva” fehér színnel és értékét 1-nek vesszük, ha a színpont rajta van az FCC színháromszög kerületén, vagy egyik csúcán (azaz kvázi-spektrálszín) és 0-nak, ha a „C” fehérben van.

1. Keressük meg a legkisebb alapszín összetevőt (példában az R)
2. Ennek magasságában húzzunk egy egyenest, ami a kérdéses alapszín kettéosztja
3. Egyrészt kapunk egy R magasságnyi C fehérét
4. Másrészt egy kvázi-spektrálszín, ami esetünkben nem tartalmaz R összetevőt
5. Kérdés a Kvázi-spektrál szín fénysűrűsége, ami meghatározható, hiszen a kettéosztás kettéosztja a fénysűrűséget is, aminek eredményeképpen a „C” fehér rész fénysűrűsége R, míg a maradék fénysűrűsége: az eredeti fénysűrűség - R

Példa:



Területdiagram: Az FCC alapszínek és a „C” fehér használata esetén, az eredő szín fénysűrűségét az alábbi összefüggés írja le:

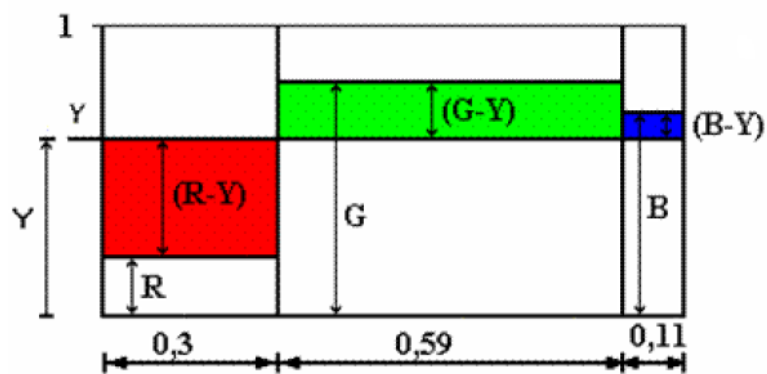
$$Y = 0,3 \cdot R + 0,59 \cdot G + 0,11 \cdot B$$

$$0 = 0,3 \cdot (R - Y) + 0,59 \cdot (G - Y) + 0,11 \cdot (B - Y)$$

A két egyenletet grafikususan, a területdiagram ábrázolja.

1. A színkülönbségi jelek Y alatti területei egyelők az Y feletti területekkel
2. E téglalapok magasságai: $(R - Y)$, $(G - Y)$, $(B - Y)$
3. Nem függenek egymástól, kettőből számítható a harmadik.
4. Előjeles mennyiségek
5. Ha kettő 0, akkor a harmadik is, ilyenkor: $R = G = B = Y$ azaz a „C” fehér

Példa:



3. Képfelbontás, fúziós frekvencia, váltott-soros letapogatás, sorszám, képfrekvencia.

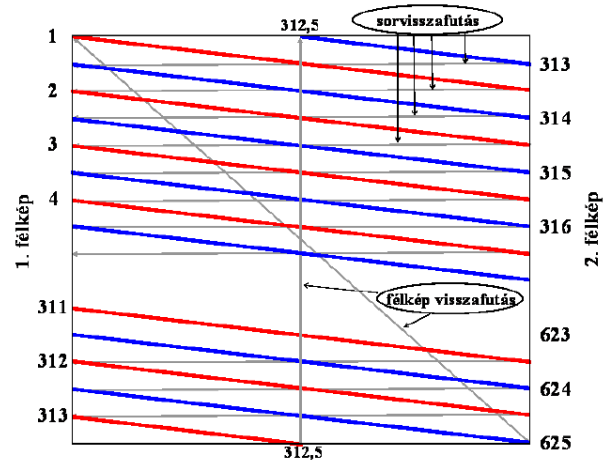
Képfelbontás: A szokásos nézőtávolságot, a képméretarányokat, és a szem felbontóképességét figyelembe véve, a szükséges képelemek száma kb. 500 ezer per kép, ami 600 sorban 800 képelemnek felel meg. A televíziós készülékek szokásos átlagos néző távolsága (D) a képernyő magasságának (V) hatszorosa. $D = 6V$

SD (Standard Definition) alap-paraméterek

	Európai	Amerikai-Japán
Sorszám/kép	625 (576)	525 (480)
Képfrekvencia (Hz)	25	30 (29,97)
Félkép frekvencia (Hz)	50	60 (59,94)
Félkép idő (ms)	20	16,66 (16,68)
Sorfrekvencia (Hz)	15625	15750 (15734,2...)
Soridő (μs)	64 (H)	63,4 (63,556)

Fúziós frekvencia: Az a frekvencia, ami fölött villogásmentesnek érzékelünk egy képet. Ez kb. 48-50Hz. A folyamatos mozgás benyomásához elég ennek a fele is (25Hz).

Váltott-soros letapogatás (interlace): Egy függőleges lefutás alatt a kép minden második sorának letapogatása. Ezt a képet „Field”-nek hívjuk, ami egy teljes kép minden második sora által alkotott kép. A sorok közbeszövésének ez a módszere csak páratlan sorszám esetén valósítható meg egyszerűen és olcsón.



Sorszám: A szokásos nézési körülmények között a látás által még éppen megkülönböztethető függőleges képelemek (azaz sorok) száma:

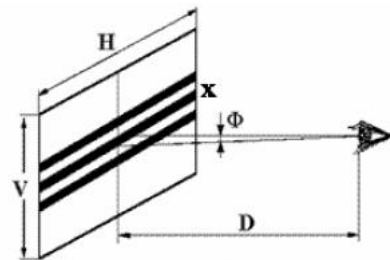
$$n_V = \frac{V}{x} = \frac{V}{2 \cdot D \cdot \tan \frac{\Phi}{2}} \Big|_{\Phi \ll 1 \text{ rad}} = \frac{V}{2 \cdot D \cdot \frac{\Phi [\text{rad}]}{2}} = \frac{V}{D \cdot \Phi [\text{rad}]}$$

$$n_V |_{\Phi=1'} = 3420 \frac{V}{D}$$

Ha $V/D = 1/6$, akkor $n_V = 573$, ami nagyjából egyezik az európai rendszer sorszámával (625).

Ahol a vonalvastagság:

$$x = 2 \cdot D \cdot \tan \frac{\Phi}{2}$$

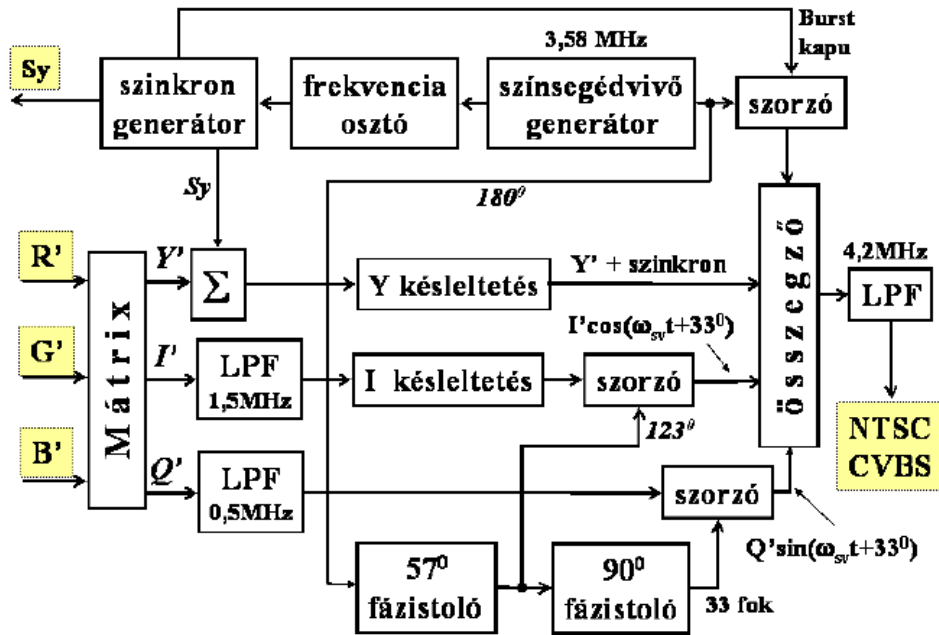


Olyan képek esetén, amelyekben a sortávolsággal azonos vastagságú vízszintes vonalak találhatók, megjelenik egy sajátos zaj, a flicker (sorvillogás). Oka, hogy a váltott soros letapogatás egyszer kijelzi, egyszer nem jelzi ki, és így a fúziós frekvencia alatti, 25Hz körüli villogást eredményez.

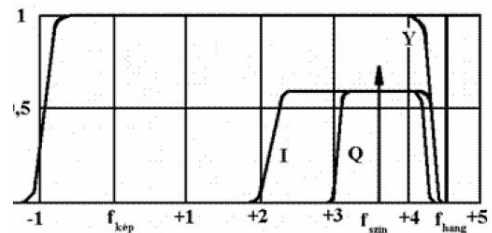
Képfrekvencia: Az 50-60Hz képváltási frekvenciára csak a villogásmentes kép biztosításához van szükség. A filmszínházak gyakorlatát alapul véve a folyamatos mozgás benyomásának keltéséhez elegendő ennek a fele is, azaz 20-25 kép/sec. Innen ered, hogy Európában 25 Hz a képfrekvencia, Amerikában pedig 30 Hz.

4. NTSC kódoló és dekódoló tömbvázlata és működése.

NTSC kódoló tömbvázlata

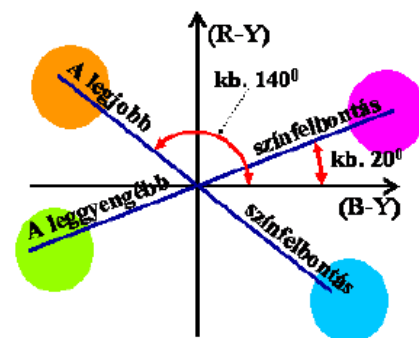


Az NTSC (National Television System Comitee) rendszer kódolásánál két színkülönbségi jelet QAM modulációval transzponálják a világossági jel sávjának felső részébe. A QAM- jelhez nem teszik hozzá a segédvívöt. A vevő demodulátorának azonban szüksége van a fázishelyes segédvívőre. Ezért a sorkioltó jel vállán kb. 10 periódusnyi segédvívöt továbbítanak a színdemodulátor számára.



Az NTSC kódoló késleltető áramkörére azért van szükség, mert a transzponált színkülönbségi jelek előállításánál a sávkorlátozó és szorzó áramkörön áthaladó jelek időben késleltetést szenvednek.

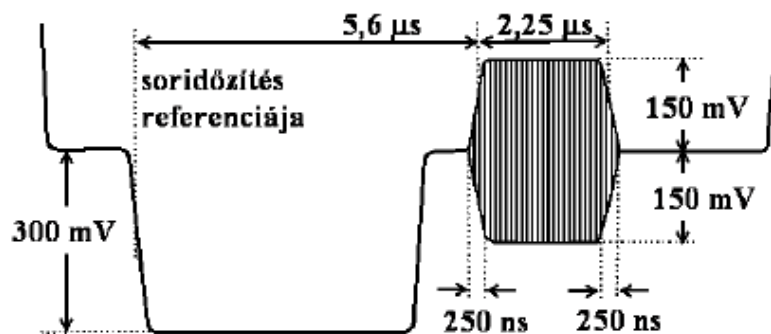
A legjobb színfelbontás irányában is kb. 3-szor, míg a legrosszabbra 8-szor gyengébb, mint a fekete-fehérre. Ha Y jel 4 MHz sávszélességű, akkor, a színkülönbségi jelekre elegendő 0,5-1,3 MHz sávszél.



Legjobb felbontás: narancs – kékeszöld
Legrosszabb: sárgászöld – kékeslila

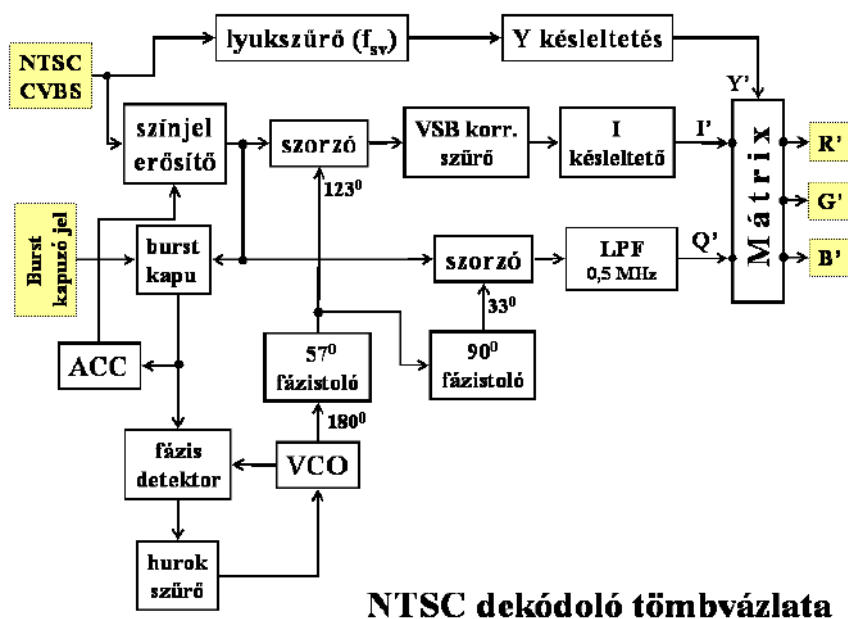
A modulált szín-segédvívó amplitúdójára a legkézenfekvőbb az az előírás lenne, hogy legyen akkora, mint amekkora a $(R - Y)/(B - Y)$ koordináta-rendszerben a színvektor hossza. Ez azonban nem engedhető meg, mert a modulált segédvívó az Y jelre van ültetve, így egyes színek esetén előfordulhatna, hogy a segédvívó csúcserképei túllépnék a fehér-, ill. fekete szintet. Ezért alkalmaznak úgynevezett redukciós tényezőket a színkülönbségi tengelyekre: $k_R=1/1,14$, $k_B=1/2,03$. Így megkapjuk U és V tengelyeket, amikből a HVS szín érzékenységet kihasználva 33° fokkal történő forgatásából megkapjuk I és Q jeleket.

A burst jel frekvenciája megegyezik a szín-segédvívó frekvenciájával, fázisa pedig 180° az $(R - Y)/(B - Y)$ koordináta-rendszerben, azaz, fázisa megfelel a $-(B - Y)$ iránynak. A burst jel a sorszinkron jel után kerül továbbításra, de szünetel a képkioltó jelek alatt. A kapu áramkör csak a sorkioltások idején, kb. 2,75 ms idő alatt engedi át a szín-segédvívót.



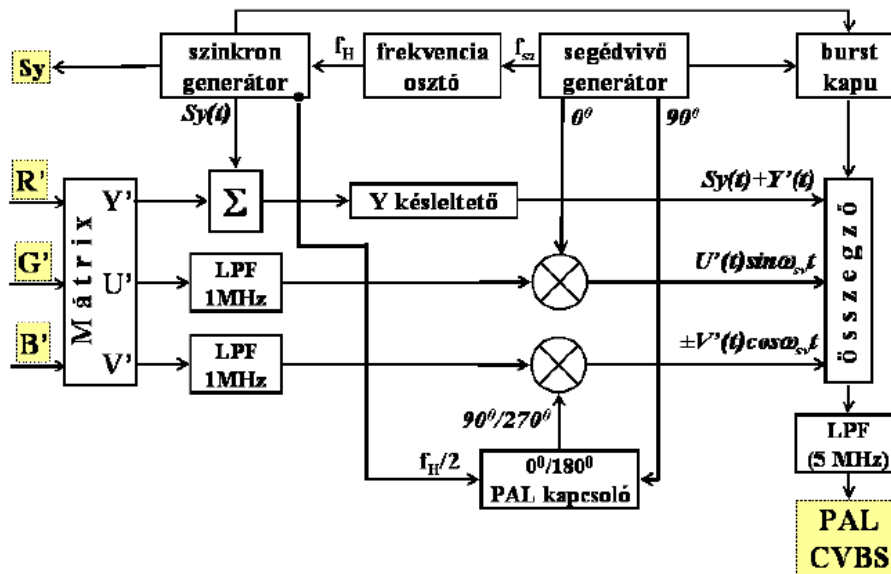
A segédvívó sorsfrekvenciája – 3,58 MHz – a felsorsfrekvencia páratlan többszöröse, azért, mert úgy zavarja legkevésbé a világosságjelet. A kamera órajelét a szín-segédvívó leosztásából nyerik. Ez kerül a vezérlőjel generátorra.

A dekódoló az összetett színes videojelet dekódolja, visszanyeri belőle az R, G és B színjeleket. A világosság jel mellé 2 külön szorzó demodulátorral helyreállítjuk a 2 színkülönbségi jelet. Ehhez fázishelyesen elő kell állítani a burst jelből a két, 90 fok fáziskülönbségű segédvívót. Ha a demodulátort kimenetén az összetett színes videojelben a QAM jel és a burst jel egymáshoz viszonyított fázishelyzete nem pontosan ugyanolyan, mint az adóban, akkor hamis színt kapunk.



5. PAL kódoló és dekódoló tömbvázlata és működése.

PAL kódoló felépítése



A PAL-rendszert (Phase Alternation Line) az NTSC-rendszer fázisérzékenységének kiküszöbölésére dolgozták ki Európában. A színelkülönbségi jeleket itt is QAM-mal transzponálják, a világosság jel sávjának felső részébe. A fázisérzékenység csökkentésére kidolgozták a soronkénti fázisváltás elvét. Az eljárás lényege, hogy minden 2. sorban a vörös (U) színelkülönbségi jel szín-segédvívójének fázisát 180 fokkal megfordítják.

Képezzük két egymás utáni tv-sorban lévő vízszintes összetevő összegének felét:

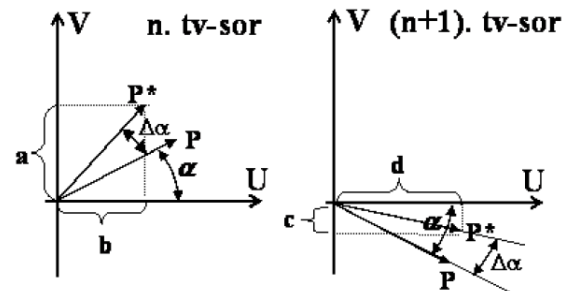
$$\frac{b + d}{2} = \frac{|P^*|}{2} [\cos(\alpha + \Delta\alpha) + \cos(-\alpha + \Delta\alpha)]$$

$$= |P| \cos\alpha \cos\Delta\alpha$$

Látható hogy a fázishiba $\cos\Delta\alpha$ arányban csökkenti az eredményt. A függőleges összetevők különbségének felénél is $\cos\Delta\alpha$ arányban csökken az eredmény:

$$\frac{a - c}{2} = \frac{|P^*|}{2} [\sin(\alpha + \Delta\alpha) - \sin(-\alpha + \Delta\alpha)]$$

$$= |P| \sin\alpha \cos\Delta\alpha$$



Látszik, hogy a színezet_{TV} nem, csak a vektor hossza, tehát a telítettség_{TV} hossza csökken.

A burst jelet itt is a sorkioltás ideje alatt továbbítják. Feladatai:

- Mintát ad a vevő számára a szín-segédvívó fázishelyes előállítására
- Jelzi, hogy a vörös színelkülönbségi jel segédvívójának fázisa melyik sorban kapott 180 fokos fázistolást.

E kettős feladat ellátására a burst jelet az egyik sorban 135 fokos, a másik sorban pedig 225 fokos fázistolással továbbítják. A két szög átlaga 180 fokot ad.

A szín-segédvívó moduláló jelei:

A gyakorlatban nincs jelentősége annak, hogy az I jel sávszélességét 1,5 MHz a Q jelét pedig 0,5MHz-re választották. Így visszatértek a (R - Y)/(B - Y) színjelekre, a redukciós tényezők megtartásával.

A szín-segédvívó frekvencia: A soronkénti fázisváltás miatt más, mint az NTSC-ben (a sorfrekvencia felének páratlan számú többszöröse).

A megoldás: a szín segédvívó frekvenciát a sorfrekvencia negyedrészének páratlan számú többszörösére kellett választani. Ez még így nem volt jó, mert jól látható zavart okozott, ezért a szabályosságot megtörték azzal, hogy a segédvívó frekvenciát a fentiekhez képest még 25Hz-el a képfrekvenciával megnövelték. Ez a spektrumban észrevehetetlen, miközben megtörte a segédvívó okozta zavart.

A PAL megvalósítását az tette lehetővé, hogy nagy mennyiségben elő tudtak állítani sor idejű késleltetőt.

