

Szelessávú mobil és hirközlési
és műsorforgató rendszerek

Szombathy Csaba
Bito János

összevett 2 tárgy

V1502

laboratóriumi feladatok
szemléltetések

Dr. Ferenc Pál - Hirközlésteória

Szombathy Cs.

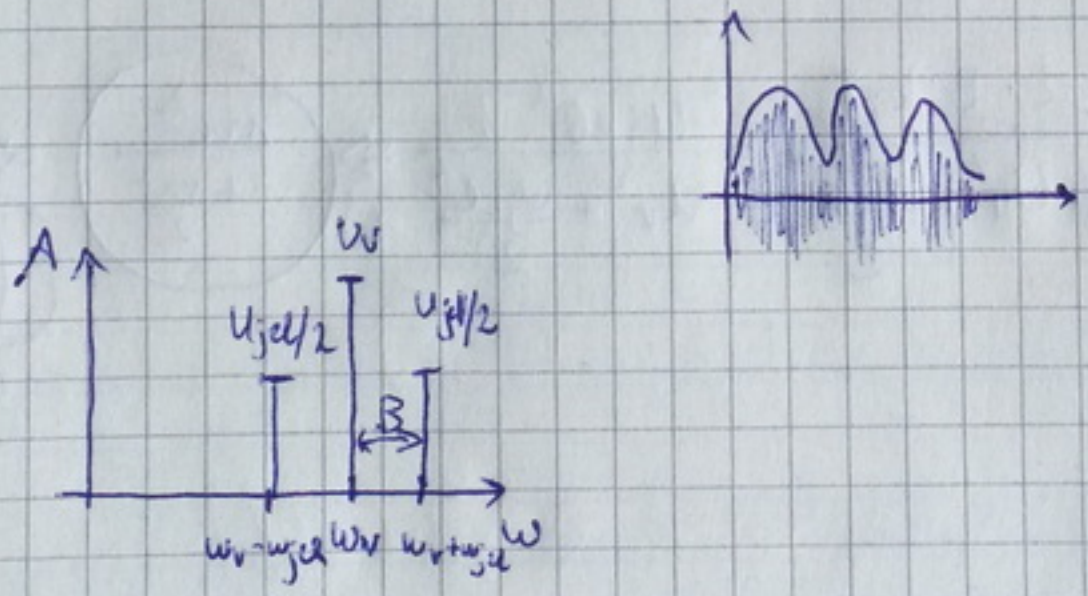
1. Előadás

- modulációk AM/FM

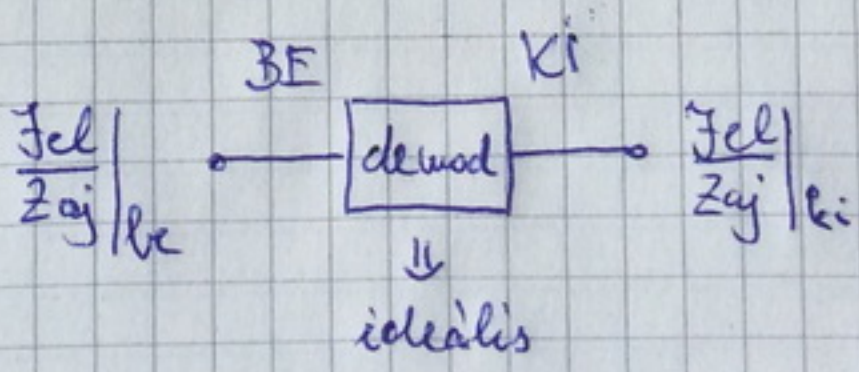
AM $\rightarrow U_{jel} \cdot \sin(\omega_{jel} \cdot t) \cdot \sin(\omega_{vivo} \cdot t) + \underline{U_{jel} \cdot \sin(\omega_{vivo} \cdot t)}$

- a vivőt hozzá kell adni a torzítatlan átvitelhez

Spektrum:



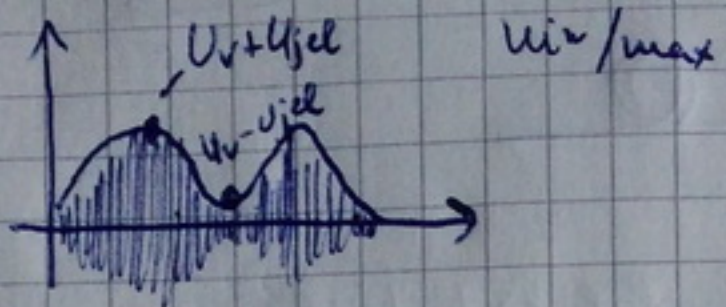
jel-zaj viszony:



