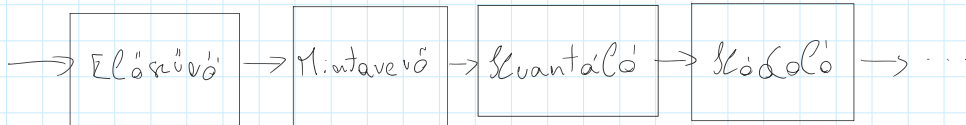
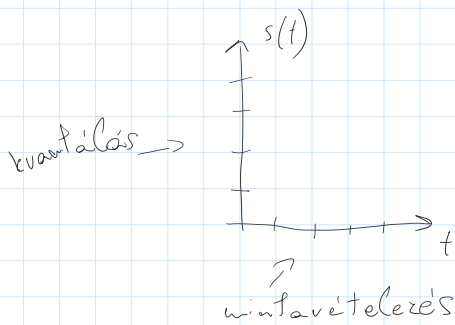
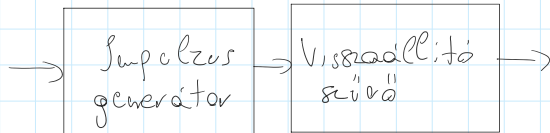


Mintavételezés, kvantálás

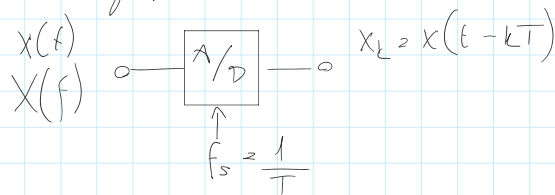
Adó



vevő

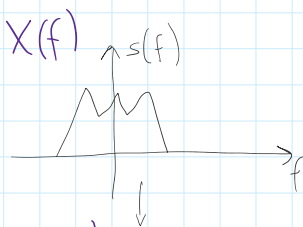


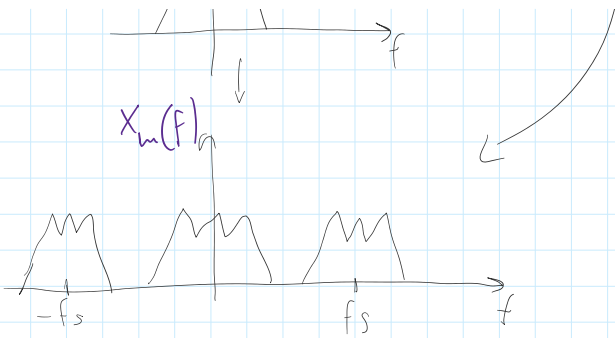
① Analóg jelből vett minták



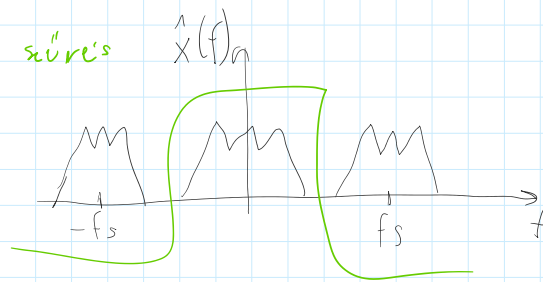
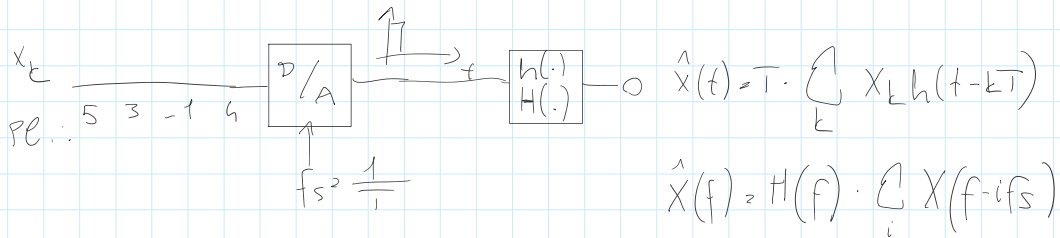
Mintavétel. tétel