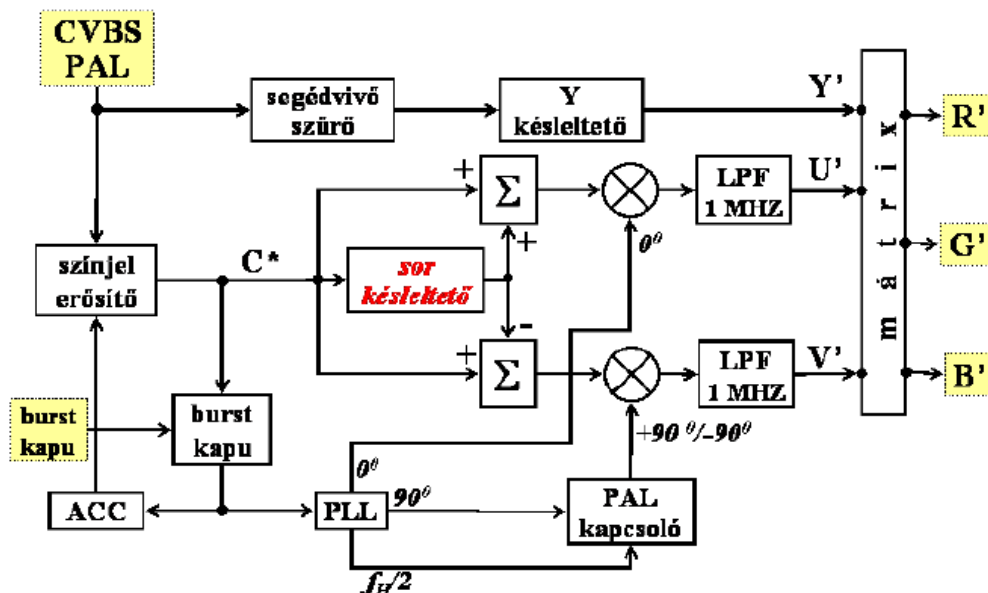
A dekódolás elve a következő: a televízió vevőkészülékek PAL- rendszerű dekóderében általában azt az eljárást alkalmazzák, hogy két egymást követő sor QAM jelét mátrioxolják: összeadó és kivonó áramkörre vezetik. Ilyenkor az áramkör egyik kimenetén (általában az összeadó kimenetén) csak a DR jelet hordozó oldalsávok jelennek meg, a másik kimenetre pedig csak a DB jelet hordozó oldalsávok jutnak. Ilyen módon tehát a QAM jel két összetevőjére (U és V) bomlik fel. A két összetevő aztán külön-külön demodulálható. Az eljáráshoz nem nélkülözhető a tároló áramkör, amely 1 sorideig tárolja a QAM jelet (hiszen másképpen nem tudnánk azt a következő soridő alatt érkező jellel összegezni.)

$$f(t)_{CVBS} = Sy(t) + Y'(t) + U'(t)\sin \omega_{svt} \pm U'(t)\cos \omega_{svt} + \text{burst}(t)$$

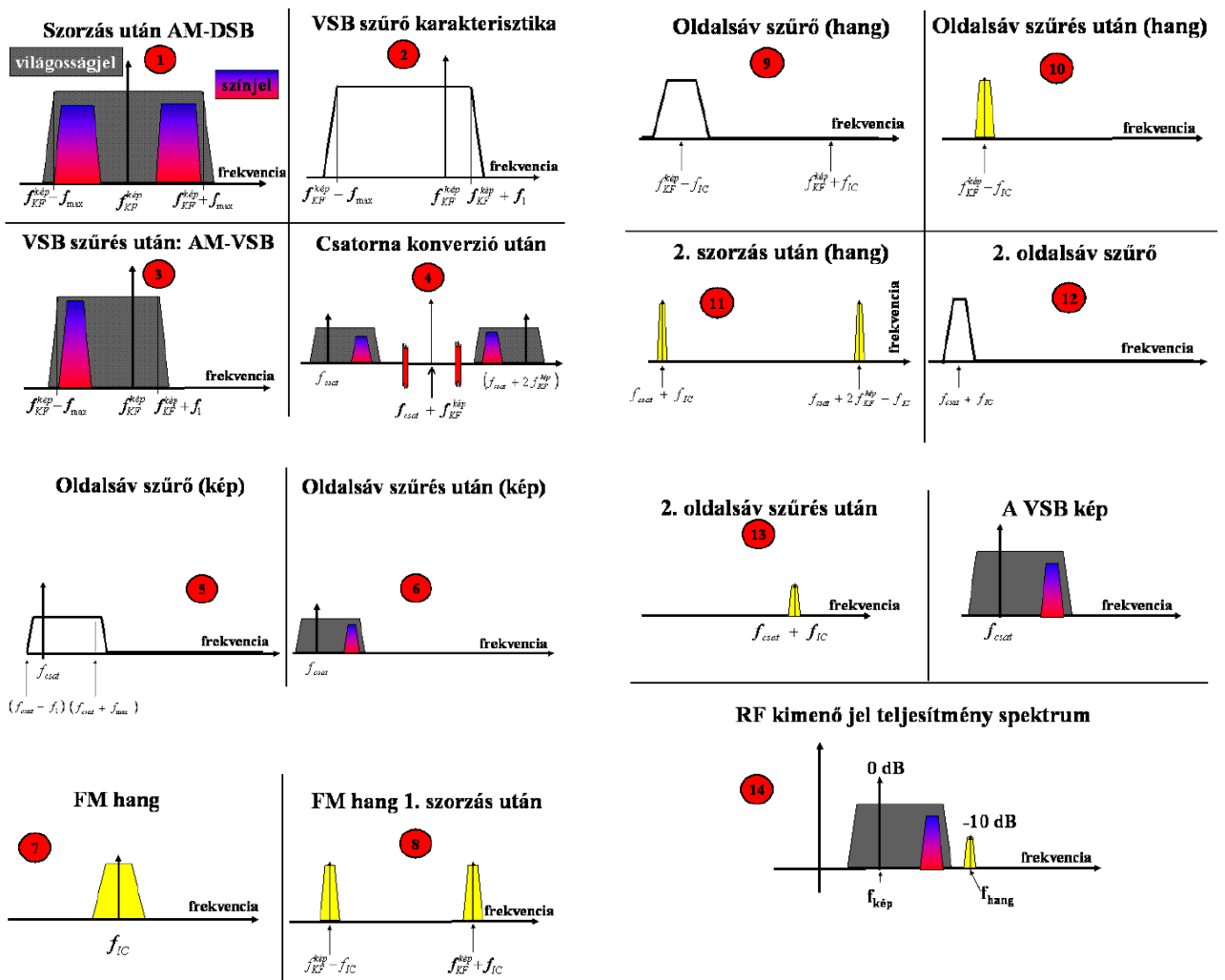
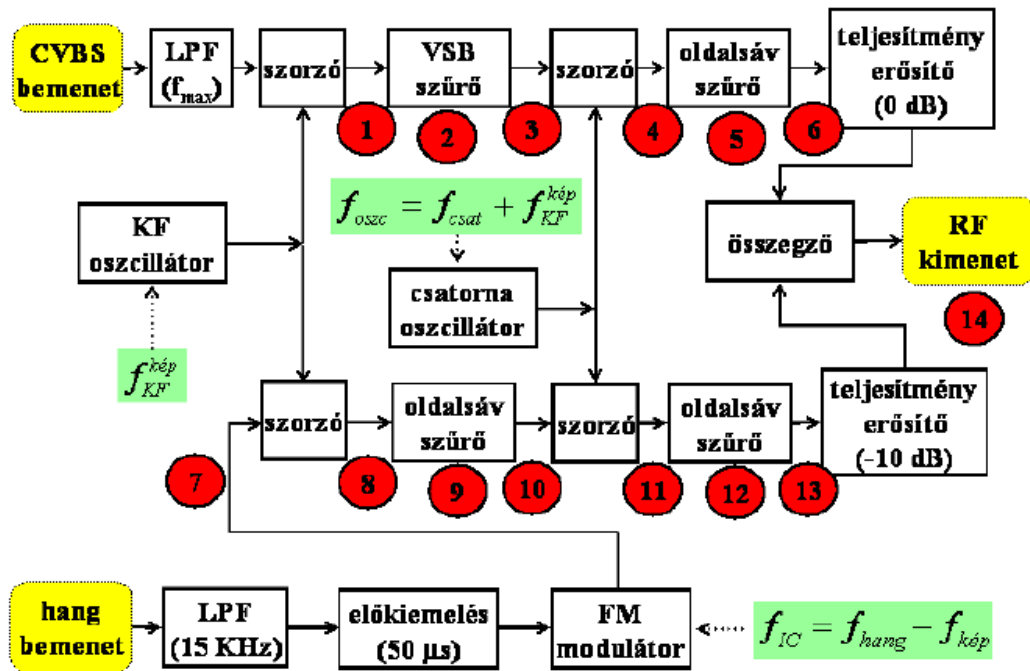
$$U'(t) = [B'(t) - Y'(t)]/1,14$$

$$V'(t) = [R'(t) - Y'(t)]/2,03$$

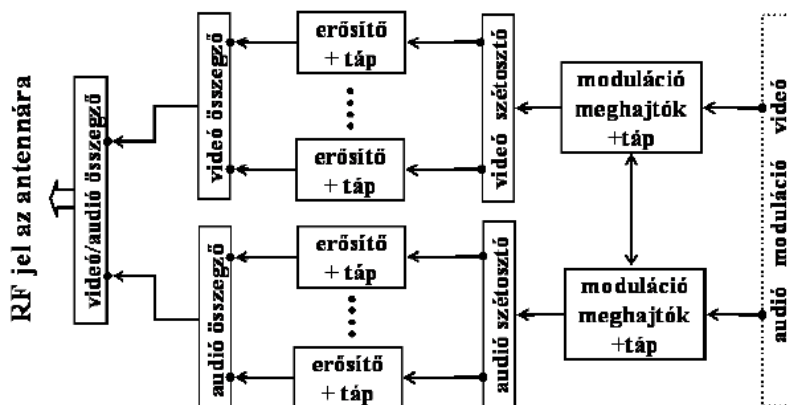
PAL dekóder felépítése



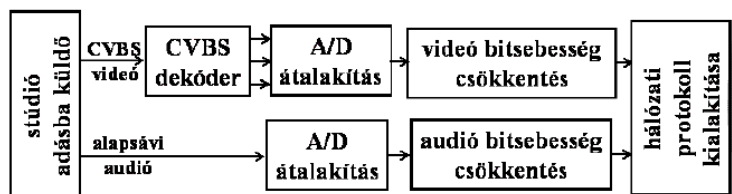
6. A tv-adó felépítése és működése.



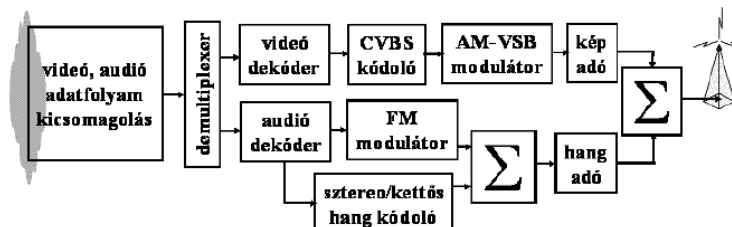
Egyetlen tv-adó audió és videó jelútja



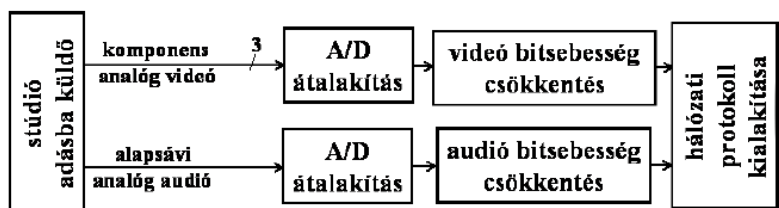
A megoldások időrendben:



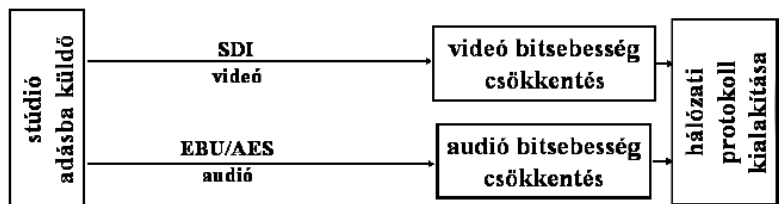
CVBS - digitális hálózati adapter funkcionális vázlata



Digitális - CVBS hálózati adapter funkcionális vázlata



Komponens - hálózati adapter funkcionális vázlata



SDI - hálózati adapter funkcionális vázlata

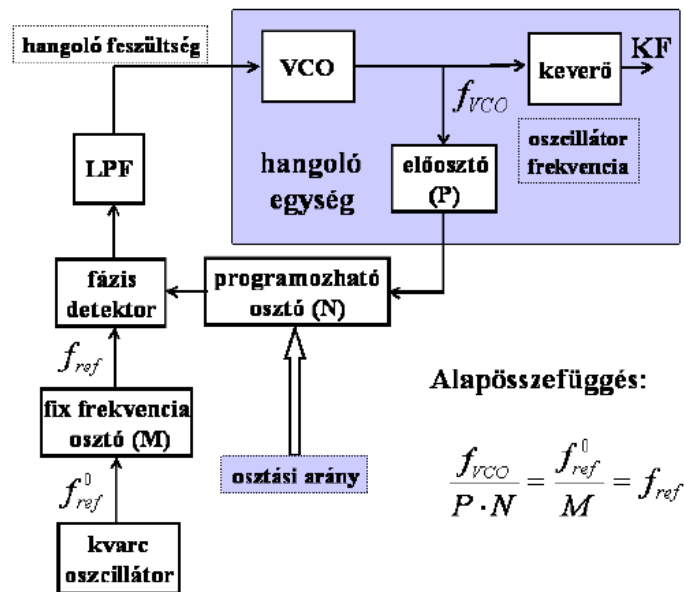
7. A PLL elvű frekvencia szintézer felépítése, a hangolási lépcső és a bitszám értelmezése.

A szintetizálás azt jelenti, hogy nincs egy csatornának megfelelő kristályod hanem a vevő egy nagyfrekvenciás kristály-vezérelt oszcillátorból egy processzorral leosztja az adónak megfelelő frekvenciára, tehát a vevő ráhangolható bármelyik csatornára(a frekvencia sávon belül) kristály csere nélkül.

A rádiócsatornákat igyekeznek minél jobban kihasználni, ennek megfelelően a szomszédos rádiócsatornák között igen csekély védősávok maradnak Ezért egy-egy rádióátvitelnél a vivőfrekvenciát nagy pontossággal a névleges értéken kell tartani, mert a legkisebb eltérés esetén már zavarnának a szomszédos rádiócsatornát.

Ezek alapján a PLL működése röviden a következő: a fázisdetektor kimenetén megjelenő jel úgy módosítja a VCO kimenő jelét, hogy az, osztás után azonos fázisban legyen a referencijellel. Ha pl. a VCO kimenő jele frekvenciaosztás után fázisban siet a referencijelhez képest, akkor a fázisdetektor kimenetén negatívra vált az áram előjele, azaz a fázisdetektor csökkenti a feszültség-áram konverziót végző kondenzátor töltését, és ezzel együtt a VCO-ra jutó vezérlőfeszültséget. A VCO kimenő frekvenciája ennek hatására elkezd csökkenni, így előbb vagy utóbb csökkeni fog a leosztott jel és a referencijel közötti fáziskülönbség is. A szabályozási tranziens addig tart, amíg a fáziskülönbség nulla nem lesz. Ekkor tehát a referencijel fázisa és frekvenciája azonos a frekvenciaosztó kimenetén megjelenő jelével, és ennek megfelelően a kimenő jel frekvenciája pontosan a referencijel frekvenciájának N-szerese. A PLL tehát lényegében frekvenciasokszorozást hajt végre.

Fáziszárt hurok (PLL) (frekvenciasintézer)



Alapösszefüggés:

$$\frac{f_{VCO}}{P \cdot N} = \frac{f_{ref}^0}{M} = f_{ref}$$

A hangolási lépcső, Δf meghatározása:

$$N \rightarrow f_{VCO}^N = f_{ref} \cdot P \cdot N$$

$$N + 1 \rightarrow f_{VCO}^{N+1} = f_{ref} \cdot P \cdot (N + 1)$$

A lépcső az N és N+1 közötti különbség, azaz

$$\Delta f = f_{VCO}^{N+1} - f_{VCO}^N = f_{ref} \cdot P = \frac{f_{ref}^0}{M} \cdot P$$

Alapösszefüggés akkor érvényes, ha a hurok zárva van.

Példa:

$$M=2048, \\ P=64, \\ f_{ref}^0 = 4 \text{ MHz}$$

$$\Delta f = \frac{4 \text{ Mhz}}{2048} \cdot 64 = 1/8 \text{ MHz}$$

$$M=2048, P=32, f_{ref}^0 = 4 \text{ MHz}$$

$$\Delta f = 1/16 \text{ MHz}$$

Bitszám (n) meghatározása:

$$f_{VCO}^{\min} = f_{\text{vennikivant}}^{\min} + f_{KF}^{\text{kép}} = 50 + 38,9 = 89\text{MHz}$$

$$f_{VCO}^{\max} = f_{\text{vennikivant}}^{\max} + f_{KF}^{\text{kép}} = 860 + 38,9 = 899\text{MHz}$$

Ha a $\Delta f = 1/8$ MHz \rightarrow

$$n_{\min} = \frac{f_{VCO}^{\min}}{\Delta f} = \frac{89}{1/8} = 712 \rightarrow 10\text{bit}$$

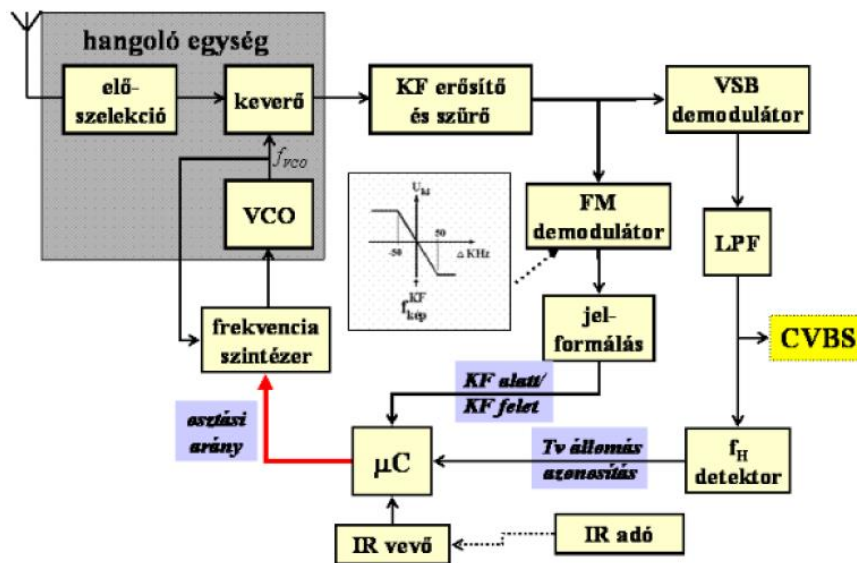
$$n_{\max} = \frac{f_{VCO}^{\max}}{\Delta f} = \frac{899}{1/8} = 7192 \rightarrow 13\text{bit}$$

Ha a $\Delta f = 1/16$ MHz \rightarrow

$$n_{\min} = \frac{f_{VCO}^{\min}}{\Delta f} = \frac{89}{1/16} = 1424 \rightarrow 11\text{bit}$$

$$n_{\max} = \frac{f_{VCO}^{\max}}{\Delta f} = \frac{899}{1/16} = 14384 \rightarrow 14\text{bit}$$

AFC

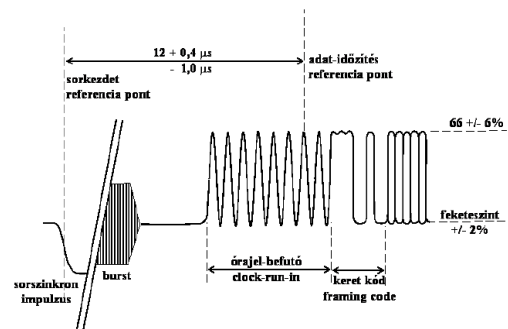


AFC: Automatic Frequency Control

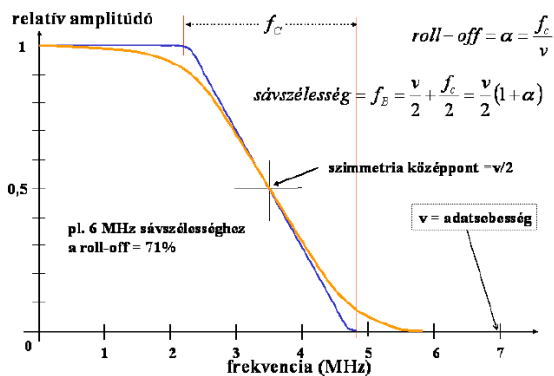
8. Az angol teletext rendszer.