- preszemléltetések:
- demodulátor ideális
 - $F_jel / Z_jel|_be \Rightarrow 10 \text{ dB}$
 - $R = 1$

$$\frac{F}{z} \Big|_{ki} \Rightarrow \text{kerülő ágazat!}$$

$$\frac{F}{z} \Big|_{bc}$$



mod
mélység

$$m = \frac{U_{jel}}{U_{rívó}}$$

bevezetés:

$$\frac{U_{rívó}^2}{R(1)} + \left(\frac{U_{jel}}{2}\right)^2 \cdot 2 \Rightarrow \text{jel}$$

$$k \cdot T \cdot B \cdot 2 \Rightarrow \text{zaj}$$

B: legnagyobb felh. háttérzaj:

kineneten:

jel $\rightarrow U_{jel}^2$

zaj $\rightarrow \frac{4 \cdot k \cdot B \cdot T}{2}$ (ideális diódaival lefelesem)

de a két oldal sávi amplitúdókat összeadjuk
 és az eleve zajokat is megduplázom (U)
 Zaj energia 4-szeresedvő

$$\frac{U_{jel}^2 \cdot 2 \cdot k \cdot B \cdot T}{4 \cdot k \cdot B \cdot T \cdot U_r^2 + \frac{U_{jel}^2}{2}} = \frac{U_{jel}^2}{U_r^2 + \frac{U_{jel}^2}{2}} \Rightarrow \frac{m^2}{1 + \frac{m^2}{2}} \Rightarrow \frac{m}{3}$$

$\left(\frac{F}{z}\right)_{max} = \frac{2}{3}$
 $m = 100\%$ esetére

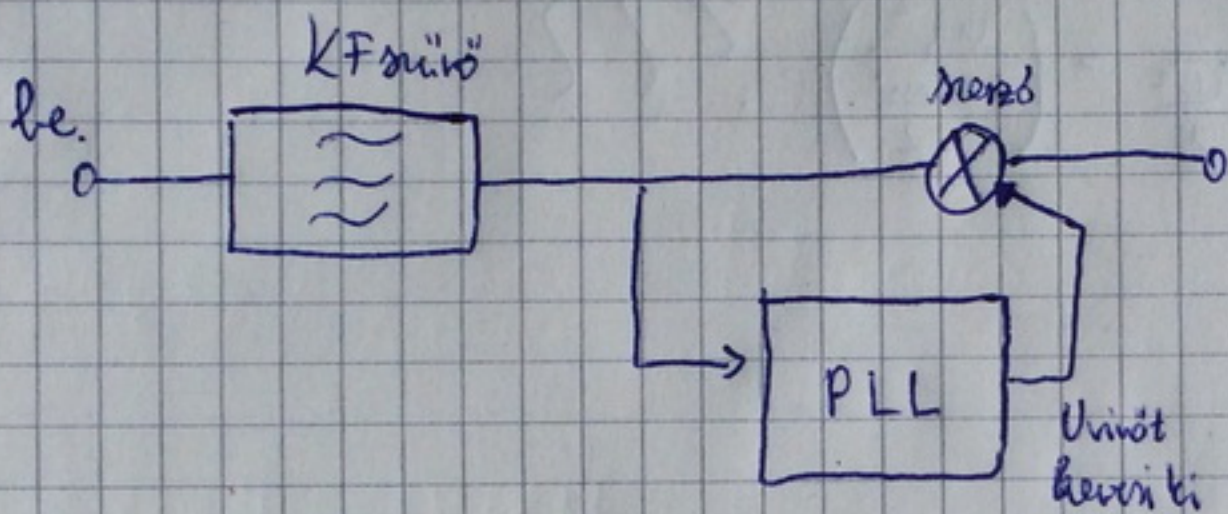
2) Szorzó demodulátor

$$X \cdot \sin(\omega_{vivo} \cdot t) + \text{LPF} \quad \square \quad \text{LPF kiüti!}$$

$$U_{jel} \cdot \sin(\omega_{vivo} \cdot t) \cdot \frac{1 - \cos \frac{2\omega_{vivo} t}{2}}{2} + U_{vivo} \cdot \frac{1 - \cos \frac{2\omega_{vivo} t}{2}}{2}$$

$$\underbrace{\frac{1}{2} \cdot U_{jel} \cdot \sin(\omega_{jel} \cdot t)}_{\text{jel}} + \underbrace{\frac{1}{2} U_v}_{\text{DC}} \quad \leftarrow \text{mindkét oldalsávól jött!}$$

+ konstans



$$\sin(\omega_{jel} \cdot t) \cdot \sin(\omega_{vivo} \cdot t) \cdot \sin(\omega_{vivo} \cdot t) \Rightarrow$$

$$\Downarrow$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (\underbrace{\cos(\omega_{vivo} \omega_{jel}) \cdot t - \cos(\omega_{vivo} + \omega_{jel}) \cdot t}_{\cos(\alpha) \cdot \sin(\beta)}) \cdot \sin(\omega_{vivo} \cdot t) =$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} \cdot \sin(\omega_{jel} \cdot t) + \frac{1}{4} \cdot \sin(\omega_{jel} \cdot t) \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \sin(\omega_{jel} \cdot t)$$

alsó + felső sáv!