$$X_m(f) = \sum_k X(f - kf_s)$$





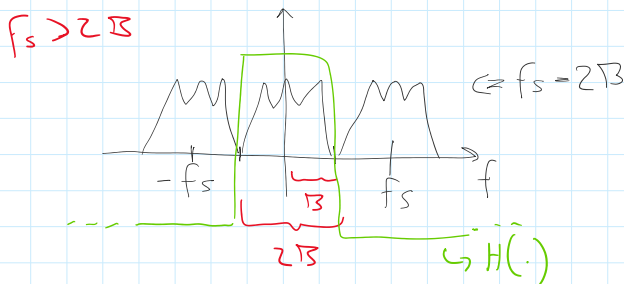
② Digitális minták sorozatából analóg jel



③ Visszaillesítható-e az analóg mintavett jel?

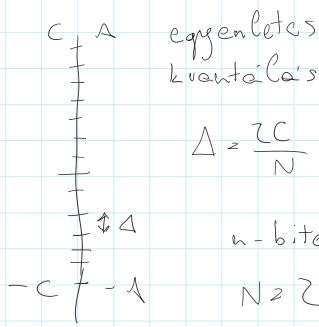
Igen, ha

- az eredeti jel  $B$  sávkorlátozott volt
- és a mintavetési frekvencia olyan, hogy  $\forall \omega \neq 0$ -ra  $X(f-if_s) = \emptyset$  ha  $f \in B$ , azaz átlapolódásmentes a spektrum



- és a  $H(\cdot)$  sűrű, megfelelően választott

# Kvantálás



A kvantálási zaj csúcserőtelke:  $E_k = \frac{\Delta}{2}$

Ha a zaj egyenletes eloszlású

$$M(E_k) = \delta$$

$$M^2(E_k) = \frac{\Delta^2}{12} = \frac{1}{\Delta} \int_{-A/2}^{A/2} x^2 dx$$

A kvantált értékek:

$$\hat{X}_k = X_k + E_k$$

A zaj spektrális sűrűségfüggvénye:  $S_E(f) = \frac{1}{f_s} \frac{\Delta^2}{12} |H(f)|^2$

Jel-zaj viszony  $\Rightarrow$   $A^n$  amplitudójú

n-bites kvantálással vizsgált  
B sáv szélességű  
 $f_s$  mintavételezési frk-jű

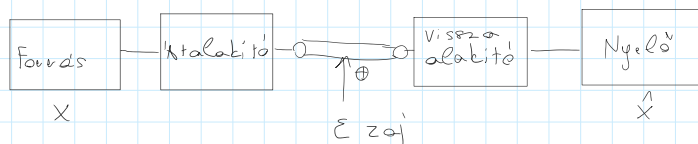
Jel:  $S = P_x = \frac{A^2}{2}$

$$SNR = \frac{\frac{A^2}{2}}{\frac{1}{f_s} \frac{\Delta^2}{12}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{f_s}{2B} \cdot 2^n$$

Sinuszos jelekre:  $SNR = 1,76 + n \cdot 6,02 \text{ dB}$

3at verseny márc 8. kezdés  
 máj 3 döntő  
 Innovációs és fejlesztési ág

### Kódolás



- A forrásüzenetek tömörített, matematikai ábritele
- Hibavédelem
- Titkosítás
- Vonali kódolás

### Tömör megjelenítő kódolás (forráskódolás)

$F \rightarrow C$

Forrás-simbólum  $\rightarrow$  kód

Forrás-simbólum  $\rightarrow$  kód

$a_1 \rightarrow 00$   
 $a_2 \rightarrow 01$   
 $\vdots$   
 $a_n \rightarrow 000\dots 1$

$l \Rightarrow$  kódoló hossza

Stabilitéskritériumok: 1.) Egyértelműen visszaalakítható

2.) Vestéségmentes

3.) Tömör

Miért előnyös a változó hossz?