1. Félképkioltási időben max 17 TV sor
2. 625 sorból használva: 6-22 és 318-335
3. NRZ kódolás, 144ns 1 bit, ami 444x van meg a 64µs-ban(soridő)
4. $625 \cdot 25 \cdot 444 = 6,9 \text{ Mb/s}$
5. Kijelzett terület: 24 sorban 40 karakter
6. Egy karaktersor függőlegesen 10 tv-sor félképenként: $576 / (2 \cdot 10) = 28.8 \text{ tt sor.}$
7. Egy kijelzett sor 1 tv sorban, 45 byte adat
8. max 8 magazin, 100 oldal/ magazin
9. 96 megjeleníthető + 32 vezérlő karakter

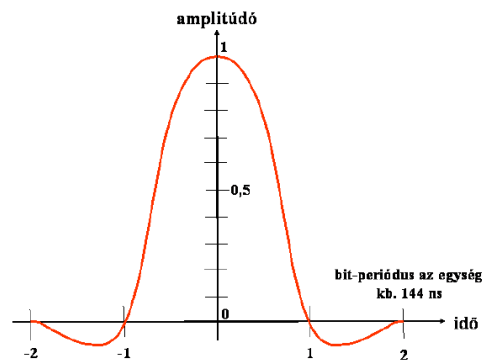
A teletext jel tv-soron belüli időzítése



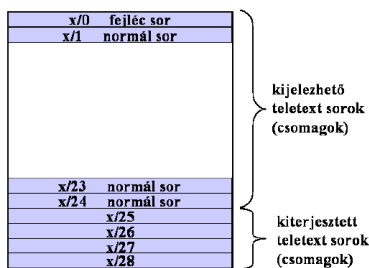
Az elemi jel spektruma



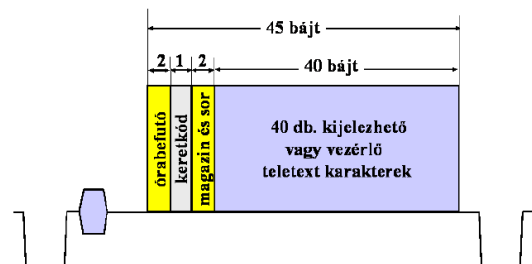
Az elemi jel jelalakja



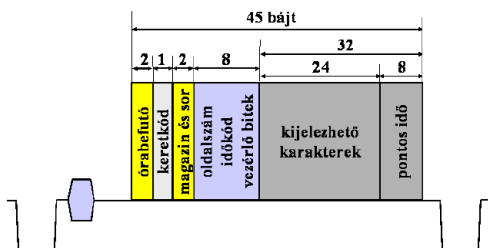
Egy teletext oldal felépítése



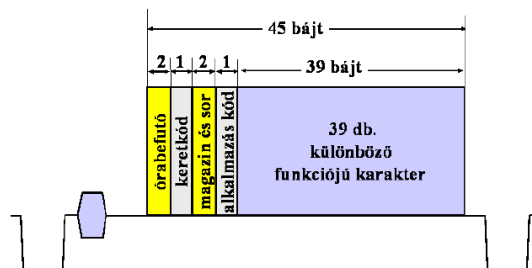
Normál teletext sor felépítése (1 – 25 sorcímű csomagok)



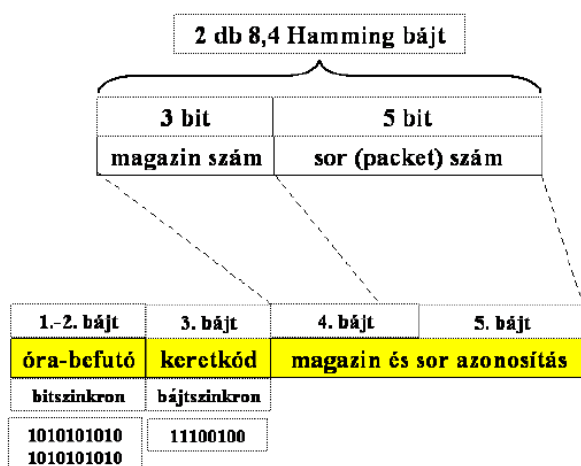
Fejlécsor felépítése



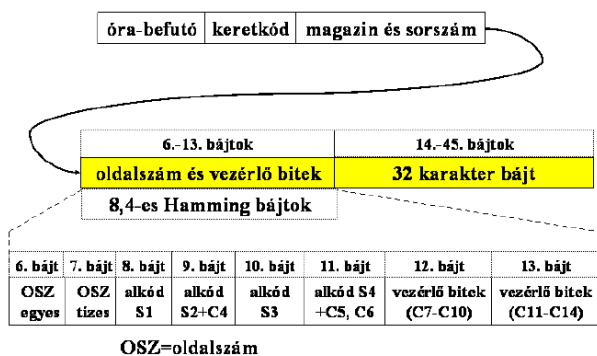
Nem kijelzett teletext sorok felépítése (26 - 31 sorcímű csomagok)



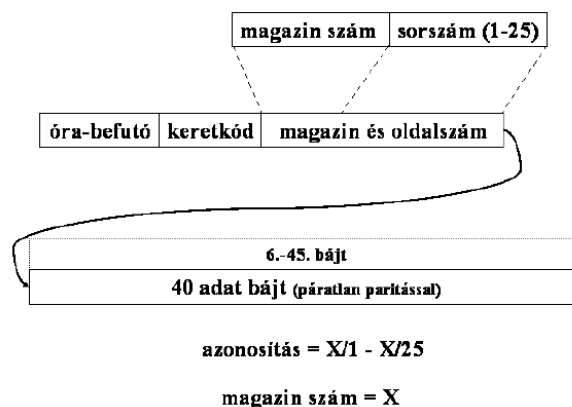
Első öt bájtt felépítése



Fejlécsor (sorszám=0)



Normál (kijelzett) sorok felépítése



Vezérlő bitek:

- C4: laptörés
- C5: villámhír
- C6: felirat oldal
- C7: lapfejléc elnyomás
- C8: frissítés
- C9: megszakított sorrend
- C10: tiltott megjelenítés
- C11: magazin sorozat
- C12-C14: nyelv választás

Keretkód: Egyértelműen eldönthető belőle, hogy szinkronban vagyunk-e

Hibavédelem:

- 7 bit adat+1 bit páratlan paritás
- 4 bit adat+4 bit Hamming védőbitek, amelyek 1 hiba javítható és páratlan számú detektálható

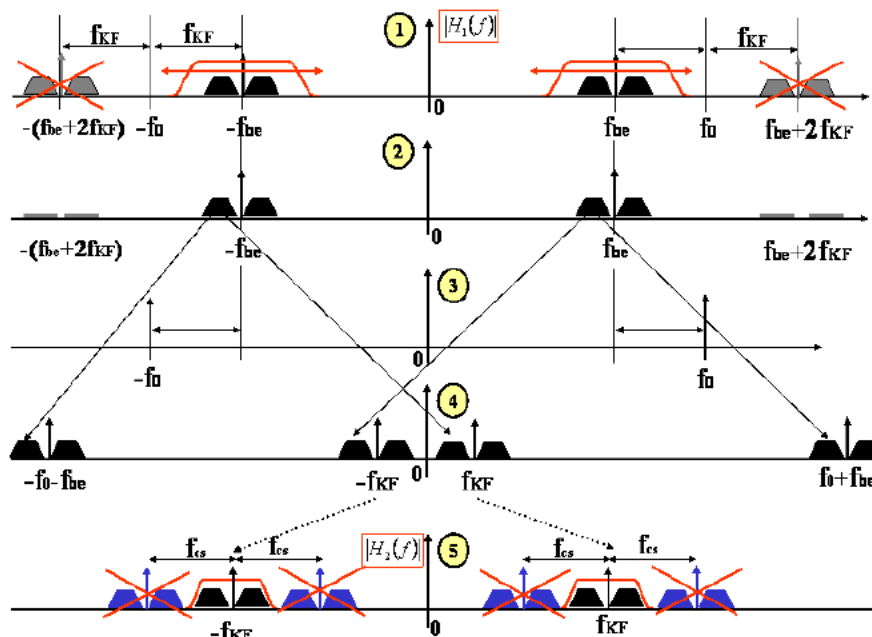
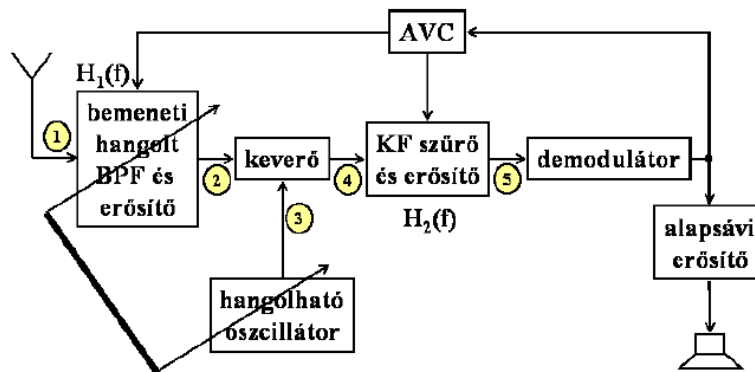
PDC: Egy program kezdését és végét jelző. Program a VCR-el (Video Cassette Recording) akkor is automatikusan rögzíthető, ha a sugárzás ideje eltér a megadottól, jelzés a 16. TV-sorban, BPSK VSP parancsok (Video Programming System): VPS címke, rendszerstátusz, szünetkód, megszakítás

9. A frekvencia transzponáló vevő tömbvázlata, spektrumábrái.

Analóg hangátvitelhez a műsorvevő követelményei:

- Hangolhatóság: Tetszés szerint választható adó vételének biztosítása
- Torzítás: A venni kívánt adót torzítás nélkül adja
- Szelektivitás: Csak a venni kívánt adót szolgáltatassa
- Erősítés: Legyen érzékeny és egy hullámsávon belül állandó

A frekvencia transzponáló vevő blokkvázlata



AVC: Automatic Volume control

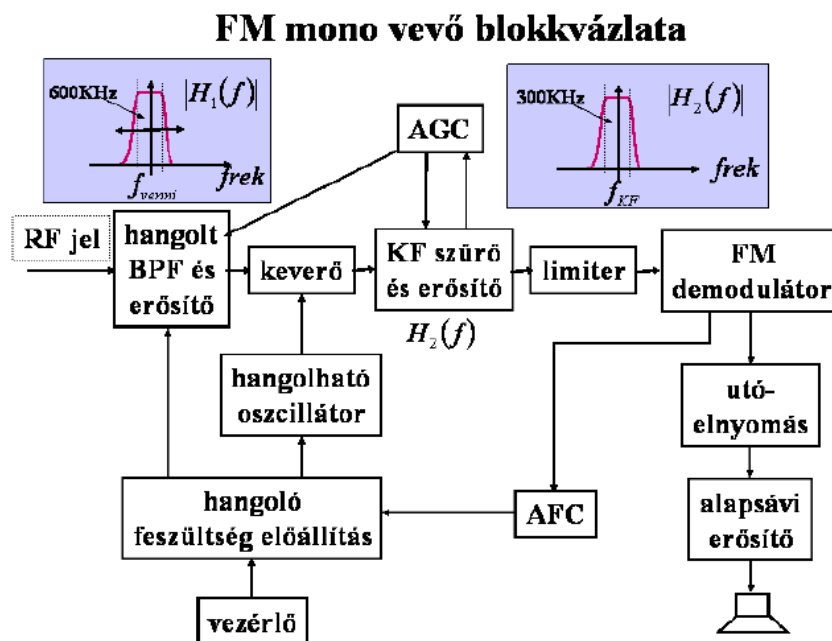
KF zavartartás, KFválasztás:

- Legyen kicsi: akkor a szűrőt könnyű megvalósítani
- Legyen nagy: hogy a tükörfrekvenciás zavar megfelelően távol kerül a venni kívánt adótól
- A KF frekvencián ne működjön semmi, tehát a sáv üres legyen.

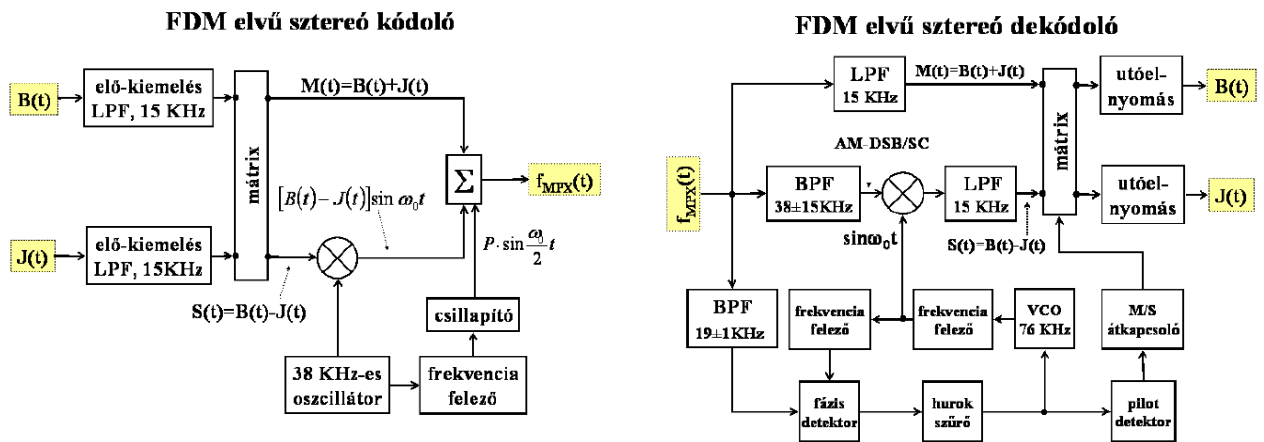
AM: 450-490 KHz

FM: 10,7 MHz

A három közül csak kettőt lehet kielégíteni. Megoldás a többszörös keverés alkalmazása.

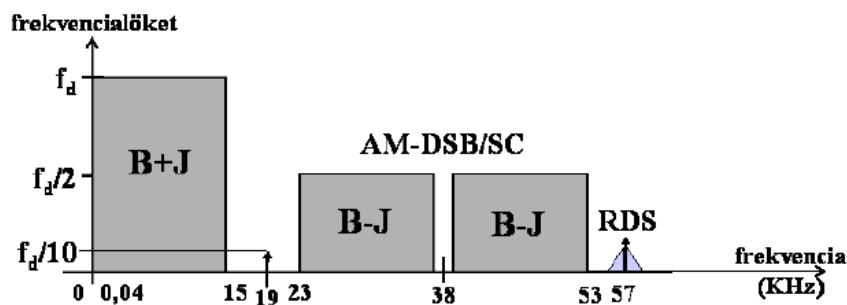


10. Az MPX sztereo jel FDM elvű előállítás és dekódolása.



$$f_{MPX}(t) = [B(t) + J(t)] + [B(t) - J(t)]\sin\omega_0 t + P\sin\frac{\omega_0}{2}t$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 \quad f_0 = 38 \text{ kHz}$$



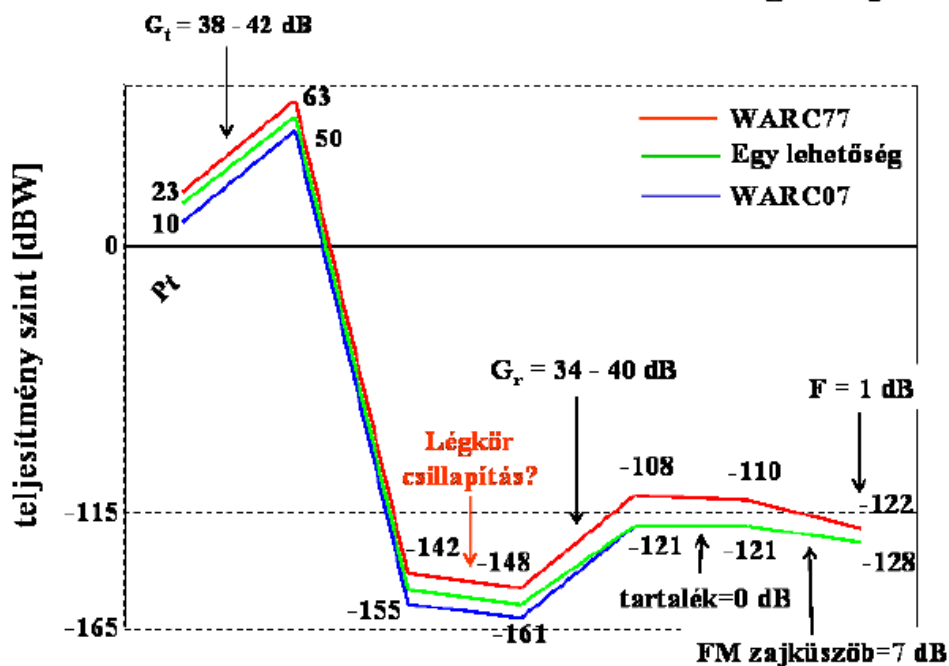
$P = 0,1 \cdot U_{\text{mod}}^{\text{max}}$ A pilot 10%-a a max. hasznos löketnek.

Általános megfontolások:

- mono kompatibilitás: mindkét csatornát tartalmazza, mono vevő esetén
- modulációs sávszélesség kompatibilitás: A mono jel sávszélességébe férjen bele a sztereo FM jel.
- Csatorna kiosztás kompatibilitás: 300kHz-be férjen bele → pilot vivős sztereo multiplex
- RDS (Radio Data System):
- A pilot 3. harmónikusa, 57kHz
- funkciói:
 - lehetővé tenni az autómatis hangolást
 - mobil vétel esetén a legoptimálisabb adó kiválasztása
 - közlekedési információk továbbításakor jelzés
 - szöveges üzenetek (Radio-text) továbbítása, személyhívó
- Am-moduláció formált, kétfázisú adattal, amely így megfelel a kétfázisú PSK-nak
- Az adatsebesség: 1187,5Mbit/sec

11. A műhold-Föld összeköttetés szintdiagramja a WARC'77 szerint és a jelenleg.

Műhold-Föld összeköttetés szintdiagramja



A 77-es szerinti értékek:

- G_t : Az adó nyeresége 40 dB
- Nyomvonal csillapítása a_{sz} : 205 dB (szabad tér)
- Légköri tartalék: 6 dB
- G_r : A vevő nyeresége 40 dB
- Tartalék 2 dB
- FM zajküszöb 12 dB

A nyomvonal szabadtéri csillapításának kiszámolása:

Nyomvonal csillapítás számítása:
(pfd - power flux density)

$$pfd_{izotrop} = \frac{P_t}{4\pi r^2}$$

Egy G_r nyereségű antenna:

$$pfd_{irányított} = \frac{P_t G_t}{4\pi r^2} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Equivalent Isotropical Radiated Power

$$EIRP = P_t \cdot G_t \text{ [W]}$$

A parabola antenna nyeresége:

$$G = k \cdot \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 = 4,91 \cdot \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2$$

, ahol D a parabola átmérője

Az antenna hatásos felülete:

$$A_h = G_r \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} = k \cdot \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} = k \cdot \frac{D^2}{4\pi}$$

$$A_h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{k}{\pi^2}$$

$$A_h = A_{tényleges} \cdot \frac{k}{\pi^2} = 0,55 \cdot A_{tényleges}$$

A vevő által biztosított teljesítmény

$$P_r = pfd_{ir} \cdot A_h = pfd_{ir} \cdot G_r \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi}$$
$$P_r = \frac{P_t G_t}{4\pi r^2} \cdot G_r \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} = P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2$$

Innen számolható a szabadtéri csillapítás, ami

$$a_{sz} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2 \Bigg|_{\substack{\lambda=2,5\text{cm} \\ r=35.787\text{km}}} = 205 \text{ dB}$$

Zajszint a bemeneten:

$$P_{zaj} = F \cdot k \cdot T \cdot B$$

F: a vevő zajtényezője - 7dB

k: a Boltzmann állandó - 293 dB

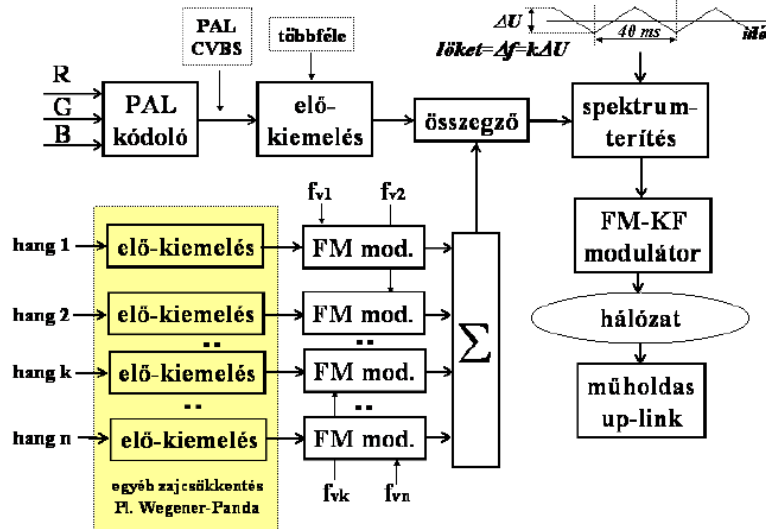
T: a zajhőmérsékelt - 27MHz a DBS (Direct Broad Satellite) sáv szélessége

$$P_{zaj} = -122 \text{ dBW}$$

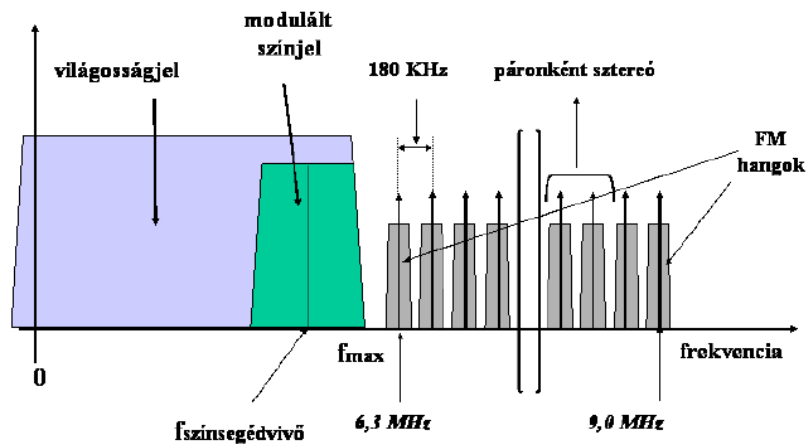
(dBW: a teljesítmény mértéke 1 wattra vonatkoztatva)