(mindkét oldalsáv összetevőből jön ki a kimeneti jel !!!)

benneket: $U_0^2 + 2 \left(\frac{U_{jel}}{2} \right)^2 \rightarrow \text{jel}$

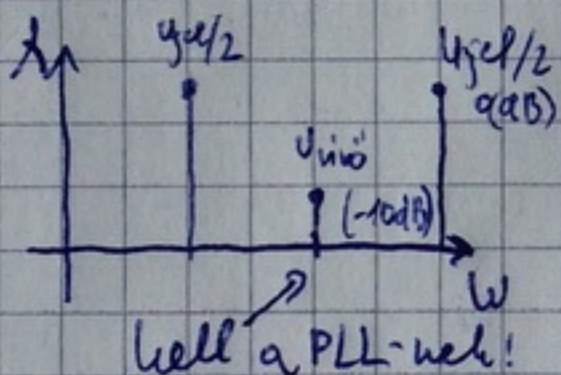
$2 B \cdot k \cdot T \rightarrow \text{zaj}$

lineáris: $\left(\frac{U_{jel}}{2} \right)^2 \rightarrow \text{jel}$

$2 \cdot \frac{B \cdot k \cdot T}{4}$
 \rightarrow benne's miatt elemi sívok amplitúdóját felismerem \Rightarrow teljesítményt meggye'elem!
 2 oldalra megy!

$\frac{F}{2} |_{k_i} \Rightarrow \frac{U_j^2 \cdot 4 \cdot 2BkT}{4 \cdot 2BkT \cdot U_0^2 + \frac{U_j^2}{2}} = \left(\frac{u^2}{1 + \frac{u^2}{2}} \right) ???$

legyen elnyomott vívője!



$\frac{F}{2} |_{\text{javulás}} \Rightarrow \frac{U_{jel}^2 \cdot 2 \cdot 2BkT \cdot 4}{4 \cdot 2BkT \cdot U_{jel}^2} = \underline{\underline{2}}$

javul a jel-zaj viszony!

ezt idealizált.

ha csak 1 oldalsávolt legyenek $\rightarrow \frac{F}{2} \text{ javulás} = 1$

2 oldalsávolt legyenek $\rightarrow \frac{F}{2} \text{ javulás} = 2$

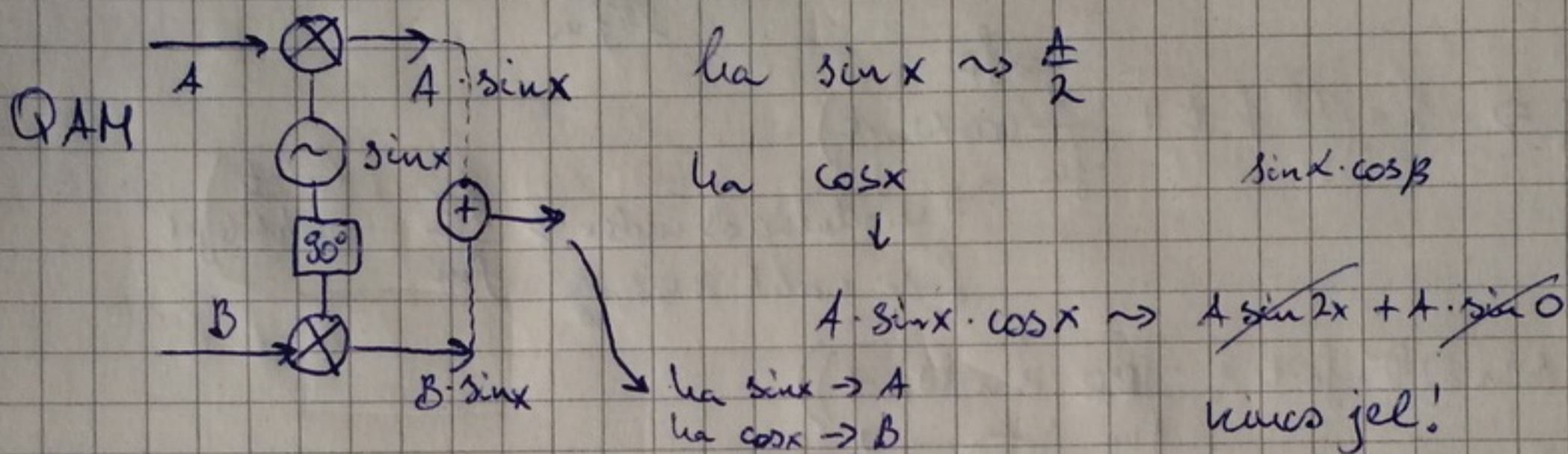
ha van vívő akkor mindig mivel demodulálók!

2. előadás

OBW - elfoglalt sávszélesség [nem függ a modul mélységtől]

csak az alapsávi jeltől függ
(négyzetjel vs szinusz)

MOD mélységtől függ az oldalsáv teljesítménye \rightarrow kangerő!!