pl Fix hosszúnál:  $\#F = N$

bináris kódoknál:  $\log_2 N \leq L < 1 + \log_2 N$

ha  $N=32 \rightarrow L=5 \checkmark$

ha  $N=33 \rightarrow L=6 \checkmark$

Hatékonyságjavítás:

1.) A kódok forrás-simbólum párokat jelenítenek meg:  $\log_2 N^2 = 2 \log_2 N$

Ekkor  $2 \log_2 N \leq L^{(2)} < 1 + 2 \log_2 N$

$N=33$

$N^2=1089 \Rightarrow l^{(2)}=11$

$$N=33$$

$$N^2=1089 \Rightarrow L^{(2)}=11$$

$$\text{átlagosan: } \frac{L^{(2)}}{2} = 5,5 \checkmark$$

2.) Változó kód hosszai (a forrássimbólum-előadás függvényében)

Minimális kód kód követései:

$P \in$	a	1	$\begin{pmatrix} 1 \\ 10 \\ 00 \end{pmatrix}$
	b	10	
	c	0	

Tétel: McMillan-egyenlőtlenség

$$\sum_{i=1}^N z^{-l_i} \leq 1 \Rightarrow \text{effektíven megfejthető}$$

10111110000011

Kraft egyenlőtlenség

$$\sum_{i=1}^N z^{-l_i} \leq 1 \rightarrow \text{prefix mentes kód}$$

a	1	} prefix mentes kód
b	00	
c	01	

Ha ismerjük F gyakoriságait ( $p_i$ )

$$P_i \Rightarrow (z_1, z_2, \dots, z_N)$$

$$\sum_{i=1}^N p_i = 1$$

$$\sum_i p_i l_i = L$$

(mind) és McMillan teljesüljön



$$l_i = \log_2 \frac{1}{p_i} \text{ nem mindig egész}$$

$$\log_2 \frac{1}{p_i} \leq l_i < 1 + \log_2 \frac{1}{p_i}$$

$i=1, 2, 3, \dots, N$   
esetekre

$$\text{Átlagos kódhossz: } \sum_{i=1}^N p_i \log_2 \frac{1}{p_i} \leq L \leq 1 + \sum_{i=1}^N p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$$

Átlagos kódhossz:  $\sum_{i=1}^N p_i \log_2 \frac{1}{p_i} \leq L \leq 1 + \sum_{i=1}^N p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$

Entropia:  $H(P) = \sum_{i=1}^N p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$

Összelitsünk az entropiához szimbólum párok kódolásával!

$P_i P_j$

$\#F \approx N^2$

$H(F^2) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_i p_j \log_2 \left( \frac{1}{p_i p_j} \right) = \dots = 2H(F)$

Tehát:  $2H(F) \leq L^{(2)} \leq 1 + 2H(F)$

$H(F) \leq \frac{1}{2} L^{(2)} \leq \frac{1}{2} + H(F)$

- Huffman-kód
- Shannon-kód

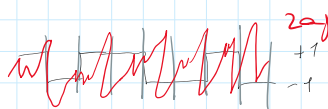
② Hibavédő kódolás

Hibatípusok: ① Törölődéses hiba: nem tudjuk, hogy az adott pozícióban 1 vagy 0 volt

② Tévesítéses hiba:  $0 \rightarrow 1$  vagy  $1 \rightarrow 0$  lehet aszimmetrikus (pl  $p_{0 \rightarrow 1} = 0$  de  $p_{1 \rightarrow 0} \neq 0$ )

Ha  $p_{1 \rightarrow 0} = p_{0 \rightarrow 1} = p$

BSC  
bináris  
nóis  
csatorna  
híres



Hogyan védetazzünk?