12. Vázolja a műholdas műsorszórás PAL/NTSC kódolási rendszereinek felépítését.

PAL, NTSC műholdas adás adóoldali felépítése



Spektrum az FM-KF modulátor bemenetén



FM modulációt alkalmaznak, mert 12-18dB vivő-zajviszony elég a megfelelő képminőség biztosításához (AM: 50dB), a demodulálás és a vevő egyszerű

A vevő kültéri egység elnevezései:

LNB: Low Noise Block-converter

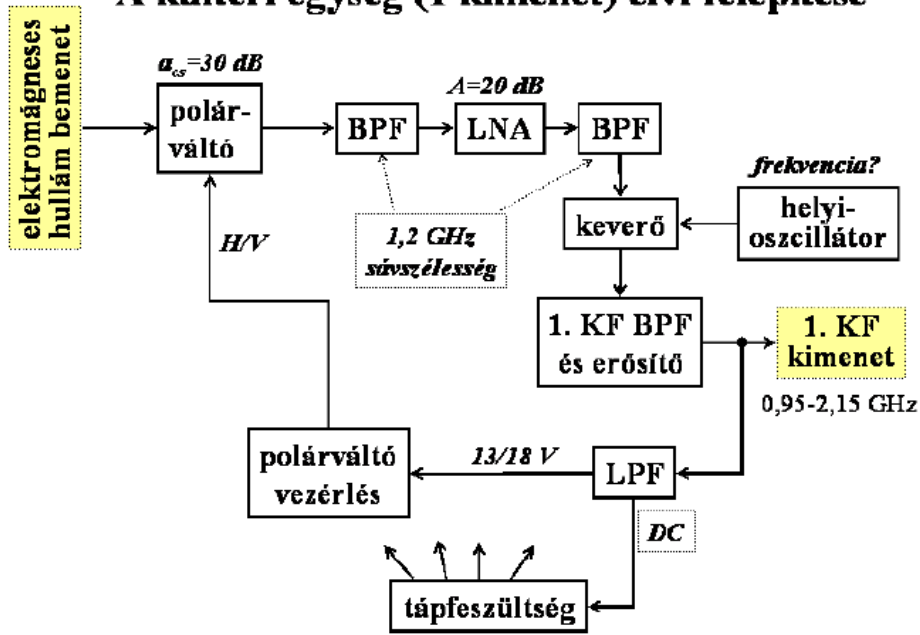
LNC: Low Noise Converter

ODU: Out Door Unit

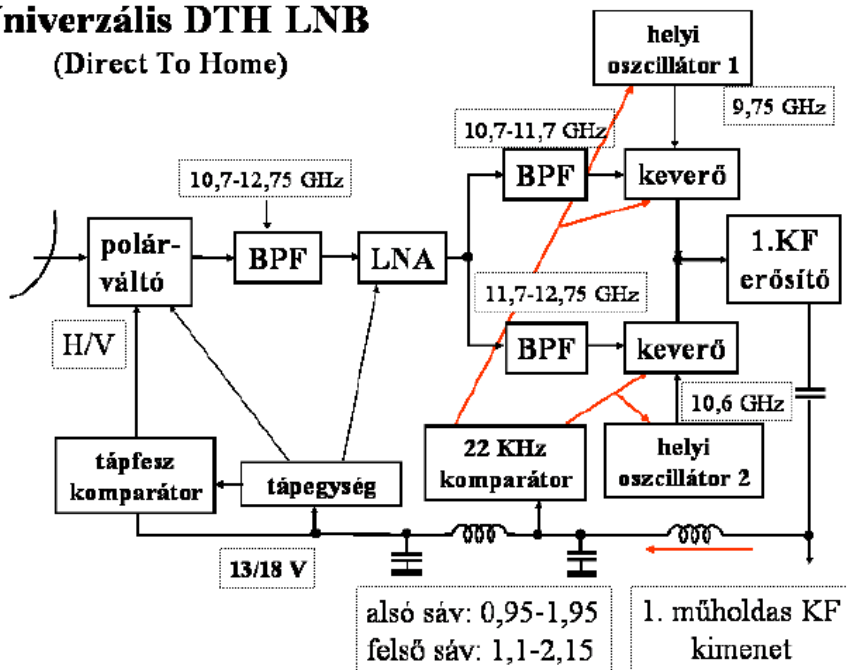
A kültéri egység feladatai:

- Az elektromágneses tér feszültséggé alakítása a lehető legkisebb veszteséggel
- Polarizáció váltás (H, V)
- A Ku-sáv (10.7–18 GHz-es frekvenciatartomány) kisebb, kis veszteséggel továbbítható Frekvencia tartományra konvertálása
- Kiszajú előerősítés (LNA: Low Noise Amplifier)
- Megfelelő frekvencia stabilitás

A kültéri egység (1 kimenet) elvi felépítése

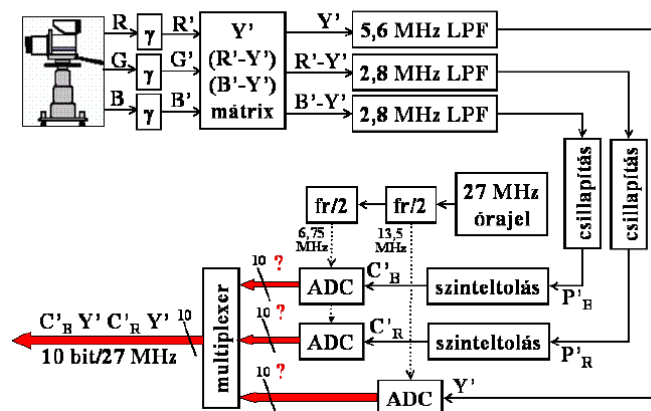


Univerzális DTH LNB (Direct To Home)



13. Az SD mintavételi frekvencia megválasztása.

Jelkomponens előállítás (elvi)



- YUV: kompozit NTSC és PAL rendszerekben, az U és V jeleket a két színkülönbségi jelből a megfelelő korrekciós tényezőkkel korrigálják, jelenleg már az analóg és a digitális komponens rendszerek nem alkalmazzák.
- YP_BPR: komponens analóg rendszer, a két színkülönbségi jelet előre definiált módon korrigálják és analóg szűrőkkel a világosságjel sáv szélességének felére sávkorlátozzák.
- YC_BCR: komponens digitális rendszer, a két színkülönbségi jelet a megfelelő színkülönbségi jelekből az AD átalakítás kivezérési tartomány illesztése céljából korrigálják, majd a mintavételi struktúrának megfelelően alul mintavételezik.

Az európai és amerikai rendszerre legyen közös

Ortogonalis mintastruktúra: egy tv sorban egész számú mintavételi periódus férjen bele.

$$f_{mv} = n \cdot f_H^{Eu} \quad f_{mv} = k \cdot f_H^{USA}$$

Az európai sorfrekvencia: $f_H^{Eu} = 15625 \text{ Hz} = 5^6 \text{ Hz}$

Az amerikai sorfrekvencia: $f_H^{USA} = 15734,2 \text{ Hz} = \frac{4,5 \cdot 10^6}{286} \text{ Hz} = \frac{2^4 \cdot 3^2 \cdot 5^6}{11 \cdot 13} \text{ Hz}$

Arányok: $\frac{f_H^{USA}}{f_H^{Eu}} = \frac{2^4 \cdot 3^2 \cdot 5^6}{11 \cdot 13} = \frac{2^4 \cdot 3^2}{11 \cdot 13} = \frac{144}{143}$

Legkisebb Közös Többszörös: $143 \cdot f_H^{USA} = 144 \cdot f_H^{Eu} = 2,25 \text{ MHz}$

A mintavételi frekvencia nagyobb kell, hogy legyen a videó jel maximális frekvenciájának (6MHz) kétszeresénél, azaz 12MHz-nél.

Így lett 13,5 MHz a világosságjel mintavételi frekvenciája. A HVS miatt a színkülönbségi jelek számára ennek a fele: 6,75 MHz.

Ehhez a mintavételi frekvenciához a következő alapsávi sávszélességek tartoznak:

$$\begin{array}{ccc} f_{mv}^Y = 13,5 \text{ MHz} & \rightarrow & f_{mv}^{U,V} = 6,75 \text{ MHz} \\ & & \downarrow \\ & & f_B^{U,V} = 2,8 \text{ MHz} \\ & & \downarrow \\ f_B^Y = 5,6 \text{ MHz} & & \end{array}$$

Ehhez a mintavételi frekvenciához, a következő soron belüli mintaszámok tartoznának:

$$n_H^{Eu} = \frac{f_{mv}^Y}{f_H^{Eu}} = 864 \qquad n_H^{USA} = \frac{f_{mv}^Y}{f_H^{USA}} = 858$$

A TV sor aktív idejét névlegesen 53,3 μ s, ami soronként 720 mintát eredményezett.

A tényleges aktív időtartamra, azonban csak 702 minta jut.

Az amerikai és európai TV-sorok azonos számú mintát tartalmaznak.

14. Mintastruktúra jelzés rendszer.

Az $Y C_R C_B$ mintavételi helyek szerkezetét írja le. Pl.:

4:2:0:4

- Az első az Y vízszintes mintavételi frekvencia jelzése (be kell szorozni $(3 + \frac{3}{8})$ MHz)
- A második a színjel mintavételi frekvencia jelzése az első digithez képest.
 - pl. 4:2:X:X akkor felezett mintavételi frekvencia
- A harmadik a színinformáció függőleges arányát mutatja, itt 2:1 arányban alul mintavételezett
- A negyedik, ha van megegyezik az első számmal, és az α csatorna mintavételi frekvenciáját azonosítja.

Régebben, a digitek és $(3 + \frac{3}{8})$ MHz szorzata adta a mintavételi frekvenciát.

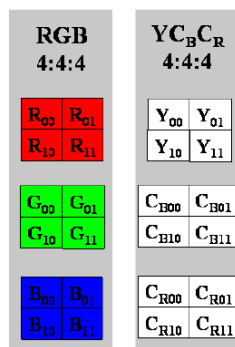
A HDTV megjelenése óta ez már nem működik így (lenne különben 22:11:11).

Az első szám referencia, minden mögötte lévő az első számhoz képesti arányt mutatja.

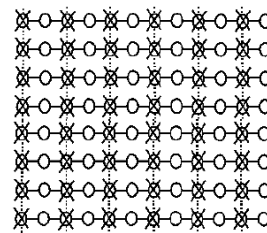
Néhány példa:

4:4:4-es minta struktúra

- A minta struktúra minden tv-sorban azonos
- Alapegység: egy pixel
- 8, 10 bit/minta/komponens
- 8 bites: 3 bájt = 24 bit
- 10 bites: 3 · 10 bit = 30 bit

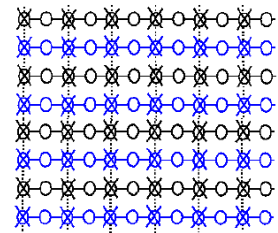


4:2:2 progresszív



- × : szín minta
- : világosság minta

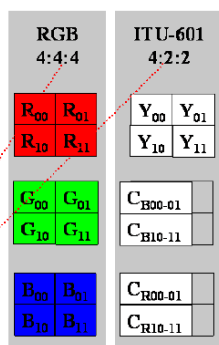
4:2:2 váltott soros



- × : szín minta 1. félkép
- : világosság minta 1. félkép
- × : szín minta 2. félkép
- : világosság minta 2. félkép

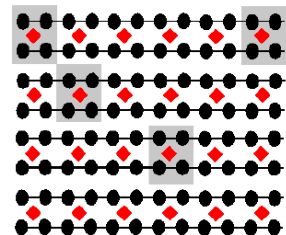
ITU 601-es 4:2:2-es minta struktúra

- A minta struktúra minden tv-sorban azonos
- A két színkülönbségi jel vízszintesen 2-vel alul-mintavételezett
- A maradó minták egybe esnek a páratlan sorszámú Y mintákkal
- 8 bites: $2+1+1$ bájt = 4 bájt = 32 bit
- 10 bites: $(2+1+1) \cdot 10$ bit = 40 bit
- Kompressziós tényező: 3:2



4:2:0-ás minta struktúra

- Az alapegység: 2 · 2 pixel
- A két színkülönbségi jelet vízszintesen és függőlegesen is 2-vel alul-mintavételezzük
- A színminták függőlegesen 2 sor, vízszintesen 2 szomszédos minta közé kerülnek
- 8 bit: $(4+1+1) \cdot 8 = 48$ bit
- 10 bit: $(4+1+1) \cdot 10 = 60$ bit



- ♦ : $C_R C_B$ szín minták
- : világosság minták
- : alap egység

Itt az alapegységre figyelni kell!

- 4:4:4 1 pixel
- 4:2:2 2·1 pixel
- 4:2:0 2·2 pixel

15. A HD mintavételi frekvencia és formátum választás megfontolásai.

A HD képformátum:

- A vízszintes felbontás és a függőleges felbontás minimum kétszer akkora, mint az SD
- A képméretarány minimum 16:9
- Növelt fényerejű és felületű kijelző
- Minimálisan CD minőségű és sokcsatornás hangátvitel

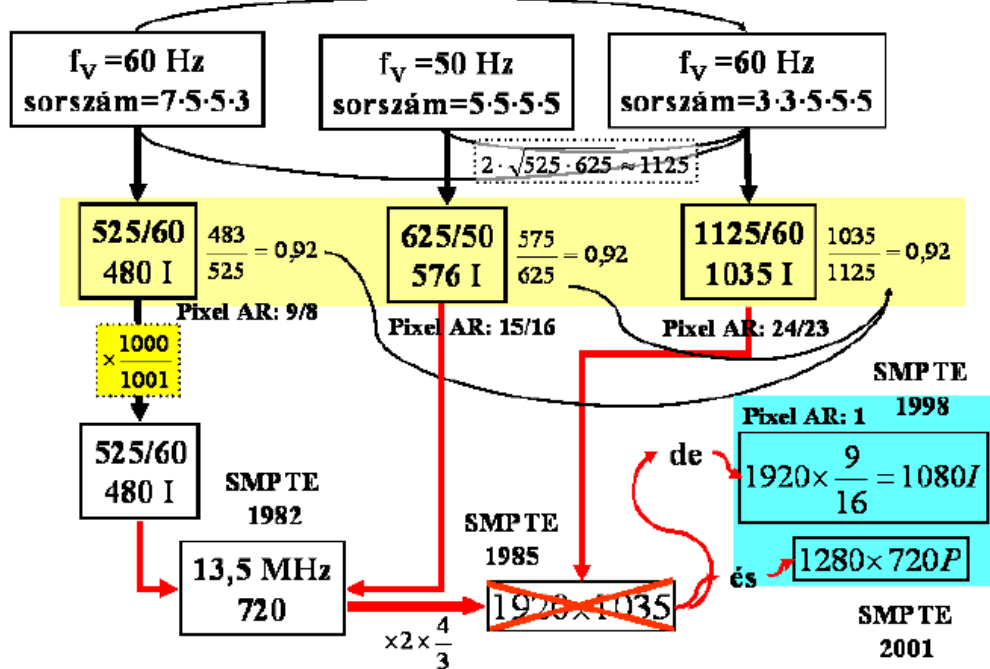
A képméretarány változás és felbontás kétszerezés miatt, $2 \cdot 2 \cdot 4/3 = 16/3$ - szorosára nő a mintavételi frekvencia az SD-hez képest. A gyakorlatban 5,5-szörösét választották: $5,5 \cdot 13 = 74,25$ MHz

Az implementálható sebesség így 60Mpixel/sec

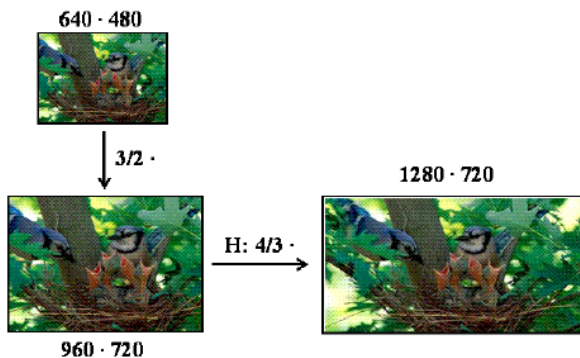
I: 2 Mpixel/kép, 30Hz

P: 1Mpixel/kép, 60Hz

HD mintavételi frekvencia megfontolások



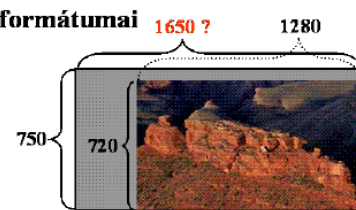
A 720P származtatása



Az SMPTE HD formátumai

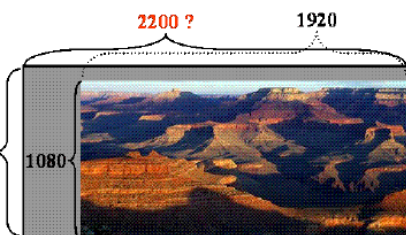
SMPTE 296M

- 720p60
- 1280 · 720
- adatsebesség?

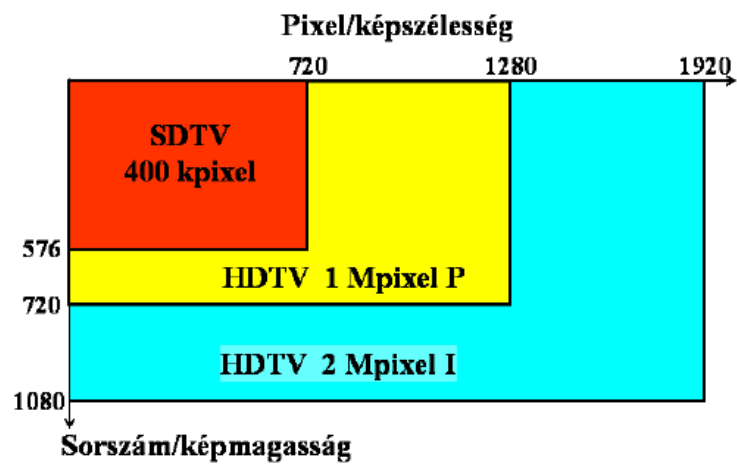


SMPTE 274M

- 1080p
- 1080i 1125
- 1920 · 1080
- adatsebesség?

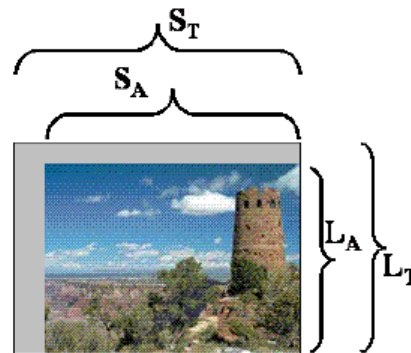


SD/HD képformátumok



16. Az SD és HD videó aktív és teljes adatsebességének meghatározása.

- Összes tv-sorok száma/kép: L_T
- Aktív tv-sorok száma/kép : L_A
- Összes minták száma/tv-sor: S_T
- Aktív minták száma/tv-sor: S_A
- n : bitszám/minta/komponens



Aktív adatsebesség: $S_A \cdot L_A \cdot n \cdot f_{\text{kép}} \cdot k$

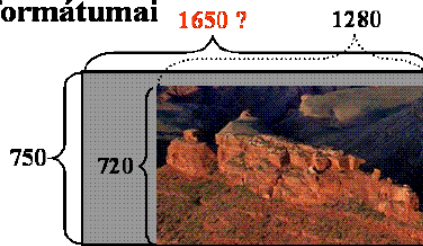
Teljes adatsebesség: $S_T \cdot L_T \cdot n \cdot f_{\text{kép}} \cdot k$

Itt figyelembe kell venni a mintavételi formátumot is! (4:4:4 – 3x, 4:2:2- 2x, 4:2:0 – 1,5x)

Az SMPTE HD formátumai

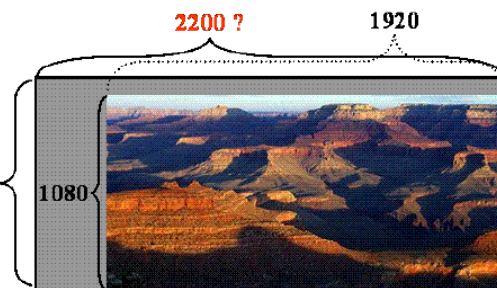
SMPTE 296M

- 720p60
- 1280 · 720
- adatsebesség?