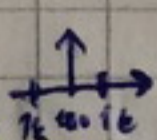
A, B alapsávi jelek lehet A és D is

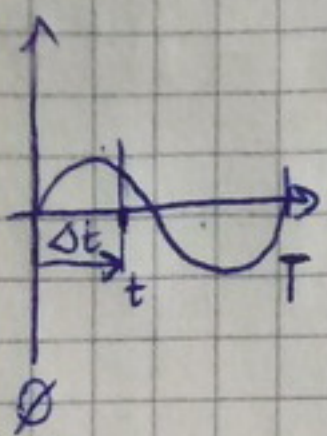
először PAL rendszer sínes TV

CSAK az ALAPSÁVI FELTŐL függ az RF spektruma.

\Downarrow
mindent alapsávban csinálunk a rádió technikában!

FM

- Spektrumban mászik a jel
- frekvencia löket: a nyugalmi helyzettől mennyit leudül ki $\rightarrow 10\text{kHz}$ 
- (f_D) \sim deviation
- $f_m \rightarrow$ moduláló jel frekvencia (milyen gyorsan rohangál a jeliek közt)



$$\Delta\varphi = 2\pi \cdot \frac{\Delta t}{T} \rightarrow f = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \cdot \frac{1}{2\pi}$$

$$f \sim \frac{1}{T}$$

$$f = f_0 + \frac{f_0}{A} \cdot \sin(\omega t)$$

f_0 kötet

$$\phi = 2\pi \cdot \int f dt = \left(2\pi \cdot f_0 \cdot t + 2\pi \cdot A \cdot \frac{-\cos(\omega_m t)}{\omega_m} \right)$$

ω_m
 \downarrow
 $2\pi f_m$

$$\Rightarrow \sin\left(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \frac{f_0}{f_m} \cos \omega_m t\right)$$

f_0
 \rightarrow modulációs index $\rightarrow \frac{f_0}{f_m}$ kötet
"közeli modulációs mélység"

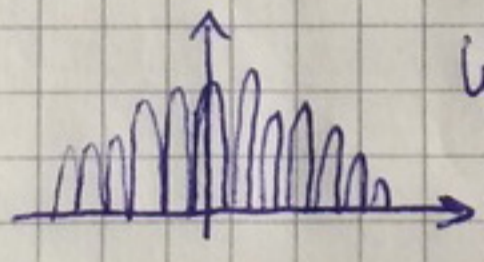
FM jel: $\sin\left(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \frac{f_0}{f_m} \sin(\omega_m t)\right)$

négyzetjellel ugrálak vagy szinuszosan szinuszosan ugrálak a feltek közt

$$\sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t) + \cos\left(\frac{f_0}{f_m} \sin(\omega_m t)\right) + \cos(2\pi \cdot f_0 \cdot t) - \sin\left(\frac{f_0}{f_m} \sin(\omega_m t)\right)$$

$\cos(x \cdot \sin y) \rightarrow \underbrace{K_0}_{\text{középségsín}} + \underbrace{J(x)}_{\text{Bessel-függvény}} \cdot \underbrace{\sin(l \cdot y)}_{\text{oldalsó szinuszok}}$

ilyen lesz a spektrumkép



ha f_0 -t növeletem / f_m növeletem

lehet AM-re is spektrum FM-jellel \rightarrow nagyon kicsi kötetnél

a BORKOLÓ ARVUL EL mindkettő \rightarrow FM-jellel lehet olyan MODULÁCIÓS INDEX nagy

lesz páros és páratlan tag is a spektrumban a sin és cos miatt
páratlan páros kompenzál

\rightarrow jel sávnyelvése: (ahol a teljes jel energiájának 10% \rightarrow 20 mm-től kúka!)

ha $m \sim 10 (>5)$ $f_0 \pm f_m$

WBFM wide-band-FM

\rightarrow köztük $f_0 \pm (f_0 + f_m)$

ha $m < 0,5$ $f_0 \pm f_m$

NBFM narrow-band-FM

ha nő a moduláló jel amplitúdója befolyásolja az spektrumot
és frekvenciája is! \rightarrow nagyobb kötet

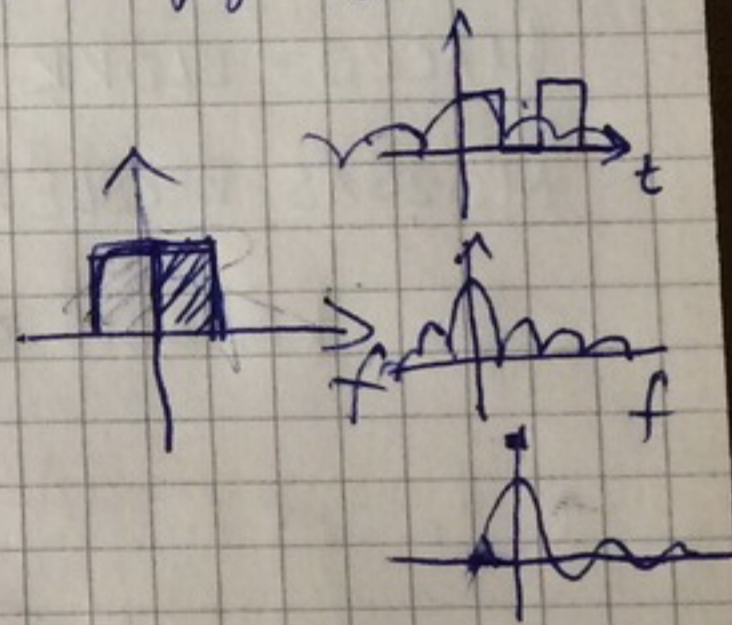
$$\text{WBFM} \sim \left(\frac{f_D}{f_m}\right)^3$$