Tfln  $k$  bites üzenet

dúsítsuk fel  $n$  bit hosszúra



üzenet:  $k$  bites      kódoló:  $n$  bites

$(n, k)$  kódok

$2^k$  db üzenet

$2^n - 2^k$

## Hibakorlátozó kódolás

$\text{üzenet} \Rightarrow \text{kódoló}$   
 $k\text{-bit} \xrightarrow{\uparrow} n\text{-bit}$   
 digitális

Távolság: - pozitív

- métrikus

- hávoanság csevelőtlenség ✓

Eltérő pozíciók száma: Hamming távolság

$$\begin{array}{l}
 0110110 \\
 1110010 \\
 \hline
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0110110 \\ 1110010 \end{array}} \right\} \text{XOR} = 1000100$$

$\uparrow \quad \uparrow$   
 $\underbrace{\hspace{2em}}_2$

Menet:

-  $u \rightarrow c \in C$

- Hibamodel

$$c \rightarrow r(c, e)$$

-  $r \rightarrow \hat{c} \in C \rightarrow \hat{u}$

A kód jósága:

$C$  - a kód maga

$c_1, c_2, c_3$  : kódszavak  $\in C$

$d(c_1, c_2) \Rightarrow$  távolság

$\underbrace{\min d(c_i, c_j)}_{i \neq j, c_i, c_j \in C}$   
 Kódtávolság

A hiba jelzésére:  $d_{\min} - 1$  db hiba jelölhető

Hiba javításra:  $\left\lfloor \frac{d_{\min} - 1}{2} \right\rfloor$  db hiba javítható

Üzenetből  $\rightarrow$  kód

## Lineáris Bináris blokk-kódok

Elemi műveletek:  $\{0,1\}$  mod 2  
+ \*  
XOR AND

Ha a  $C$  lineáris tér

ha  $c_1$  és  $c_2 \in C$  akkor  $c_1 + c_2 \in C$   
 $\alpha c \in C$

$\underline{c} = \underline{u} \underline{G}$   
 $n \quad k \quad n-k$  generátor mátrix

rendszerintikus blokk kód

$\underline{u}$   
üzenet sorok  
"k" bit  
paritás sorok  
szekvens  
"n-k" bit

$\underline{u}: 01$   
 $\underline{G} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$   
 $\underline{c} = \underline{u} \underline{G} = 01 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$   
 $\underline{c} = 01011 \quad \begin{matrix} 00000 \\ 01011 \end{matrix} \text{ XOR}$

Hibamodell:  $\underline{v} = \underline{c} + \underline{e}$   $\underline{e}$ : amely bitpozícióban nincs hiba:  $\emptyset$

pl:  $\underline{v} = 01011 + 00000$  van hiba: 1

$$\underline{v} = 01011$$

s: rendszerintikus

pl:  $\underline{v} = 01011 + 00100$

$$\underline{v} = 01111$$

$$\begin{aligned} &\rightarrow \underline{c} \underline{H}^T = \underline{s} \\ &\underline{v} = \underline{c} + \underline{e} \\ &\rightarrow \underline{v} \underline{H}^T = \underline{s} = (\underline{c} + \underline{e}) \underline{H}^T = (\underline{c} + \underline{e}) \underline{H}^T = \underline{c} \underline{H}^T + \underline{e} \underline{H}^T \end{aligned}$$

Kód meghatározása  $\sim$  vett szöveg

$$\underline{\hat{c}} = \underline{v} + \underline{e} \rightarrow \underline{\hat{u}}, \text{ segít ha } \underline{G} \text{ rendszerintikus: } \underline{G} = [\underline{I} | \underline{B}]$$



$$\hat{\underline{c}} = \underline{v} + \underline{e} \rightarrow \hat{\underline{u}}$$

, segít ha  $\underline{G}$  rendszerátvitel:

$$\underline{G} = \begin{bmatrix} \underline{I} & \underline{B} \end{bmatrix}$$

$$\underline{H}^T = \begin{bmatrix} \underline{B} \\ \underline{I} \end{bmatrix}$$

$$\underline{v} \underline{H}^T = \begin{cases} 0 \rightarrow \text{feltételcsoport, nincs hiba} \\ \neq 0 \rightarrow \text{hiba van} \end{cases}$$

$$\underline{G} \underline{H}^T = \begin{bmatrix} \underline{I} & \underline{B} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{B} \\ \underline{I} \end{bmatrix} = \underline{I} \underline{B} + \underline{B} \underline{I} = \underline{0}$$