SMPTE 274M

- 1080p
- 1080i
- 1920 · 1080
- adatsebesség?



SMPTE 274M (egy példa)

- 1920 x 1080 apertúra
- Négyzetes pixel, képméretarány (AR): 16:9
- Váltott és progresszív képbontás
- Képfrekvenciák: 24, 25, 30, 50, 60, NTSC 0,1%-os lassítással
- **Vegyük példának a 30 Hz-es váltott-soros formátumot:**
 - A sorfrekvencia: $1125 \cdot 30 = 33750$
 - A világosságjel mintavételi frekvencia: 74,25 MHz
 - Az aktív Y minták száma soronként: 1920
 - A színjel mintavételi frekvencia: 37,125 MHz
 - Az aktív C minták száma soronként (4:2:2): 960
 - Párhuzamos adatsebesség: $74,25 + 2 \cdot 37,125 = 148,5$ Mszó
 - 10 bit/szó esetében a bitsebesség: 1,485 Gbit/s

SMPTE 296M (egy példa)

- 1280 x 720 apertúra
- Négyzetes pixel, képméretarány (AR): 16:9
- Progresszív képbontás
- Képfrekvenciák: 24, 25, 29,97 30, 50, 59,94 és 60
- **Vegyük példának a 60 Hz képfrekvenciájú formátumot:**
 - A sorfrekvencia: $750 \cdot 60 = 45000$
 - A világosságjel mintavételi frekvencia: 74,25 MHz
 - Az aktív Y minták száma soronként: 1280
 - A színjel mintavételi frekvencia: 37,125 MHz
 - Az aktív C minták száma soronként: 640
 - Párhuzamos adatsebesség: $74,25 + 2 \cdot 37,125 = 148,5$ Mszó
 - 10 bit/szó esetében a bitsebesség: 1,485 Gbit/s

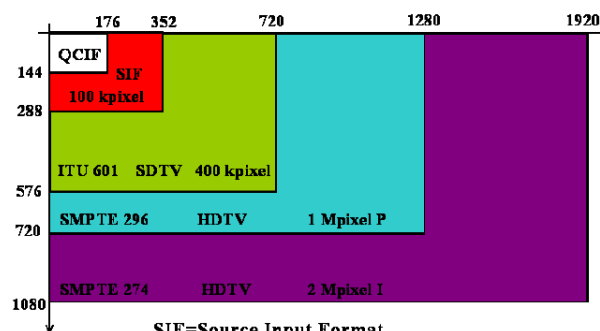
Bitsebességek (európai), 8 bit / komponens:

- ITU-601/4:2:2: $(576 \times 720 + 2 \times 576 \times 360) \times 8 \times 25 = 166\text{Mbit/s}$
- ITU-601/4:2:0: $(576 \times 720 + 2 \times 288 \times 360) \times 8 \times 25 = 124\text{Mbit/s}$
- CIF: $(288 \times 360 + 2 \times 144 \times 180) \times 8 \times 30 \approx 37\text{ Mbit/s}$
- QCIF: $(144 \times 180 + 2 \times 72 \times 90) \times 8 \times 30 \approx 9\text{ Mbit/s}$

Szükséges bitsebességek és alkalmazások:

- ITU-601/4:2:2 : 25 - 50 Mbit/s, stúdiótechnika, MPEG-SP
- ITU-601/4:2:0 : 3 - 6 Mbit/s, műsorszórás, MPEG-2
- ITU-601/4:2:0 : 1,5 - 2 Mbit/s, műsorszórás, AVC
- SIF : 1,15 Mbit/s, videó CD, MPEG-1
- CIF : 64 - 1920 kbit/s, videokonferencia, H.261/3

Videó és PC képformátumok (kivonat)



SIF=Source Input Format

CIF=Common Intermediate Format

QCIF=Quarter CIF

Az SD TV soronként 720 mintát tartalmaz. Ha analógról lett digitalizálva, ebből tényleges tartalmat tárol 702 (PAL) és 704 (NTSC) pixel. Viszont, aktívnak számít a fennmaradó 16-18 pixel is, amik fekete csíkként jelennek meg kijelzéskor a képernyő szélén.

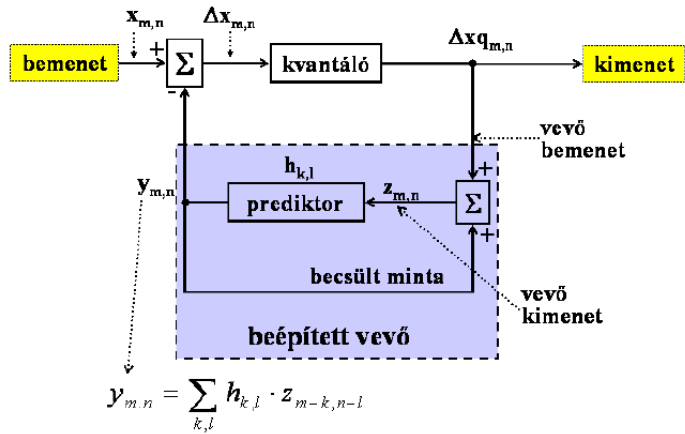
17. Térbeli és időbeli prediktív kódolás, transzformációs kódolás, 2D DCT kódolás.

Képen belüli: intra
Időbeli: inter,

Térbeli és időbeli prediktív kódolás

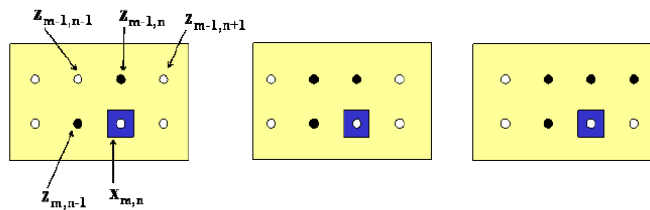
Alapelv: Az $x_{m,n}$ minta közvetlen kódolása helyett egy becsült mintához képesti különbséget kódoljuk. A becsült mintát az $x_{m,n}$ minta környezetében lévő minták valamilyen súlyozott összegéből állítjuk elő.

A predikciós kódoló tömbvázlata



Az optimális együtthatók kiszámítása a predikciós hiba négyzetes várható értékének minimalizálásával történhet.

- A videó esetén használt gyakoribb 2-D predikciós típusok:

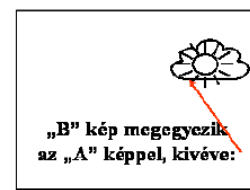
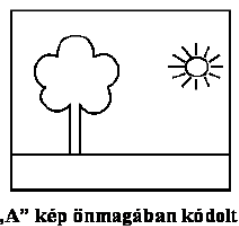
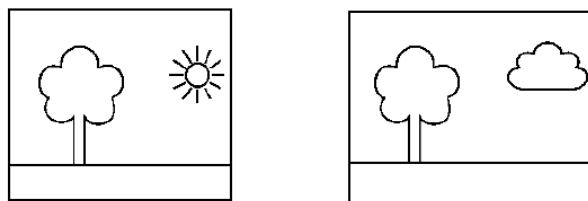


- becslésbe bevont minta ■ becsült minta

Példa: képen belüli – intra kódolás

Pl.: inter

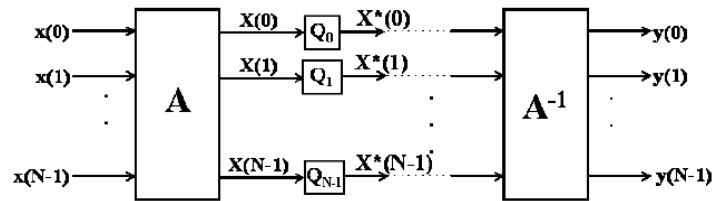
Képek közötti becslés (időbeli, inter)



„B” képet becsüljük az „A” képből

Transzformációs kódolás:

Kihhasználja, hogy a természetes képek pixeljei közötti korreláció egy NxN-es pixel blokkot tekintve igen nagy. A mintákat nem-átlapolódó blokkokra osztjuk, majd a transzformáció mátrixával transzformáljuk. A transzformáció után kapott együtthatók közötti korreláció általában kisebb, mint az eredeti minták közötti. A kódolás további lépéseit e tartományban végezzük (kvantálás). A transzformáció önmagában véve veszteségmentes.



Optimális a transzformáció, ha az együtthatók közötti korreláció a transzformált tartományban (blokk) zérus. De a gyakorlatban fix bázisú transzformációt alkalmazunk, ami csak közel optimális (szub-optimális), viszont kevesebb számítás igényű.

A transzformált tértartományban, jóval kevesebb együtthatóba tömörül az energia nagy része.

2D DCT - Kétdimenziós diszkrét koszinusz transzformáció

A képfeldolgozásban ezt használják, mert a természetes képeket majdnem tökéletesen dekorrelálja, ezért közel optimális. A jelenergia nagy részét néhány kisfrekvenciás koefficiens hordozza. A blokkon belüli korreláció jelentősen csökken. Számítástechnikailag gyors.

2-D DCT és inverz DCT (IDCT)

- Számítása:

$$X(k, l) = \frac{2}{N} \alpha(k) \alpha(l) \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{N-1} x(m, n) \cos\left(\frac{(2m+1)k\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2n+1)l\pi}{2N}\right)$$

$$x(m, n) = \frac{2}{N} \sum_{l=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} \alpha(k) \alpha(l) X(k, l) \cos\left(\frac{(2m+1)k\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2n+1)l\pi}{2N}\right)$$

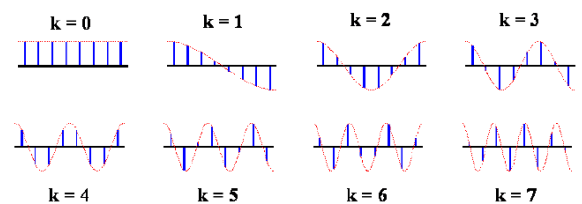
- És:

$$\alpha(k), \alpha(l) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{ha } k=0, l=0 \\ 1 & \text{ha } k \neq 0, l \neq 0 \end{cases}$$

- Elnevezések: DC koefficiens : $X(0,0)$

AC együtthatók : $X(k,l)$ ha k és l nem nulla

N = 8-ra a bázisvektorok



- A bemenő jelvektort különböző (harmonikus) frekvenciájú elemi komponensek súlyozott összegeként állítjuk elő
- Súlytényezők a DCT együtthatók
- Ha a vektoron belüli jelváltozás kicsi, akkor a DCT DC és a kisfrekvenciás AC komponensek dominálnak

Kvantálás

A kvantálás blokkonként un. kvantáló-mátrixszal történik, ahol $W(k, l)$ jelenti a (k, l) pozícióbeli kvantálási lépcsőt.

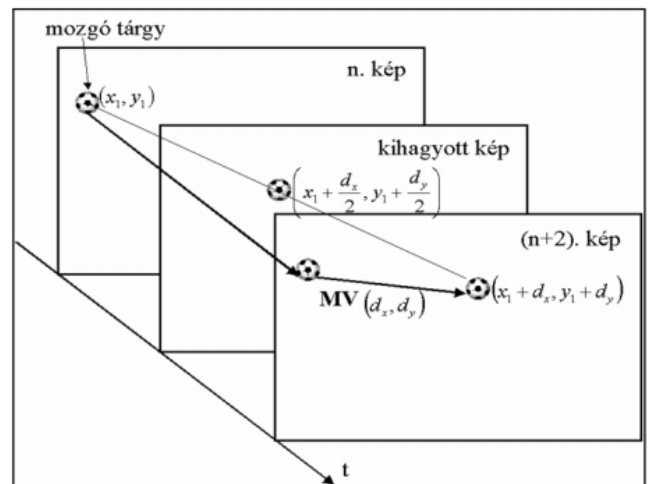
$$X^*(k, l) = \frac{X(k, l)}{W(k, l)}$$

A kvantáló-mátrix elemeit az emberi látórendszer tulajdonságainak megfelelően választották meg. A fontos együtthatókat finomabban, a kevésbé fontosakat durvábban kvantáljuk.

Cikk-cakk kódolás: növekvő térbeli frekvenciák szerinti rendezést jelent. Csak a 0-tól különböző együtthatókra van szükség, majd futamhossz kódolást alkalmazunk.

18. Mozgásbecslési eljárások, mozgásbecslés alapú predikció.

A kódoló oldalon adatsebesség csökkentés céljából számos esetben kihagyunk a videó szekvenciából teljes képeket. Alkalmazhatóságának egyik feltétele a lassú képtartalom változás

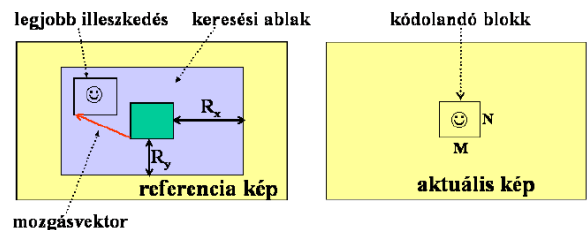


Előállításának fajtái:

- kép ismétlés
- lineáris interpoláció
- mozgás kompenzált predikció
- ez a leghatékonyabb

kamera mozgás (zoom, úsztatás, mozgatás, döntés, billentés),
tárgy mozgások (forgás, elfordulás, mozgás)

1. Keressük a másik képben a hasonló részletet
2. Kódoljuk, hogy hol találtuk meg (mozgás vektor)
3. Továbbítani csak a maradékot szükséges (predikciós hiba) és a mozgás vektorokat
4. A prediktor blokk kiválasztása szélsőérték keresési feladat
5. A referencia képen lévő területeknek és a kódolandó blokknak az illeszkedését maximalizáljuk egy költségfüggvény szerint.



- A mozgásbecslést az Y komponensen végezzük, amelynek eredményét a színjelek predikciójánál is felhasználjuk
- Általában $4 < N, M < 16$, $1 < R_x, R_y < 128$
- Minden blokkhoz tartozik minimum egy (!?) mozgásvektor, a blokkon belüli mozgás azonban nem detektálható

A mozgásbecslés végeredménye egy mozgás-vektor halmaz, mely leírja a mozgást egyik képről a másikra. Az aktuális kép nem átlapolódó blokkokra van felosztva, melyek csak a világosságértékeket tartalmazzák. Egy vektor kerül kiszámításra minden blokk számára a „keresési eljárás” során. Minden blokk elmozdul egy kereső ablak felett a referencia képen, és az algoritmus megpróbálja megtalálni a legjobb egyezést egy ún. költség-függvény alapján. Ez a távolság-eltérést méri az aktuális és az eltolás között. Gyakorlatban ez megfelel az abszolút különbségek összegének vagy a négyzetes hiba összegnek (előbbi a gyorsabb, utóbbi a pontosabb). A mozgásvektor (eltolási vektor) definíció szerint az eltolódás mértéke pixelben mérve a költség-függvény minimumánál.

Egy blokk tipikusan 8*8 vagy 16*16 pixeles. Kisebb blokk esetén több mozgás adat lesz, de pontosabb vektorok. Ugyanakkor, nagyobb számításigény és kisebb siker nagy mozgások esetén (melyek túlnyúlhatnak a blokkon). Általában a maximális megengedett eltolás, amely meghatározza a kereső ablak méretét is: (-8, +7), (-16, +15) vagy (-32, +31) mindkét irányban. A keresőablak megnövelése ugrásszerűen növeli a számításigényt.

Költségfüggvények

- A leggyakrabban alkalmazott költségfüggvények: az összegzett abszolút differencia (SAD) és a négyzetes hiba (SSE)

- **SAD (Summed Absolute Difference):**

$$SAD(u, v) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |B_{akt}(m, n) - B_{ref}(m-u, n-v)| \quad \begin{array}{l} -R_x \leq u \leq R_x \\ -R_y \leq v \leq R_y \end{array}$$

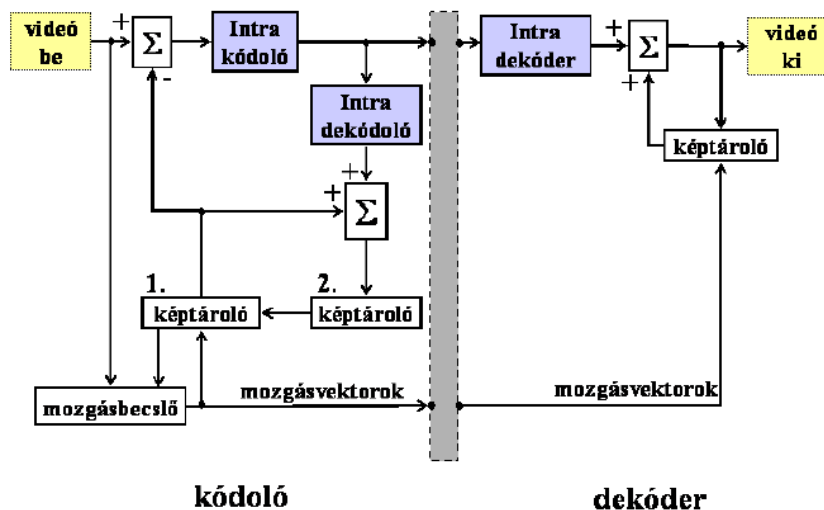
- **SSE (Summed Square Error):**

$$SSE(u, v) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (B_{akt}(m, n) - B_{ref}(m-u, n-v))^2 \quad \begin{array}{l} -R_x \leq u \leq R_x \\ -R_y \leq v \leq R_y \end{array}$$

- $B(m, n)$ a blokk egy pixele, (u, v) az eltolási vektor koordináta

Hibrid kódolás mozgáskompenzált predikcióval

Hibrid kódoló-dekódoló



Mozgáskompenzáció: A prediktort a mozgásinformáció felhasználásával javítjuk annak érdekében, hogy a hibakép minimális legyen.

Mozgásbecslés: A mozgásvektorok megkeresése.

A kódolás ezek után történhet az eredeti képeken (intra képek, önmagukban kódolt képek), vagy a predikciós hibaképeken (prediktív képek), hiszen általában ezen utóbbiak is tartalmaznak térbeli redundanciát.

Statisztikai redundancia: pixelek adott környezetben belül, és a képek adott időintervallumon belül hasonlóak.

Észlelési redundancia: A videó jel a HVS számára lényegtelen részeket is tartalmaz, ami eltávolítható.

19. Az MPEG videó kódolás rétegszerkezete, képtípusok, képsorrendek, makroblokk típusok.

1. szekvencia réteg: A kódolt szekvenciát azonosítja, a fejléc tartalmazza a rendszeradatokat (képméret, bitsebesség stb.)

- Képméret
- képfrekvencia
- bitsebesség vagy VBR (változó bitsebességű kódolás) jelző
- kvantálási mátrixok (opcionális)

2. képcsoport réteg: (Group of Pictures GoP) legalább egy önmagában kódolt (I) képet tartalmazó, bizonyos számú kép együttese (a véletlen hozzáférés egysége)

- időkód
- nyílt/zárt GoP flag

3. képréteg: a kép kódolt adatait tartalmazza

- kép sorszáma a GoP-n belül (kijelzési)
- kép típusa (I, P, B)
- mozgásvektorok pontossága (egész/fél)
- mozgásvektor tartománykód

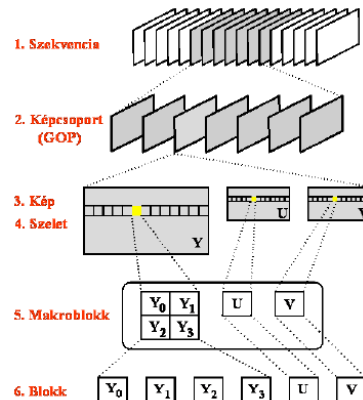
4. szelet réteg: MB-ok sorfolytonos csoportja, az újra szinkronizáció egysége, a legalsó szint, amelyben a dekóder még képes feléledni bithiba esetén

- vertikális pozíció
- kvantálási skálafaktor

5. makroblokk réteg: általában az Y 16x16-os és a Cb-Cr 8x8-as blokkjaiból áll. A mozgáskompensáció egysége.

- MB címkülönbség és típus
- új M_{quant} (opcionális)
- mozgásvektorok (1 vagy 2) – csak prediktív és interpolált MB-ban

6. blokk: A MB 8x8-as blokkjai, a DCT kódolás egysége



MPEG-vidéo réteg-szerkezete

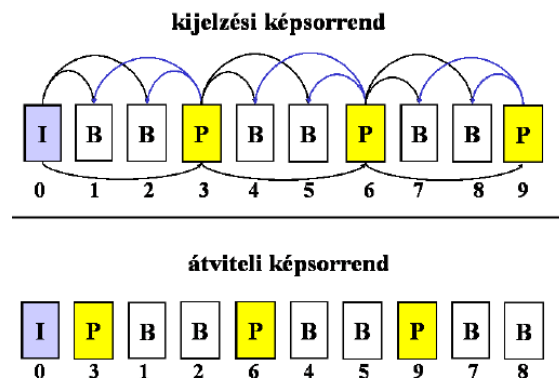
4 bájtos szinkronszó a Szekvencia, a GoP, a Kép és a Szelet fejléce előtt.