$$\text{NBFM} \sim \left(\frac{f_D}{f_m}\right)^2$$

} demod egyszerűség

\rightarrow ez elég nagy!!

ha m jobb f_m akkor drasztikus $\frac{f}{z}$
javulás van! \rightarrow de nagyobb
sávot foglal!!



3. eloadás

- Forrás kódolás: csökkentjük az adat mennyiséget, de a számokra értelmes információkat őrzünk.

$$\text{SDTV: } 720 \times 576 \times 3 + 10 \times 25 \sim 270 \text{ Mbit}$$

bitsebesség csökkentés:

időbeli + térbeli állandóság \rightarrow differenciális PCM

természetes lépés

Térbeli

- diszkrét cos trafo

- zig-zag futásmód

- Huffman

MPEG - I P B

intra-coded
teljesen le van kódolva
predicted
bidirectionally coded

8x8 px. blokk → DCT

16x16 px makroblokk (I, P, B)

100x makroblokk → szelét

sok szelét → kép

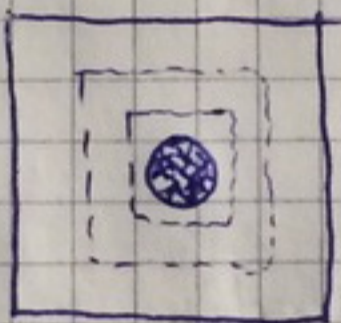
sok kép → GOP kell időnként ref. I kép, GOP egy ilyen I képpel kezdődik

0,5-1 sec -nként van I kép

MACRO - BLOKK

MOZGÁS - BECSLÉS ~ foci labda

keresési ablak



képsorozat → I P B B P B B P B B P *aktív*

~~mozgás~~

aktív

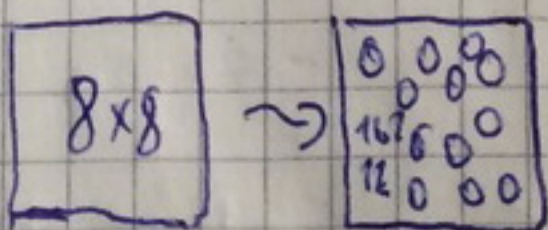
DTS - decoding time stamp

I B B P B B P B B P

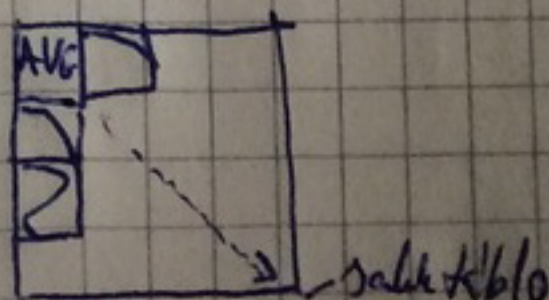
DCT - természetes képtantárolásra discrete-cos-trafs

- 8x8 px blokkra (16x16 → 4 részre)

- veszteségmentes !!



sok 0



számképblo

+ kvantálási mátrixok


8	7	7	6
7	7	6	
7	6		
6			1

léptétel mátrix

→ kesztéses (kvantálás)

adaptív kvantálás

futamlasz kódolás: lényeges értékek 1.74, 6.1, 1.1, 0.5
érték futamlasz

Zig-zag letapogatás:  kesztéses

+ Huffman kódolás

MPEG-4-AVC: (HUN)

h264

jobb kódolás, több predikció, mozgásbecslés jobb!

MOZGÁS BECSLÉS

~ 15 ref. kép (B)

~ további fejlt. mozgásbecslés

~ megadott makróblokkok [ellenőrzi a léptételét]