Ø:  $\underline{s} \geq \underline{e} \underline{H}^T \Rightarrow$  táblázat a betűjegyekből,  
ELŐRE

1.) utolsó:  $\underline{v} \underline{H}^T \geq \underline{s}$

2.)  $\underline{s} \rightarrow \underline{e}$  a táblázat alapján

3.)  $\hat{\underline{c}} = \underline{v} - \underline{e}$

4.)  $\hat{\underline{u}} \leftarrow \hat{\underline{c}}$   
üzenet "tipp"

$$\underline{G} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ \hline \underline{I} & \underline{B} \end{bmatrix} \Rightarrow \underline{C} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\underline{s} = \underline{v} \underline{H}^T$$

$$\underline{H}^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} \} \underline{B} \\ \} \underline{I} \end{matrix}$$

$$\underline{v} = 11001$$

$$\underline{v} + \underline{e} = 11001 + \begin{matrix} 00100 \\ 00100 \end{matrix} = 11101 \checkmark$$

$$\begin{array}{r} 11001 \\ - 011 \\ \hline 100 \\ 010 \\ 001 \end{array} \begin{matrix} \times \\ \times \\ \times \\ \times \\ \times \end{matrix}$$

$$\underline{s} = 100$$

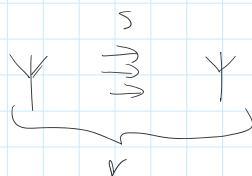
$$\underline{e} = 00100$$

### Rádiós összeköttetés

Antenna: -adó



-vevő



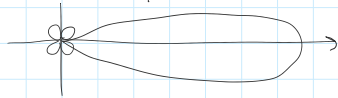
$$a_{\text{szórás}} \text{ dB} = 10 \log \frac{P_{\text{bemenet}}}{P_{\text{kimenet}}}$$

-szórás

- Ismerjethető

- Nyelvesség

Isotrop antenna



Teljesítmény sűrűség:

$$S_0 = \frac{P_{in}}{4\pi r^2}$$

Antenna nyelvesség:  $G = \frac{\text{Főirányban } S, r \text{ távolság}}{\text{isotrop } S(r)}$

$$G = \frac{S_{max}}{S_0}$$

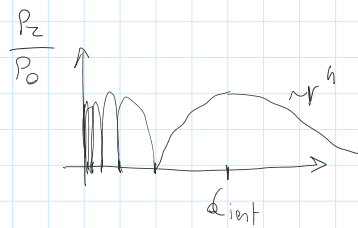
$A_R = \frac{P_R}{S}$  határos felület

$$A_R = \frac{G \lambda^2}{4\pi} \quad \parallel \quad P_R = \frac{S \cdot G \lambda^2}{4\pi}$$

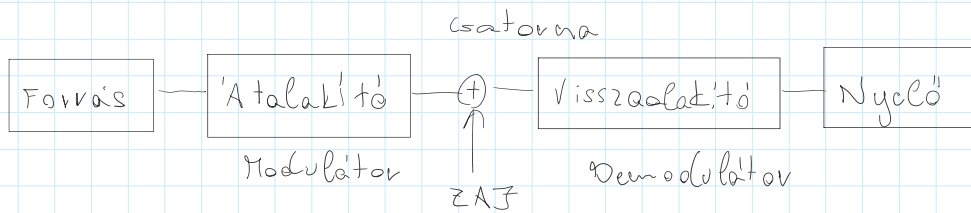
$$a_{\text{zakar}} \text{ dB} = 10 \lg \frac{P_{in}}{P_R} = 10 \lg \left( \frac{4\pi r^2}{\lambda} \right)^2 - G_T^{\text{dB}} - G_R^{\text{dB}}$$

$$\frac{P_{in}}{P_R} = \frac{S \cdot 4\pi r^2}{G_T} = \left( \frac{4\pi r^2}{\lambda} \right)^2 \frac{1}{G_T G_R}$$