MPEG képtípusok

1. I (Intra coded): Önmagában kódolt kép, a dekódoláshoz szükséges minden adatot tartalmaz.
2. P (Predictive Coded): A múltból prediktíven kódolt kép, referenciája az előző I vagy P kép, a dekódoláshoz a referencia szükséges,
3. B (Bidirectionally coded): Két irányból kódolt kép, referenciája az előző I vagy P(múltbeli) és a következő I vagy P(jövőbeli) kép. A B kép nem lehet referencia.

Az I képek a legkevésbé a B képek a legjobban tömöríthetőek.

Képsorrendek



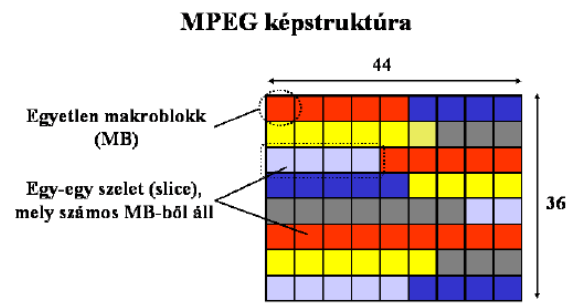
Európai: IBBPBBPBBPBB (Long GOP)
Amerikai: IBBPBBPBBPBB (Long GOP)

Makroblokk típusok:

I: Minden MB önmagában kódolt, intra típusú.

P: MB lehet önmagában vagy prediktíven kódolt.

B: A MB lehet csak a múltból, csak a jövőből, a múltból és a jövőből, illetve önmagában kódolt.



Egy MPEG-2 EU SD kép 44 x 36 MB tartalmaz

20. MPEG bitsebesség vezérlés, konstans és változó bitsebességű kódolás.

Konstans bitsebességű kódolás (CBR)

1. Előrecsatolt (feed-forward) bitsebesség szabályozás: Globális (kép szintű) és lokális (MB szintű) szabályozás komplexitás analízissel.
2. Visszacsatolt (feed-backward) bitsebesség szabályozás: lokális szabályzás a buffer telítettség figyelésével.

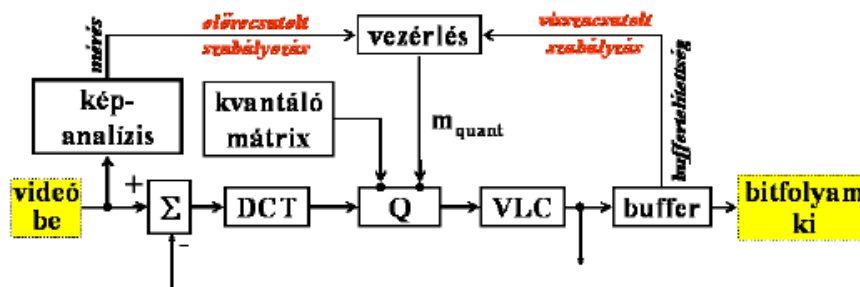
A probléma, hogy az egységnyi idő alatt keletkezett bitek száma változó, mert:

- a különböző típusú képek (I, P, B) különböző bitszámmal kódolhatóak
- egy képen belül is változhat a képtartalom, a bonyolultabb struktúrájú területek leírásához több bitre van szükség.
- a változó szóhosszúságú kódolás is szerepet játszik a pillanatnyi bitsebesség ingadozásában.
- Megoldás: A kóder kimenetére helyezett pufferrel, melyből a csatorna fix órajellel olvassa ki a biteket.

Változó Bitsebességű kódolás (VBR)

1. nyílthurkú: Nincs puffer szabályozás. ha a bitfolyam vezérelhető eszközről (pl. DVD) történik, akkor a puffer végtelen nagy
 - konstans skálafaktorú kódolás: a kvantálási zajt egyenletesen teríti a képen. (nem feltétlenül a legjobb képminőség)
 - változó skálafaktorú kódolás: a skálafaktort a képtartalomhoz igazítja (pl. DVD)
2. visszacsatolt: Van puffer szabályozás. A kódolás lényege, hogy a rendkívül változó pillanatnyi bitsebességet kisimítjuk, mielőtt a bitfolyam a VBR csatornára kerül. Így a sebesség a definiált csúcssebesség alatt marad.

A VBR kódolás 20-30%-al kisebb átlagos bitsebességet eredményez, mint ugyanazon képminőségű CBR kódolás



• Lépések:

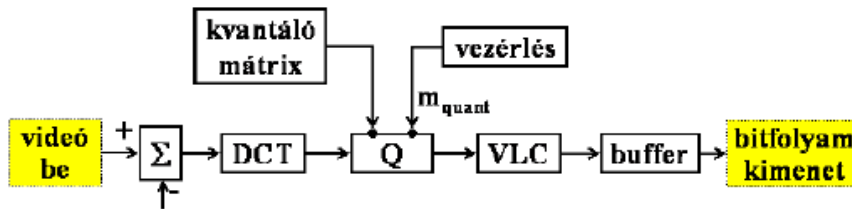
- GOP-ra elosztható bitek száma adott, a cél bitszám meghatározása I, P, B képekre (globális képminőség)
- A kvantáló tényezők meghatározása: MB komplexitástól és textúrától függő referencia kvantáló felvétele (lokális minőség)
- A kvantáló módosítása a puffer telítettségnek megfelelően

21. Az MPEG videó kódoló egy lehetséges felépítése és működése.

Kódolás: Az intra MB-on, vagy a predikciós hiba MB-on 8x8-as DCT-vel, külön az Y(4) és külön a $C_R(1)$, $C_B(1)$ 8x8-as blokkokon.

Újra-quantálás (Q): A kvantálási lépcsőt a kvantáló mátrix megfelelő elemének és egy kvantáló skálafaktornak a szorzata adja m_{quant} .

A skálafaktor szeletenként, vagy MB-onként újradefiniálható:

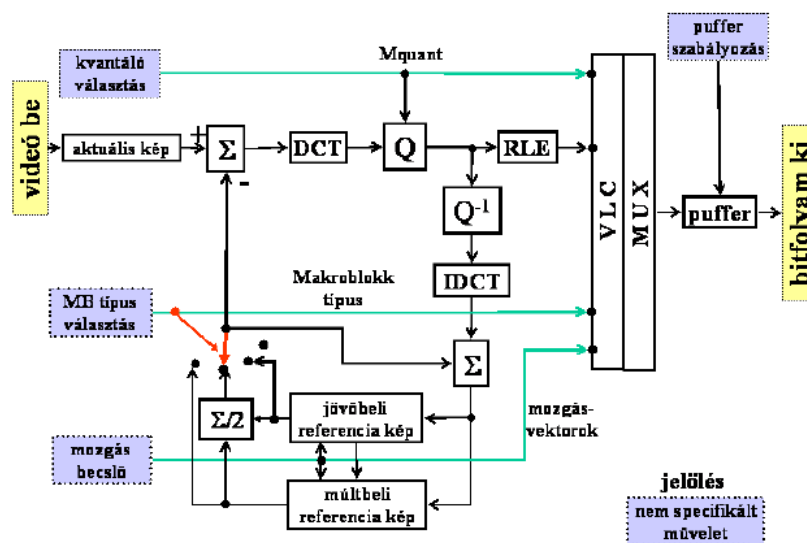


A kódolás folyamata

A kvantáló mátrixok különböznek I és P MB-okra.

- I típusú MB-ra a HVS-nek megfelelő
- Nem I típusú MB-ra: minden értéke azonos, mivel a hibablokk zajszerű
- DC DCT együtthatók kódolása: differenciális veszteségmentes: VLC, de csak az I típusú MB-ra
- AC DCT együtthatók kódolása: cikk-cakk elrendezés {0-k száma, értékes amplitúdó} párok képzése, gyakori párokhoz VLC rendelése.
- Mozgásvektorok kódolása veszteségmentes DPCM (differential pulse code modulation), plusz VLC
- Ha egy MB összes blokkja zérussá válik a kvantálás után, akkor azt nem kódoljuk
- Gyakorlatilag „majdnem” 0 bittel írhatók le az úgynevezett kihagyott (skipped) MB-ok, amelyek definíciója az alábbi:
- Kihagyott MB P képben: nem kódolt, és nem mozgáskompenzált, mozgásvektorra zérus
- Kihagyott MB B képben: nem kódolt, és az összes mozgásvektora az előző MB-éval egyezik meg
- A MB típus meghatározása nem specifikált kódoló oldali feladat

MPEG videó kódoló felépítése



22. Az MPEG-2 profile-level szerkezete. Programok független és együttes kódolása.

Az MPEG-2 különböző osztályokat definiál, melyek meghatározzák az adott bitfolyamok dekódolásához szükséges dekóder képességet és kapacitást.

Profile-ok:

- mintavételi frekvencia (Y, U, V)
- képtípusok
- egyéb pl. skálázhatóság

	Simple	Main	SNR	Spatial	High	422P
YUV	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0 4:2:2	4:2:0 4:2:2
Képtípus	I, P	I, P, B	I, P, B	I, P, B	I, P, B	I, P, B
Skálázhatóság	nem	nem	igen	igen	igen	igen

Level-ek:

- képméret (H, V)
- képfrekvencia
- bitsebesség

	Low	Main	High-1440	High	422P
Horizontális méret	352	720	1440	1920	720
Vertikális méret	288	576	1152	1152	608
Képfrekvencia (Hz)	30	30	60	60	30
Bitsebesség (Mbit/s)	4	15	60	100	50

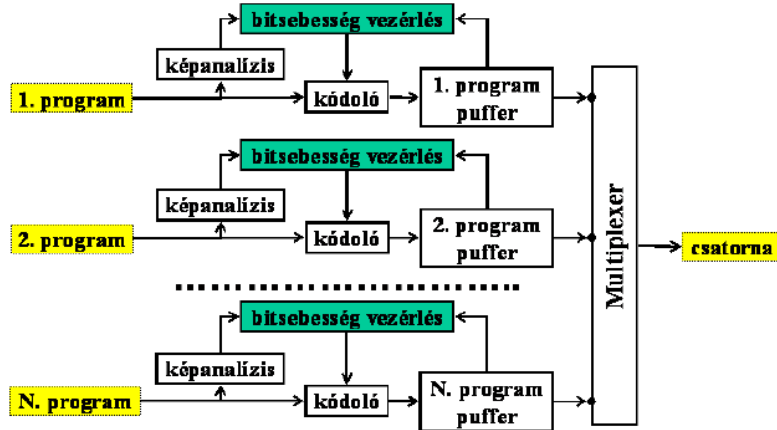
Low: videó konferencia
 Main: SDTV
 422P@ML: stúdiótechnika
 High: HDTV

MPEG-2 alkalmazhatósági felületei

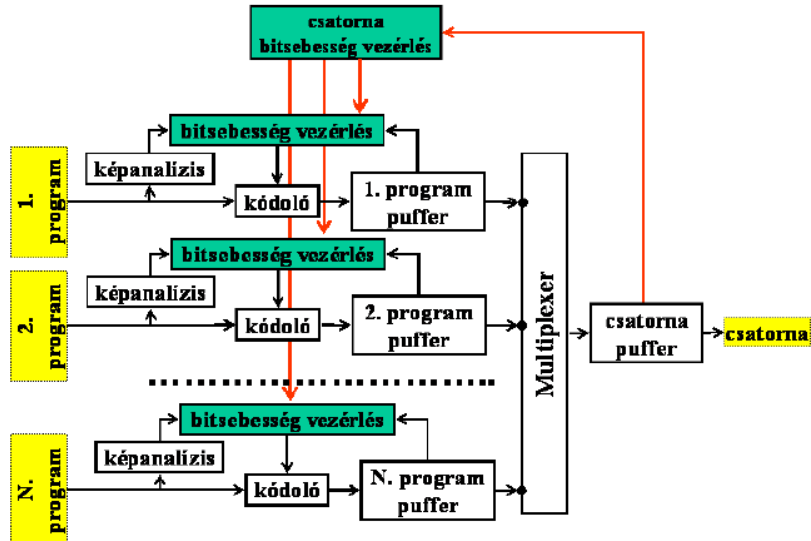
High-1920 level					AVC VC-9(1)	
High-1440 level						
Main level		720x576 15 Mbit/s				720x608 50 Mbit/s
Low level						
	Simple profile	Main profile	SNR scalable profile	Spatially scalable profile	High profile	422 profile

Programok független kódolása és multiplexelése

- Minden program előre definiált adatátviteli sebességet kap
- Bitsebesség vezérlés programonként külön-külön



Statisztikus kódolás és multiplexelés vázlatja

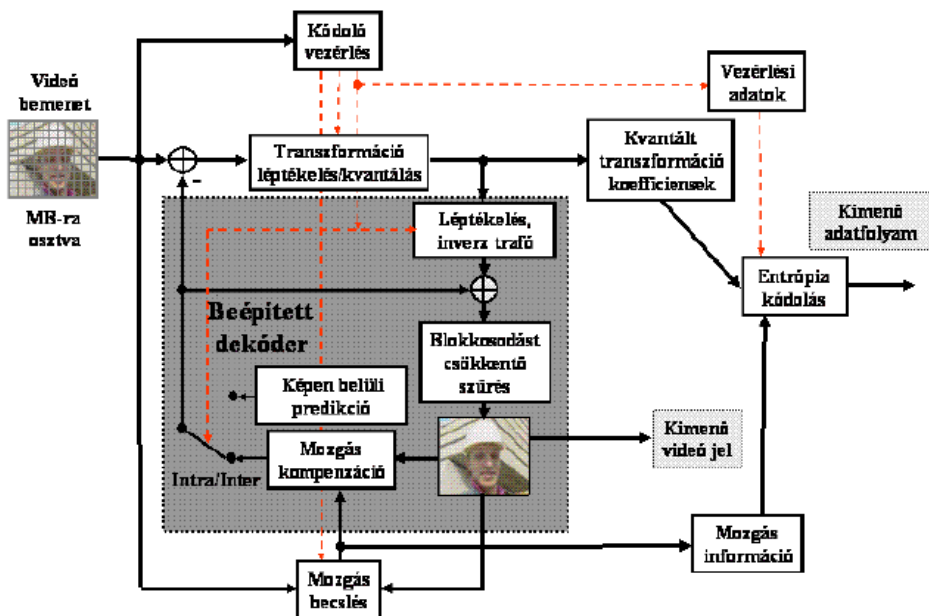


23. Az AVC és az MPEG-2 közötti hasonlóság és különbség.

Advanced Video Coding: jobb képminőség, bővített kódolási eszközkészlet, jelentős adat kompresszió és kódolási hatékonyság.

- 1, Nem csak fix méretű mozgáskompensációs egység, hanem tartalom adaptív méret állítás
- 2, Képen belüli predikció
- 3, Nem csak két referencia képes időbeni predikció, hanem sok-képes predikció is
- 4, Blokkosodást gátló szűrés
- 5, Pontosabb mozgáskompensáció:
Pixel alatti (1/4 és 1/8) mozgásvektorok
- 6, Kétféle javított hatékonyságú entrópia kódolás (15%)
- 7, Integer transzformáció DCT helyett
- 8, SD és kisebb felbontások támogatása 8bit/minta 4:2:0

AVC kódolás alap struktúrája



Blokkosodást megakadályozó szűrés

Erősen kompresszált önmagában kódolt képekre

Jelentősen csökkenti a predikciós hiba maradványok hatását

Mivel lényegesen bonyolultabb, mint az MPEG, ezért nagyobb feldolgozási teljesítményt igényel a kódolás és a dekódolás is.

Kezdetben 3 profile

AVC profilok	Megcélzott alkalmazás	Dekóder felépítés MPEG-2-höz képest	MPEG-2-höz képesti kódolás hatékonyság
Baseline	Kis késleltetés (videótelefon, mobil)	150%-kal komplexebb	50%-kal jobb
Extended	Mobil, streaming	250%-kal komplexebb	75%-kal jobb
Main	Váltott-soros videó, műsorszórás	300%-kal komplexebb	100%-kal jobb

Új profile-ok:

High Profile	8 bit	4:2:0
High 10	10 bit	4:2:0
High 4:2:2	10 bit	4:2:2
High 4:4:4	12 bit	4:4:4

A szubjektív képminőség vizsgálatok szerint az objektíven mért javulással nem egyenesen arányos a szubjektív képminőség javulás (különösen HD filmekre)

AVC kódolási hatékonysága:

A vizsgálatok szerint az SD/HDTV alkalmazásokban az AVC 4/9 - 2/5 -ére csökkenti az MPEG-2-höz képesti adatsebességet, de a csökkenés képtartalom függő!

24. MPEG rendszer időzítési megfontolásai, az időbélyegek szerepe, a beültetés folyamata.

Bitfolyam kódolásakor célszerű az egyes bitfolyamok kódolását egyetlen közös órajelhez kötni

- lehet valamely forrás órajele
- lehet külső órajel
- a TS programjai rendelkezhetnek saját időalappal is.

A szinkronizáció úgy biztosítható, hogy a kódoló akkor generálja a PTS-t, amikor a kérdéses adategységet megkapta, és azt a PTS-t az adategység megfelelő adatai közé beülteti.

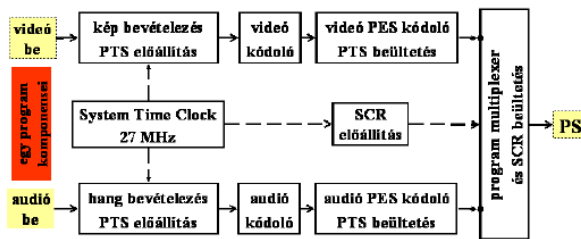
A dekódoló a PTS-t kinyeri és a jelzett időben végzi a kijelzést.

Az adatfolyamok (PS, TS) elemi komponensei közötti szinkronizáció alapja, az időbélyegek beültetése. Az időbélyegek valamilyen órajel, adatfolyamba beültethető formában lévő adatait tartalmazzák. Az időzítési információ általában egy közös órajelből származik: STC (System Time Clock)

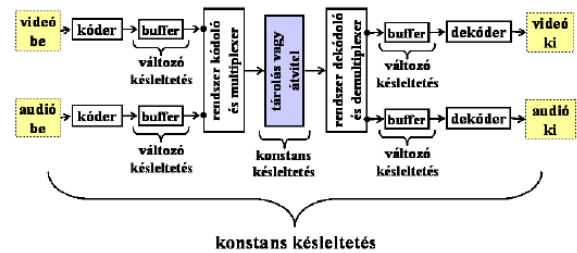
PS-nél lehet a videó vagy az audió mintavételi frekvencia többszöröse, de lehet olyan frekvencia is, amely kissé eltér a pontos aránytól

TS-nél csak a videó vagy az audió mintavételi frekvenciájának többszöröse lehet, szinte mindig 27 MHz

A PTS és DTS beültetés folyamata
(PS esetében bevezetésként)



Rendszer időzítési modell



PTS (Presentation Time Stamp - Kijelzési Időbélyeg) 33 bit, a PU kijelzési ideje, az STC periódusidejének 300-szorosában (90kHz), ha az időpont t_p :

PES→Optional Head→Opt. Field→PTS

$$PTS = \{(STC \cdot t_p) \cdot \text{DIV}300\} \bmod 2^{33}$$

DTS (Decoding Time Stamp) 33 bit, az AU kijelzési ideje, az STC periódusidejének 300-szorosában (90kHz), ha az időpont t_d :

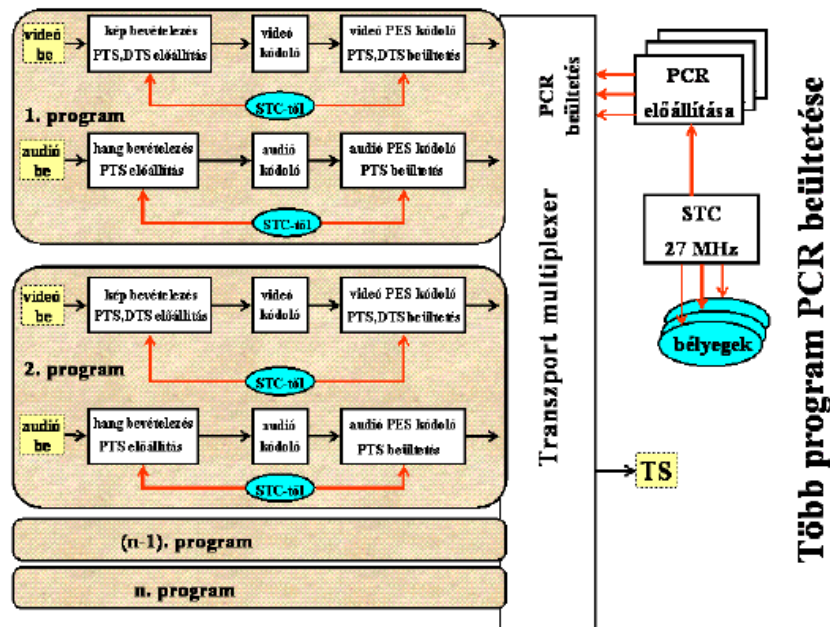
PES→Optional Head→Opt. Field→DTS

$$DTS = \{(STC \cdot t_d) \cdot \text{DIV}300\} \bmod 2^{33}$$

PCR (Program Clock Reference – program órajel referencia): 42bit, az adaptációs mező legfontosabb része, amely a kódoló oldalon a rendszer-órajel (27MHz) periódusait számlálja (kb. 26 óra körül fordulással), a vevőben a digitális óragenerátor PLL referenciáját szolgáltatja.