~ blokkosodás gátló szűrés [20 alatt átmeneti szűrés]
blokkok séleknél

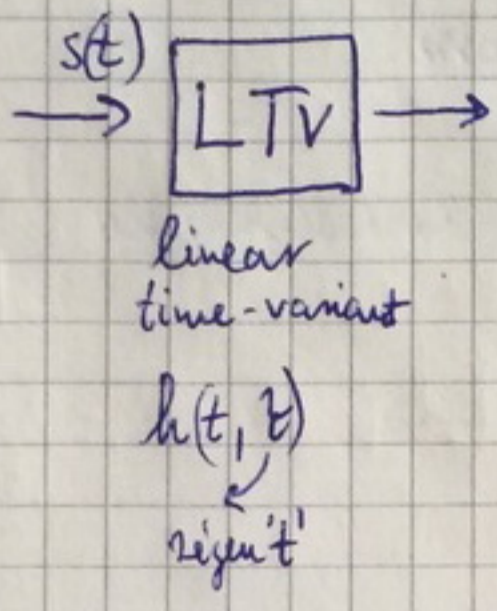
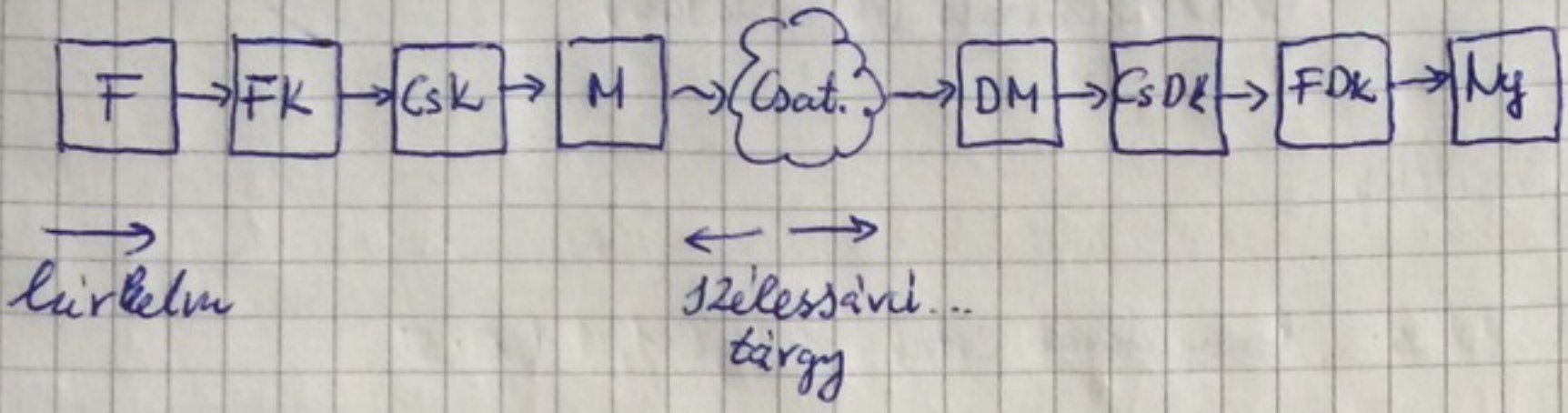
~ DCT helyett integer transz

MP3 ~ MPEG-1-Layer 3

MPEG-4-AAC 384 kbit/s 5.1 hang

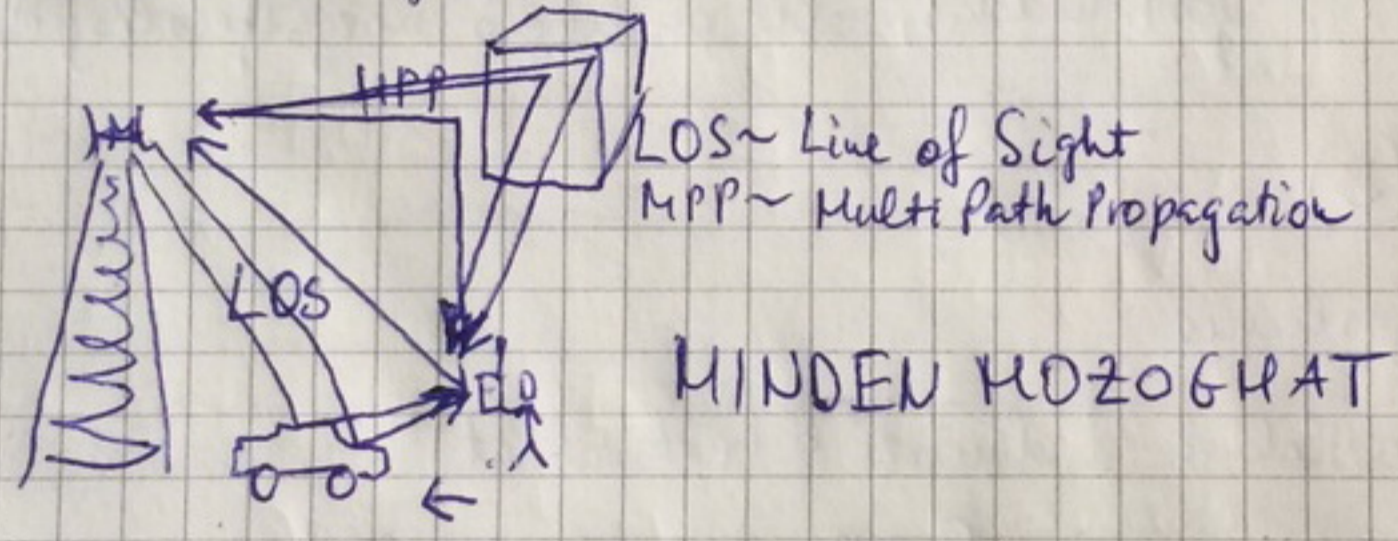
4. előadás

... previously on Szélessávú fix és mobil kommunikációs rendszerek.