Lejtás terjedés



## Moduláció!

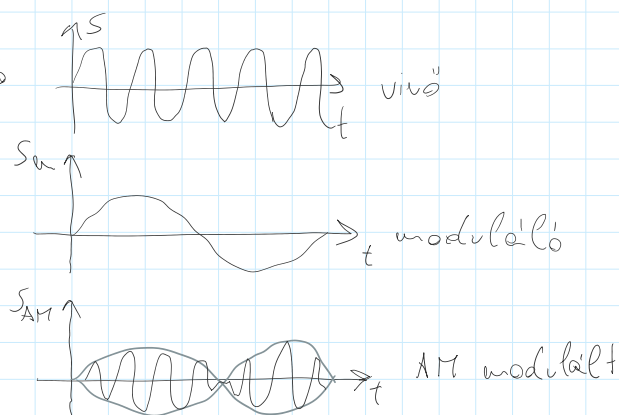


Sinuszós vivőjű

$$\text{modulált jel: } S_v(t) = a(t) \cos(\omega t)$$

- Amplitúdó moduláció

$$a(t) \neq \text{const}$$



- Szögmoduláció

- frekvencia FM

- fázis PM

## Amplitúdó moduláció (AM)

$$\begin{aligned} S_{AM}(t) &= a(t) \cos[\omega t] = a(t) \cos(\omega_v t + \varphi) \\ &= a(t) \cos(\omega_v t) \quad \text{ha } \varphi = 0 \end{aligned}$$

$$\text{Ha a vivő: } S_v(t) = U_v \cos(\omega_v t)$$

$$\text{és a moduláló jel: } S_m(t)$$

$$S_{AM}(t) = U_v (1 + m S_m(t)) \cos(\omega_v t)$$

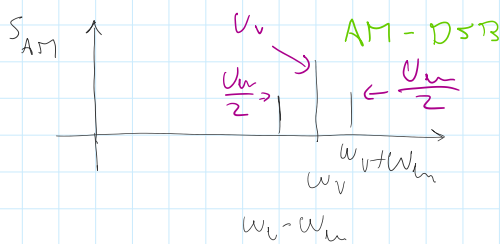
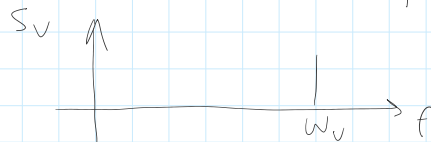
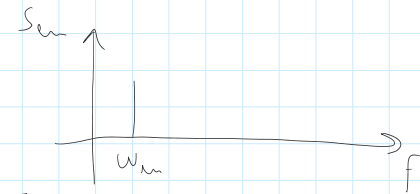
$m$ : modulációs mélység

Szemléletes példa: Ha a moduláló jel is sinuszós

Szemléletes példa: Ha a moduláló jel is szinuszos

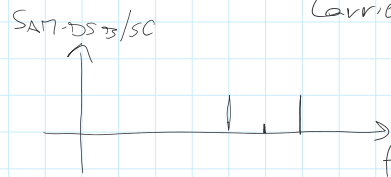
$$\left. \begin{aligned} s_m(t) &= U_m \cos(\omega_m t) \\ a(t) &= U_v + U_m \cos(\omega_m t) \end{aligned} \right\} \text{Ekkor:}$$

$$\begin{aligned} s_{AM}(t) &= a(t) \cos(\omega_v t) = [U_v + U_m \cos(\omega_m t)] \cos(\omega_v t) = \\ &= U_v \cos(\omega_v t) + \frac{U_m}{2} \cos((\omega_v - \omega_m)t) + \frac{U_m}{2} \cos((\omega_v + \omega_m)t) \end{aligned}$$



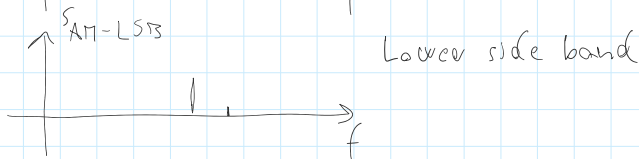
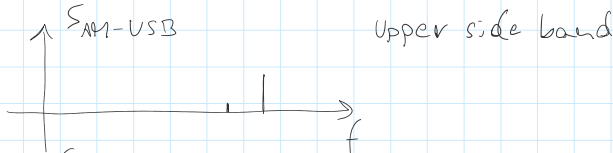
DSB: Double Side Band