TS→Adaptation Field→Optional Fields→PCR

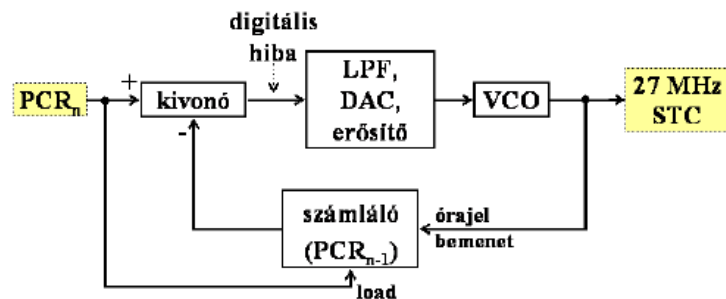
$$PCR = \{STC \cdot t\} \bmod 2^{42}$$



A vevő STC PLL regenerálása:

- A vevő kapja a TS-t, ami az aktuális adatsebességgel érkezik
- A néző által kért program szűrése PID alapon
- A választott program videó adatfolyamából a PCR kinyerhető

A TS programonként tartalmazza a PCR-t. A PCR az STC abban a pillanatban fellépő értéke, amikor a PCR maga belép a modell dekóderbe (így ültetjük be). Tehát a PCR megadja a feltételezett és tervezett beérkezési idejét, feltéve, ha a rendszer órajel ismert és szinkronban van. A megfelelően

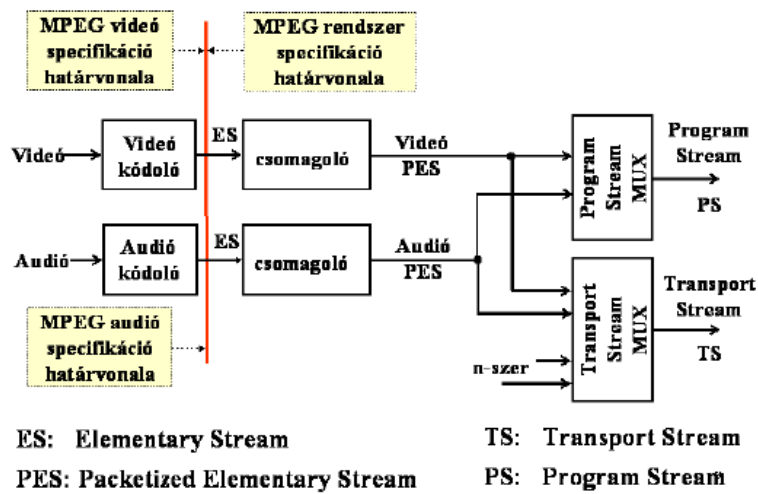


konstruált MPEG-2 bitfolyam PCR értékei a PCR által hordozott időben érkeznek be a dekóderbe. Ha a dekóder és a kóder időalapja szinkronban jár, akkor a teljes konstans késleltetés a bemenet és a kimenet között, valamint a szinkron megjelenítés biztosított. Megjelenési gyakorisága a TS-ben 100, a PD-ben 700ms, ezzel biztosítható az órajel regenerálás.

Ha a VCO szabadon futó frekvenciája elég közel van a kódoló órajel frekvenciájához, akkor a dekóder STC-je az első PCR beérkezése után azonnal megfelelő lesz. Amíg a dekóder PLL nincs fáziszárban, folyamatos és elkerülhetetlen buffer foglaltság növekedés és csökkenés következik be, ami buffer alul/túlszordulást eredményez. Ezért a dekóder STC frekvencia PLL zárási idejének áthidalására járulékos buffer méretet és késleltetést kell definiálni. Abban az esetben, ha a dekóder olyan PCR-eket vesz, melyek értéke és belépési ideje korrekten tartalmazza a kóder órajel értékeit, a „hiba” nulla értékhez konvergál a PLL zárása után.

25. Az MPEG adatfolyamok (PS, TS, PES, AU, PU) kialakításának folyamata

MPEG bitfolyamok kialakításának vázlata

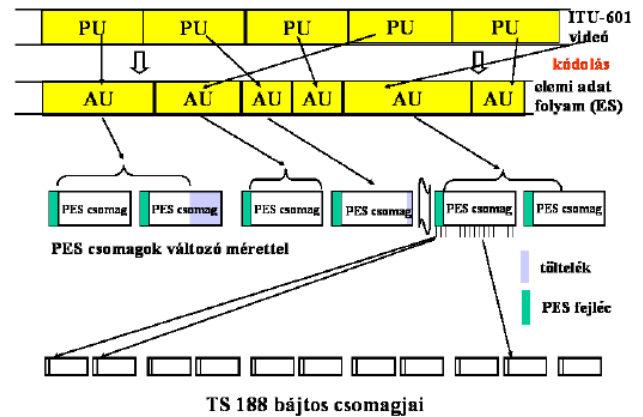


Adatfolyamok és TS kialakítása

ES: A hozzáférési egységek (AU) sorfolytonos folyamata

PU: Presentation Unit – A videó és az audió megjelenítési egysége (a videó esetén a kép, audió esetén pedig jól definiált időtartalmú audió minta)

AU: Access Unit – Hozzáférési egység, amely a PU kódolt adatait tartalmazza.



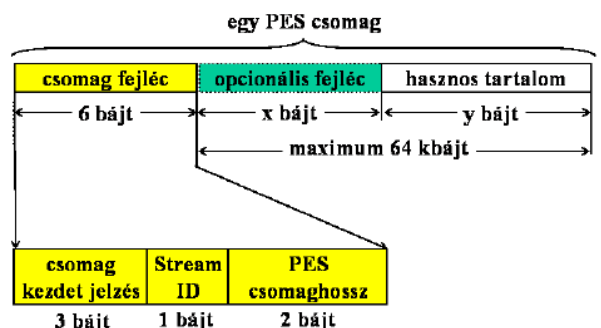
PES: Packetized Elementary Stream – Egy elemi komponens kódolt adataiból létrehozott azonos azonosítóval rendelkező csomagok folyamatos sorozata. Adatmezőjét a komponens egymás utáni adat bájtjaiból az eredeti sorrendet megtartva kell létrehozni.

Csomag kezdet jelzés: startkód - 0000001

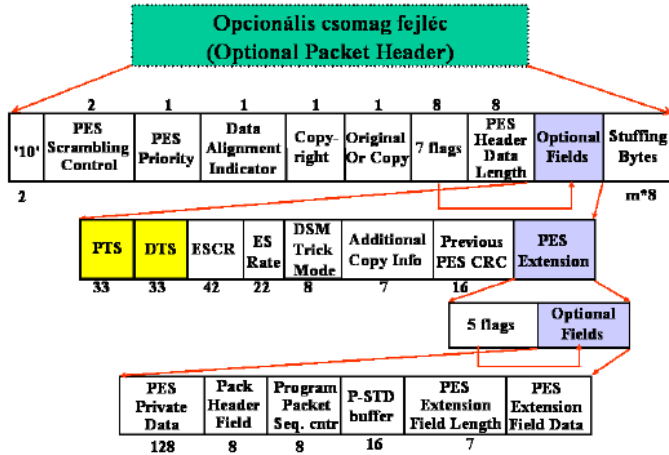
Stream ID: adatfolyam azonosító - mely a típust azonosítja: video, audio, vagy egyéb adatfolyam

Csomaghossz: a hasznos adattartalom méretét adja meg, max. 64 kbájt

A PES csomag általános felépítése



Az opcionális csomag fejléc felépítése



Innen a két időbélyeg a lényeg: a PTS és a DTS.

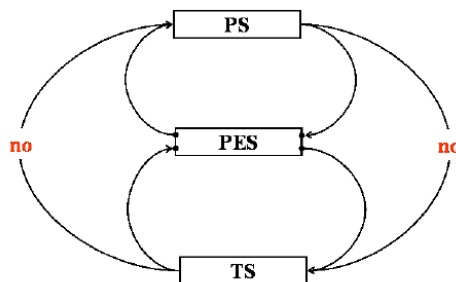
PS (Program Stream):

- Egyetlen program, azonos időalappal rendelkező elemi adatfolyamainak kódolt adatait tartalmazza
- Kis hibavalószínűséggel tárolás, vagy átvitel céljaira
- Szoftveralkalmazások számára dolgozták ki
- Maga a PS lehet változó és fix bitsebességű
- Az alkotó elemek is lehetnek fix, vagy változó sebességűek
- A PS sebességét az időalap bélyegének helye és tartalma, és az adatsebesség mező határozza meg.

TS (Transport Stream):

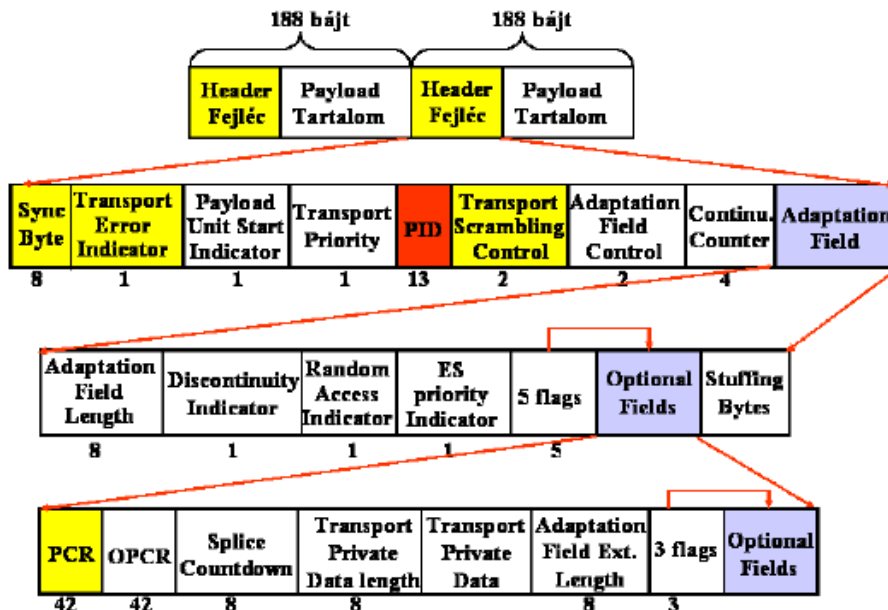
- A TS-t zajos környezetre (fix méretű csomagok) tervezték
- Egy vagy több program kódolt adatait tartalmazza
- Lehet fix vagy változó adatsebességű
- A komponensek is lehetnek fix vagy változó adatsebességű
- Minden programnak lehet független időalapja
- TS előállítás kritikus, ha több egymástól független időalappal rendelkező programból kell kialakítani egyetlen konstans bitsebességű TS-t
- TS-t előállítani tetszőlegesen lehet, ha az érvényes szintaxisú bitfolyamot eredményez.
- Az előállítás történhet PES-ből vagy TS-ből.

PES, PS és TS közötti konverzió



26. A TS adatfolyam felépítése, jellemzői, bitszintaxis. MPEG-PSI célja, felépítése.

A TS adatcsomag (packet) felépítése



- Szinkron bájtt: Értéke hexa 47
- Átviteli hibajelzés (1bit): Jelzi, hogy a csomag átvitele során valahol a hibavédelmi eljárás nem volt képes minden hibát kijavítani, így a csomag tartalma figyelmen kívül hagyandó.
- Csomagazonosító (13 bit): Egy adott TS-csomag hasznos adatrésze titkosított-e vagy sem
 '00' akkor a hasznos rész nincs titkosítva
 '01' v. '10' : akkor a hasznos adatrész titkosított
 '11' akkor valami egyéb gond van
- Csomag folytonossági számláló (4 bit): Minden azonos PID-ű TS csomagsorozat rendelkezik ezzel a 4 bites számlálással, amely 0 és 15 között inkrementálódóan számol úgy, hogy 15 után a 0-t veszi fel, és minden azonos PID-ű csomag esetében értéke eggyel nő, alkalmazása lehetővé teszi a vevő oldalon a csomagvesztés detektálását (ha értéke nem eggyel nő)
- PCR (42 bit): Az adaptációs mező legfontosabb része, amely a kódoló oldalon a rendszerórajel (27MHz) periódusait 42 biten számlálja (kb. 26 óra körül fordulással), a vevőben a digitális óragenerátor PLL referenciáját szolgáltatja

MPEG – PSI (Program Specific Information)

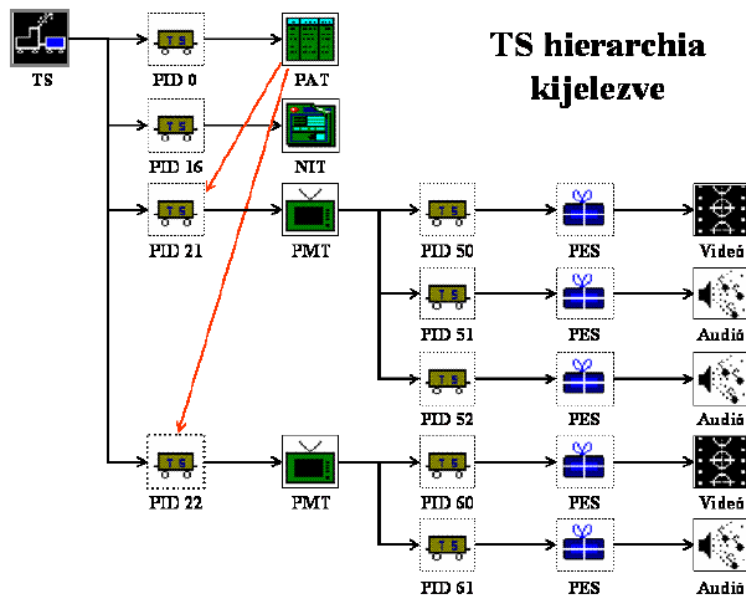
Egy TS feldolgozásához ismerni kell az adott TS-t alkotó program komponenseket és azok elérési címét (PID). Tehát továbbítani kell a TS felépítését. Ehhez speciális PID-eket kell kijelölni, ahol a TS tényleges PID kiosztástól független TS felépítés közölhető. Ezért a '0'-ás PID-et kijelölték a TS program tartalomjegyzék (PAT) továbbítására. A TS-t alkotó egyes programok felépítése nagyon bonyolult is lehet, ezért a fenti tartalomjegyzék nem a TS tényleges felépítését, hanem azokat az elérési címeket (PMT-PID) hordozza, ahol az egyes programok felépítése megtalálható. A PSI célja tehát azon információk biztosítása, melyek lehetővé teszik a TS demultiplexálását, a program komponensek megkeresését és azok azonosítását. Egy TS sok elemi bitfolyamból áll, amelyek mindegyike egy, vagy több PID-del azonosítható. A dekóder ezeket figyeli és az adott műsorhoz megfelelően beállított PID-ű TS csomagokat továbbküldi az audio, videó, illetve rendszerinformációkat feldolgozó egységnek, a többi egyszerűen figyelmen kívül hagyja (ez a

PID szűrés). Teljes program, vagy programok lehetnek titkosítottak is. De a PSI nem lehet titkosított.

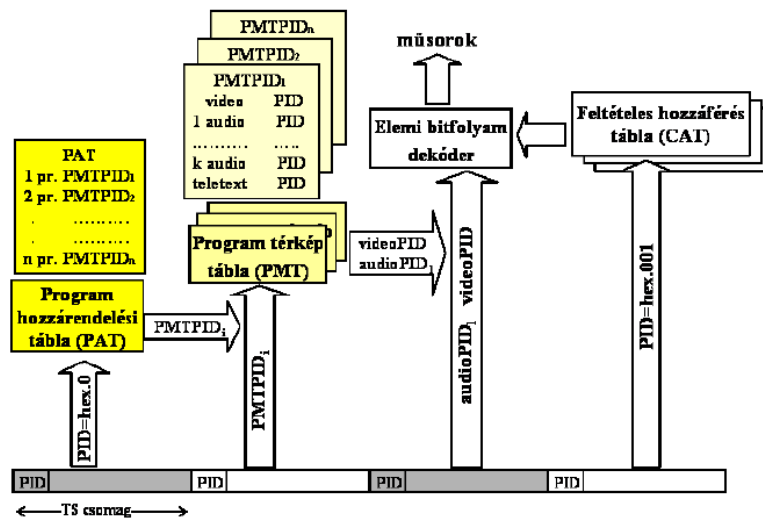
A PSI-hez négy MPEG tábla tartozik

- PAT: Program Association Table - TS program hozzárendelési tábla (PID:0000)
- PMT: Program Map Table - Egyedi program térkép tábla
- NIT: Network Table Information - Hálózati információs tábla
- CAT: Conditional Access Table - Feltételes hozzáférés tábla (PID:0001)

A műsorszórás sok TS adatfolyammal dolgozik. Ezekben a PSI táblák mindegyike megjelenik. A PAT/PMT tábláknak minden esetben komplettnek kell lennie és valamennyi komponensről teljes leírást kell adnia. Ha egy komponens hozzáférése vezérelt, akkor a CAT táblának is meg kell lennie. A PAT táblák adatait mindig a '0'-ás PID-ű, míg a CAT táblák adatait a '1'-es PID-ű TS csomagok hordozzák. A PMT táblákat hordozó TS csomagok PID-jei szolgáltató által definiáltak, mint PMT-PID, melyeket valamennyi programra a PAT tartalmaz.



MPEG-PSI alkalmazása



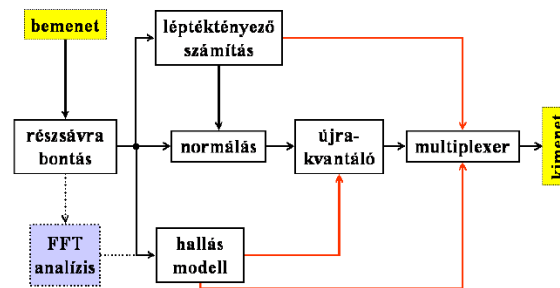
27. Részszávos és prediktív audió kódolás, Pszicho-akusztikus kódolások, elfedési jelenségek.

Részszávos kódolás (Sub-band coding)

Abból indul ki, hogy a hang spektruma nem egyenletes szerkezetű. A legnagyobb komponens foglalja el a dinamikát, a többi, lévén kisebb, nagy redundanciával kódolt.

1. A hang spektrum sávokra bontása (sőt hallás elfedési jelenségek: kritikus sávok)
2. Részszávonként maszkolási szint meghatározás
3. Ami alatta van az nem hallható
4. Cél: újra kvantálási zaj ezen maszk alá kerüljön

A részszávos kódoló vázlata

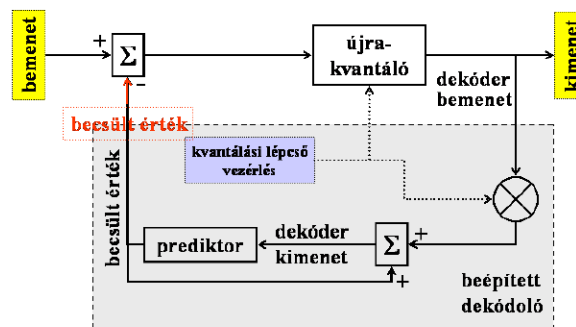


Prediktív kódolás

Az időbeni redundanciát csökkenti, a becült minta és az eredeti minta különbségének újra kvantálásával. A kódoló leutánozza a dekóderben zajló műveleteket.

A folyamat az időtartományban zajlik, tehát nagyon gyors, ezért kicsi a kódolási és dekódolási késleltetés.