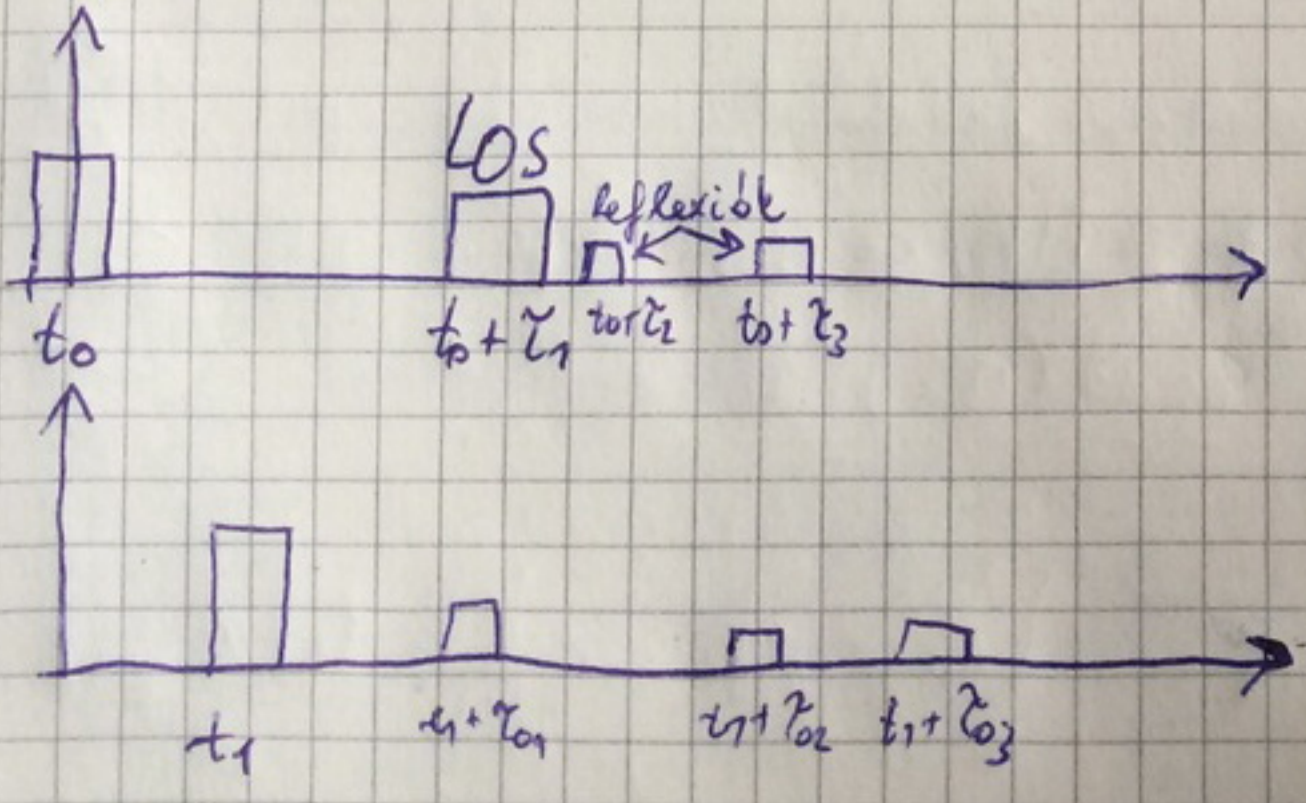


A esetek nélküli csatorna időfüggő lineáris rendszer!

a mobil csatorna ilyen!



fading: időben változó állapítás okozza ezt



időfüggő az impulzus válasz.

$$U(t) = \sqrt{2} \cdot A \cdot \cos(\omega_c t + \phi) \quad \begin{matrix} \text{kezdőfázis} \\ \sim \text{bivőjel} \end{matrix}$$

$$x(t) = \sqrt{2} \cdot A \cdot \underbrace{m(t)}_{\text{bívő kőrfrekvencia}} \cdot \cos(\underbrace{\omega_c t}_{\alpha} + \underbrace{U(t)}_{\beta} + \phi) \quad \begin{matrix} + \\ \text{modulált jel} \end{matrix}$$

+
modulálójel (alapsávi) jel

véges elemű, véges idejű, véges energiájú
↓
[digitális jel]

megszámlálható

ha $m(t)$ lődözze az infót \rightarrow digitális amplitúdó moduláció

ha $U(t)$ lődözze az infót \rightarrow digitális frekvencia moduláció

pl: QAM helyére a kétféle

additív tétel

$$x(t) = A \left[a(t) \cdot \cos(\omega_c t) - q(t) \cdot \sin(\omega_c t) \right] \quad \begin{matrix} \text{komplex burló} \\ a(t) = \sqrt{2} \cdot m(t) \cdot \cos(U(t) + \phi) \end{matrix}$$

$$x(t) = A \cdot \text{Re} \left\{ \underbrace{[a(t) + j q(t)]}_{\text{analitikus jel}} \cdot e^{j \omega_c t} \right\} \quad \begin{matrix} s(t) \end{matrix}$$

$$q(t) = \sqrt{2} \cdot m(t) \sin(U(t) + \phi)$$

$$u(t) = a(t) + j \cdot q(t)$$

$$r(t) = \sum_{n=1}^N c_n(t) \cdot s(t - \tau_n(t)) \quad \text{[időben diszkrét esemény]}$$

vett jel

$n=1$ | pillanatok

terjedési utak

$$\Rightarrow \sum_{n=1}^N c_n(t) \cdot u(t - \tau_n(t)) \cdot e^{-j \omega_c (t - \tau_n(t))}$$

$$z(t) = \sum_{n=1}^N c_n(t) \cdot u(t - \tau_n(t)) \cdot e^{-j \omega_c t - \tau_n(t)}$$

vett jel
komplex
burlóje

$$z(t+dt) = \sum_{n=1}^N \left[c_n(t) + \overset{\text{közelítés}}{c_n'(t) dt} \right] u \left[t - [\tau_n(t) + \tau_n'(t) dt] \right] \cdot e^{-j \omega_c [\tau_n(t) + \tau_n'(t) dt]}$$

Ha ω_c nagy [GHz] és $dt \rightarrow 0$

$$\approx \sum_{n=1}^N C_n(t) \cdot u(t - \tau_n(t)) \cdot \underbrace{e^{-j\omega_c [\tau_n(t)]}}_{\text{nem hagyható el!}} \cdot e^{-j\omega_c [\dot{\tau}_n(t) \cdot dt]}$$

$$\omega_{DN} = -\omega_c \cdot \dot{\tau}_n(t)$$

$$e^{-j\omega_c \tau_n(t) + \omega_{DN}(t) dt}$$

átlag idő eltérés

egy n-dik terjedési úton a késésetek eltérése az átlaghoz

$$\bar{\tau}(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \tau_n(t)$$

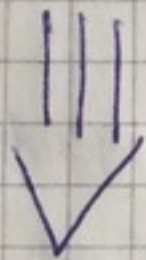
$$\Delta \tau_n = \bar{\tau}(t) - \tau_n(t) \rightarrow \tau_n(t) = \bar{\tau}(t) - \Delta \tau_n(t)$$

$$z(t) = \sum_{n=1}^N C_n(t) \cdot u(t - (\bar{\tau}(t) - \Delta \tau_n(t))) \cdot e^{-j\omega_c [\bar{\tau}(t) - \Delta \tau_n(t)]}$$

ha $\Delta \tau_n(t) \ll T_s \rightarrow$ multiplikatív fading lép fel
 ↓ (N-re) időkonstans [szimbólumidő] nem okoz ISI-t

átlag idő eltérés

[távoliból reflexiókat elhanyagoljuk] értsd.



rádiócsatorna multiplikatív fading

$$z(t) = u(t - \bar{\tau}(t)) \cdot e^{-j\omega_c \bar{\tau}(t)} \cdot \sum_{n=1}^N C_n(t) \cdot e^{j\omega_c \Delta \tau_n(t)}$$

+ időszinkron fázisforgás

u(t) kapható + PLL

✓ (lassú) ← (lassú)

(lassú)

komplex stochasztikus folyamat

ha a terjedési úton a késésetek és a csillapítások fluktuálnak

⇒ fluktuáló val. változók ⇒ CHT ⇒ Gauss eloszlás

komplex (2D) Gauss

$$f_{x,y}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right]$$

$$f_{x,y}(x,y) = f_x(x) \cdot f_y(y)$$

$$f_{b|\phi}(b, \phi) = \frac{b}{2\pi \cdot \sigma^2} \cdot \exp\left\{-\frac{b^2}{2\sigma^2}\right\}$$

egyenletes
sűrűségf. v.

$$f_b(b) = \int_0^{2\pi} f_{b|\phi}(b, \phi) d\phi = \frac{b}{\sigma^2} \cdot e^{-\frac{b^2}{2\sigma^2}} \quad \text{Rayleigh}$$

$$f_\psi(\psi) = \frac{1}{2\pi} \rightarrow \text{egyenletes eloszlás nemint neegy!}$$

de ha van LOS \rightarrow nem lesz egyenletes az eloszlás!
 akkor Rice eloszlás lesz. \rightarrow erő's komponens is van!
 0-rend. 1. fajta Bessel f. v.

$$f_b(b) = \frac{b}{\sigma^2} \cdot \exp\left[-\frac{b^2 + Q^2}{2\sigma^2}\right] I_0\left(\frac{b \cdot Q}{\sigma^2}\right)$$

LOS
S.O. RICE

0-rendű
1. fajta módosított
Bessel-f. v.