Prediktív kódoló vázlata



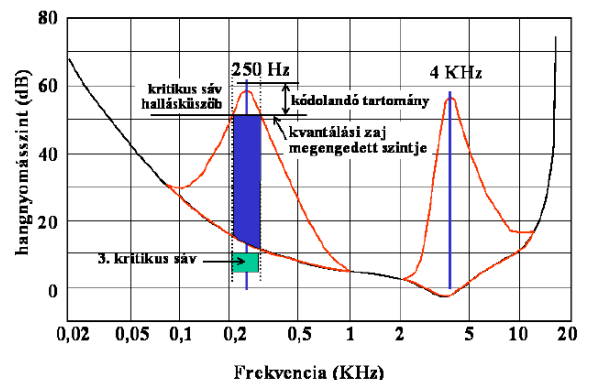
Pszicho-akusztikus kódolások

Kihasználjuk az emberi hallás elfedési, maszkolási modelljét. A hallás következő sajátosságait vesszük figyelembe:

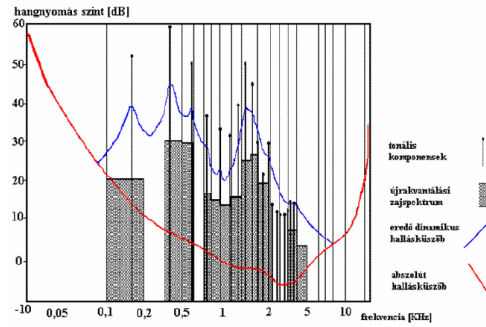
- Abszolút hallásküszöb
- Kritikus sávok fogalma (24 bark)
- Frekvencia tartománybeli elfedés

(...folyt a hátoldalon)

A kritikus sáv és az újrakvantálás kapcsolata

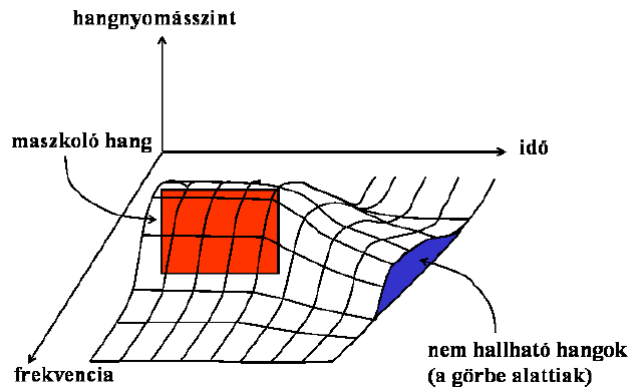


- Dinamikus hallásküszöb: A spektrumból kiemelkedő tonális, vagy keskenysávú zaj jellegű komponensek megemelik frekvenciatartománybeli környezetükben a hallásküszöböt.
- Időtartománybeli elfedés
- A hang tonális és nem tonális szerkezete: hallásunk a harmonikus hangok tisztaságára érzékenyebb, mint a zaj jellegű hangokéra, ezért a tiszta (harmonikus) hangok spektrumvonalait pontosabban kell átvinni. Ehhez meg kell határozni melyek a tonális és melyek a zaj jellegű komponensek. Az emberi hallás a mélyhangok tekintetében nagyobb pontosságot igényel, mint a közepes és magas hangoknál.
- A frekvenciától függő hallás pontosság



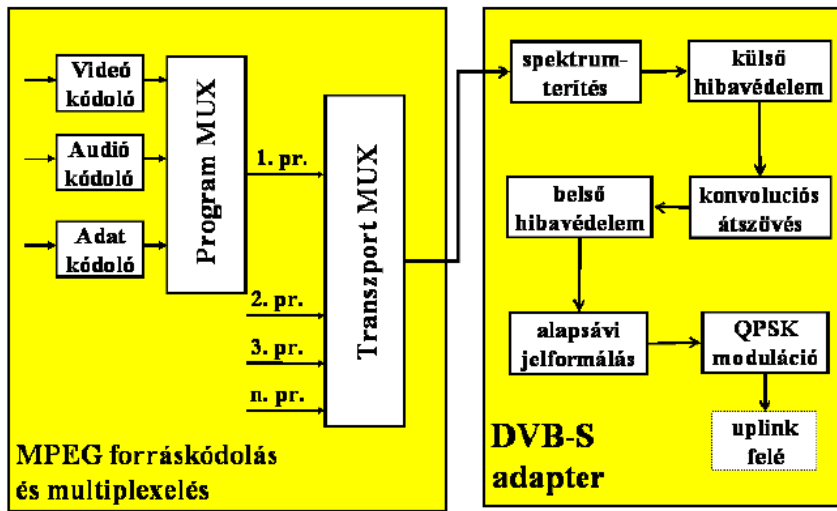
Az angol "a" magánhangzó tonális összetevői és azok elfedési görbéje

3-dimenziós maszkoló görbe



28. DVB-S kódoló felépítése, bitsebességek, BER görbék.

DVB-S kódoló vázlata



Bitsebességek:

R_S : szimbólum sebesség [Mbaud]

R_U : Adó oldali bitsebesség, multiplexálás után [Mbit/sec]

B_W : A 3dB-es transponder sávszélesség

r : kódarány (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)

$$R_S = \frac{B_W}{1,28}$$

, ahol 1,28 a nevezőben transzponder függő.

$$R_U = 2 \cdot R_S \cdot r \cdot (188/204)$$

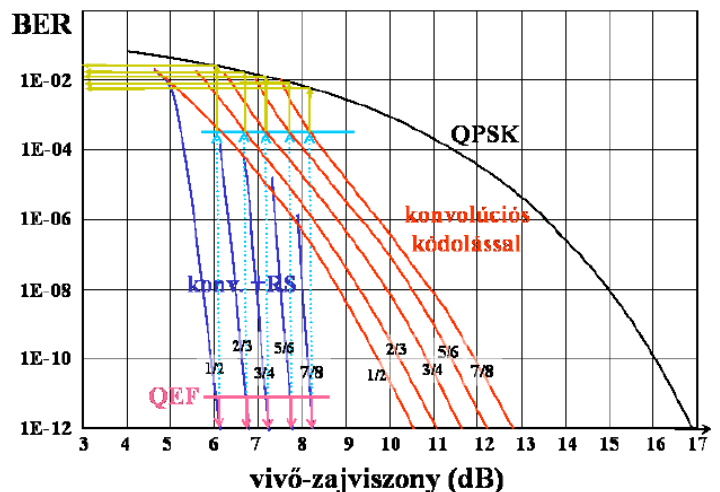
, ahol 2-es szorzó van, mert QPSK esetén egy szimbólumot két bit jelöl.

BER görbék:

- QPSK → 17-ig megy
- konv. átsz. → 10-13 között
- RS kódolással → 6-8 között

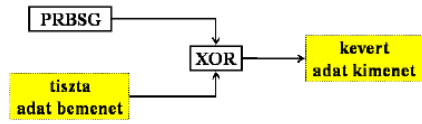
QEF: Quasi Error Free : 10^{-11}

Az elvi DVB-S BER produkció



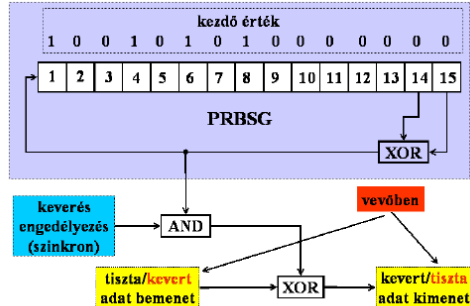
Spektrumterítés:

Digitális rendszer → áthallásmentesítés → álvéletlenné tétel (a konstans vivők megszüntetése)



PRBSG (Pseudo Random Bit Sequency Generator) – általában egy lineárisan visszacsatolt shift register

Mivel tudni kell a TS csomag indulási időpontját, ezért a h47-es összeget nem keverik.



Külső hibavédelem

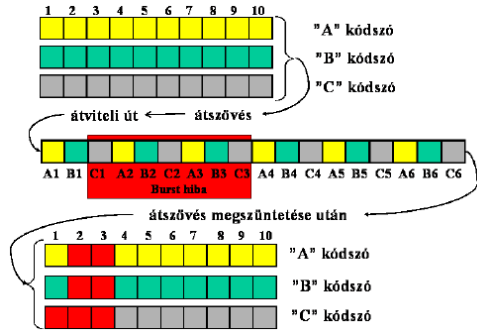
A csomaghibák egyes hibákká szétszórása Reed-Solomon lineáris blokk kódolás

- eredeti üzenet szimbólum egy blokkban: 188 (TS-nél)
- kódolt üzenet szimbólum egy blokkban: 204 (TS-nél)

A javító szimbólumok száma: $t = (d_{min} - 1) / 2$ $d_{min} = n - k + 1 = 17$ így $t = 8$ szimbólum

Konvolúciós átszövés

Az RS hibavédelem csak a blokkon belüli hibákat javítja.
 - így ki lehet javítani hosszabb burst hibákat, mivel azok széttagozódnak rövidekké
 - 12 RS kódolt blokkot szövünk át: $12 \cdot 8 = 96$ bájt javítható max. hiba hossz.



Belső hibavédelem

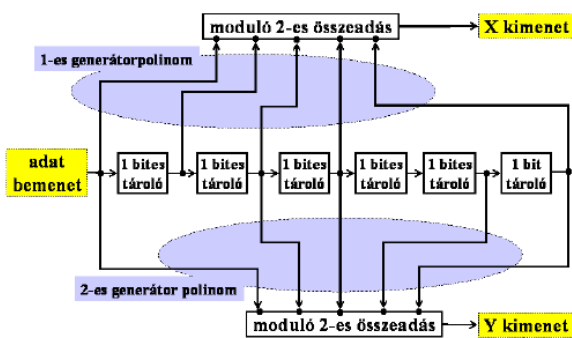
(pontozott konvolúciós eljárás)

Ha az anyakód kódaránya 1/2: akkor egy bemenő bithez, kettő kimenő bitet állítunk elő.

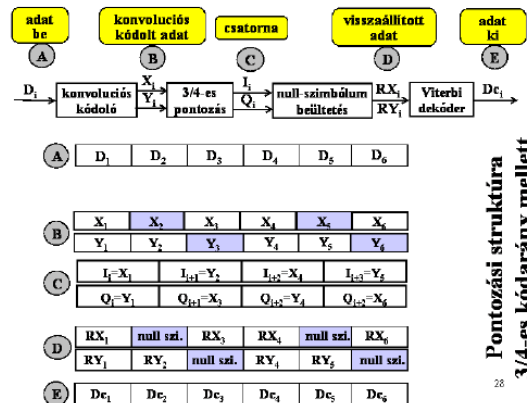
Kényszerített mélység: egy kimenő bitet hány bemenőből állítunk elő

- DVB-ben ez 7: aktuális plusz 6

Az anyakód-generátor felépítése (DVB)



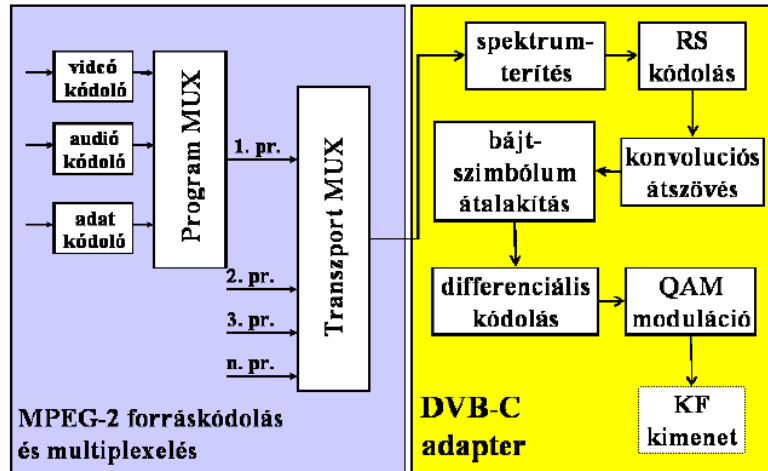
kódarány	pontozási struktúra	
1/2	X: 1	Y: 1
2/3	X: 1 0	Y: 1 1
3/4	X: 1 0 1	Y: 1 1 0
5/6	X: 1 0 1 0 1	Y: 1 1 0 1 0
7/8	X: 1 0 0 1 0 1 0 1	Y: 1 1 1 1 0 1 0



Pontozási struktúra 3/4-es kódarány mellett

29. DVB-C kódoló felépítése, bitsebességek, BER görbék.

DVB-C kódoló felépítése



Bitsebesség:

R_{RS} : adatsebesség RS után

R_S : szimbólum sebesség

R_U : hasznos adatsebesség

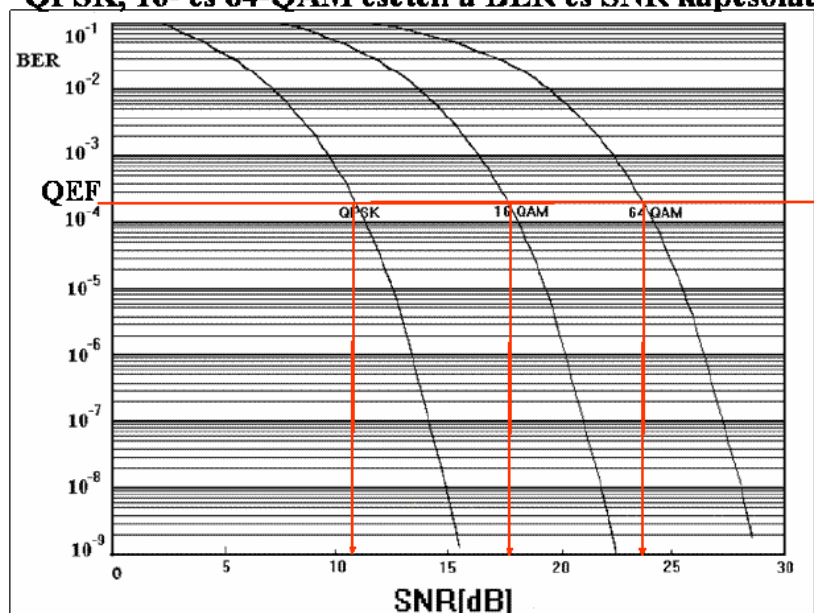
M : a modulációs szimbólumok által hordozott bitek száma

$$R_{RS} = R_S \cdot \log_2(M)$$

$$R_u = R_{RS} \cdot \frac{188}{204}$$

BER görbék:

QPSK, 16- és 64-QAM esetén a BER és SNR kapcsolata



Bájtszimbólum átalakítás

A bájt-szervezésű adatokat az alkalmazott moduláció szimbólumai által hordozott számú bitre kell felbontani. MSB-LSB sorrendben.

m: modulációs szimbólumok által hordozott bitek száma (pl. m=5, 32-QAM esetén)

k: bájt-szám

n: az új bitszámú szimbólumok száma

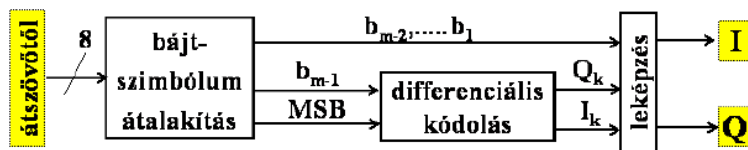
$$\downarrow$$

$$k=5, n=8$$

$$8k=n \cdot m$$

Differenciális kódolás

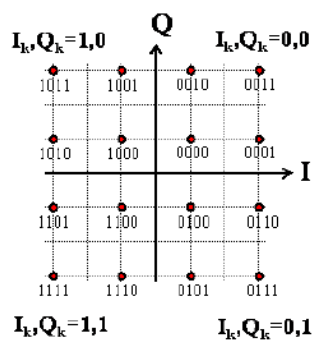
Hatására az alsó bitek elhelyezkedése sík negyed független modulációs pontokat eredményez.



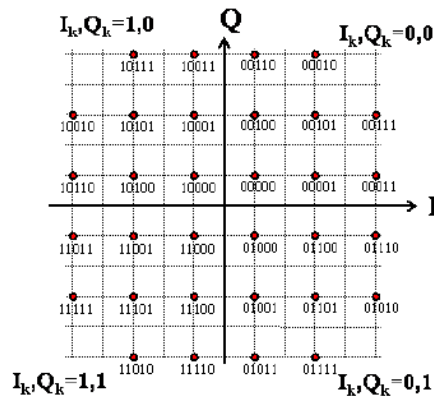
Konstellációs diagramm:

Konstellációs diagramok (Gray leképezés)

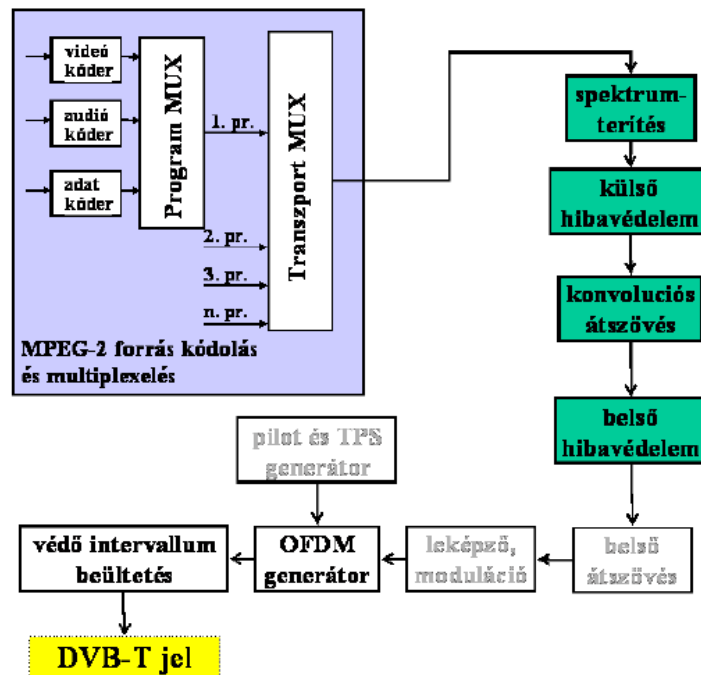
16-QAM



32-QAM



30. DVB-T kódoló felépítése, megfontolások, bitsebességek, OFDM, adásmódok.



Megfontolások:

- frekvencia spektrum hatékony kihasználása
- alacsonyabb kisugárzott teljesítmény (az analóg rendszerhez képest)
- az SFN (Single Frequency Network) modell lehetősége: A szomszédos állomások ugyanazt a frekvenciát használják, így az egymás melletti jelek nem interferálnak.
- digitális adatfolyam → nem csak televízió
- az MPEG tömörítés miatt 4-5 műsor továbbítható a sztenderd 6-8 MHz széles sávcsatornán
- a felhasználónak az elsődleges előny a tökéletes zajmentes kép, CD minőségű hang és egyéb szolgáltatás (Super Teletext, Electric Program Guide)

Bitsebesség

$$R_U = R_S \cdot b \cdot CR_i \cdot CR_{RS} \cdot (T_U / T_S)$$

R_U : hasznos adatsebesség

R_S : szimbólum sebesség

b : bitszám/vivő (QPSK:2, 16-QAM:4...)

CR_i : belső kódarány

CR_{RS} : külső kódarány (188/204)

T_U : hasznos szimbólumidő

T_S : teljes szimbólumidő (hasznos+védő intervallum)

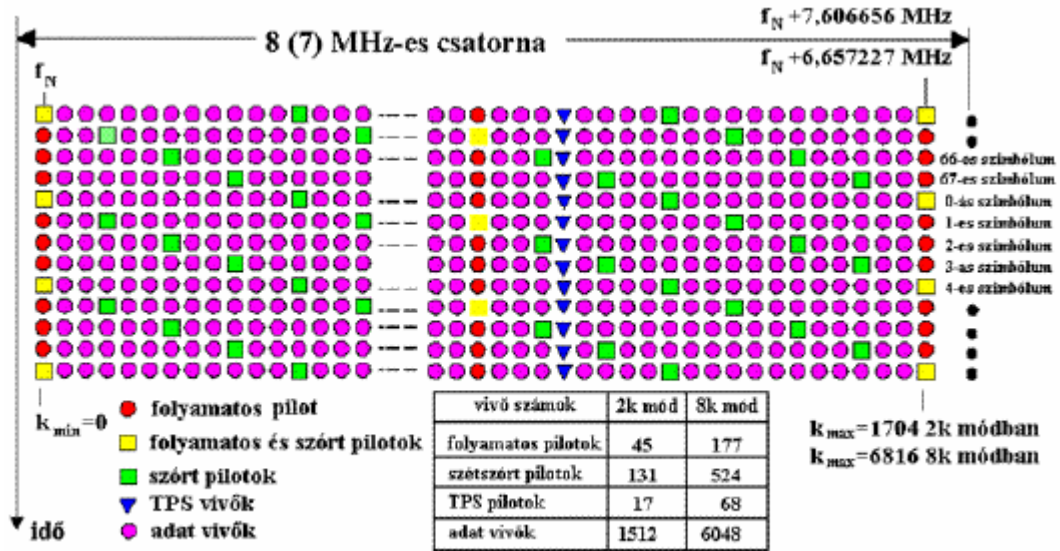
OFDM

Ortogonalis vivő elrendezés az által érhető el, ha a sokvivős rendszer szomszédos vivőinek frekvencia-távolságát a digitális jelzés frekvenciára (szimbólumidő reciproka) választjuk-

OFDM szimbólum: azonos távolságra lévő vivők összessége

- lényeges adat: audio, video
- egyéb infók, amiket a pilotok (referencia vivők) tartalmaznak

- szórt pilot: változó frekv. → A vevő adaptív csatornakompenzációra használja
- folytonos pilot: fix frekvencia → a vevő fázis referencia és AFC célokra
- TPS (Transmission parameter signalling): rögzített frekvencia
 - modulációja DBPSK (differenciális bináris fázisbillyűzés)
 - '0': fázisugrás
 - '1': nincs fázisugrás



Adás módok:

**A DVB-T-ben két adásmód definiált:
2k és a 8k mód (adatok magyarázata később sem!)**

Jellemző	"8k mód"	"2k mód"
Tényleges vivők száma	6817	1705
Szimbólum időtartam (T_u)	896 μ s	224 μ s
Vivő távolság ($1/T_u$)	1116 Hz	4464 Hz
k_{max} és k_{min} közötti távolság	7,61 MHz	7,61 MHz

mód	8k mód				2k mód			
Védelmi idő aránya	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Szimbólum idő	896 μ s				224 μ s			
Védelmi idő (μ s)	224	112	56	28	56	28	14	7

DVB-T paraméterek:

Adás mód 2k: 1705 vivő, 8k 6817 vivő
 Védő intervallum: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
 Vivő moduláció: QPSK, 16-QAM, 64-QAM
 Belső kódarány: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8

Védelmi idő beültetése: szimbólumközi áthallás megszüntetése

- gyakorlatban a szimbólumok közötti védelmi idő intervallum
- nagyobb, mint a hálózat legnagyobb késleltetési időkülönbsége