AM-DSB/SC: Suppressed Carrier

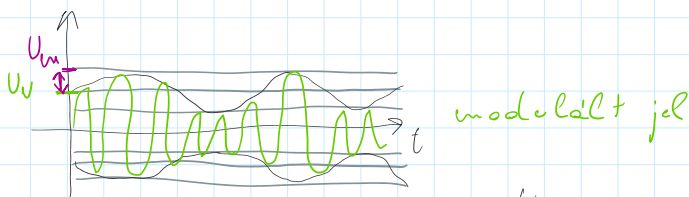


single side band

AM-SSB



Modulációs mélység



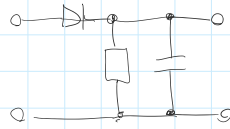
$$m = \frac{U_m}{U_v}$$

Általában:  $m = \frac{\max[x(t)]}{U_v(t)}$

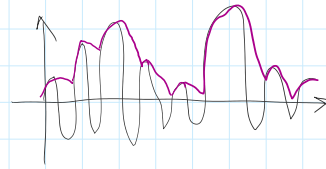
$$\frac{P_{\text{hasznos}}}{P_{\text{összes}}} = \frac{X^2/C^2}{U_V^2 + X^2/C^2} = \frac{m^2}{C^2 + m^2}$$

## AM Demoduláció

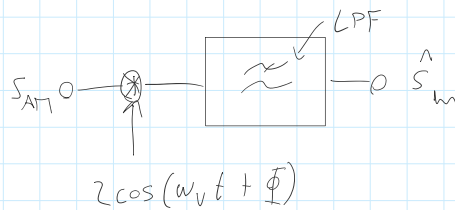
1) Buvkolódetektor



Csak AM-DSS



2) Szűrő demodulátor



$$[U_V + S_m(t)] \cdot \cos(\omega_v t) \cdot 2 \cos(\omega_v t + \Phi) = [U_V + S_m(t)] \cdot \cos \Phi + [U_V + S_m(t)] \cos(2\omega_v t + \Phi)$$

$$\hat{s}(t) = [U_V + S_m(t)] \cdot \cos \Phi$$

↑  
irreduktelen

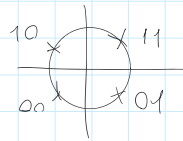
↑  
demodulált jel

↑  
LPF k. szűri

QAM: Quadrature-AM

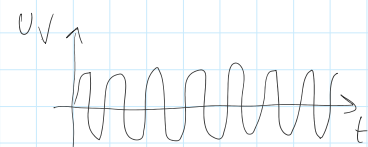
$$S_{AM}^I \Rightarrow \Phi = 0$$

$$S_{AM}^Q \Rightarrow \Phi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$$



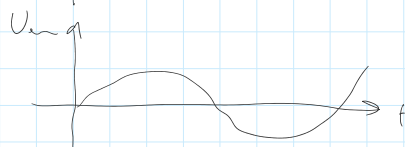
## Szögmodulációk

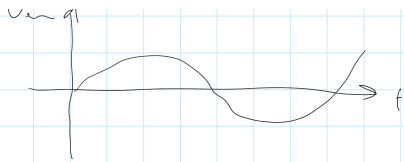
$$s_{\ominus}(t) = U_V \cos(\omega_v t + m(t) + \Phi)$$



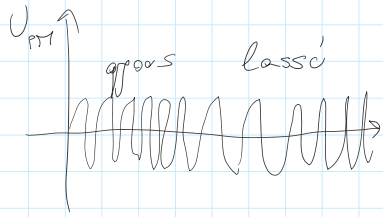
ha  $m(t) = k \cdot S_m(t)$  PM

ha  $\dot{m}(t) = k \cdot S_m(t)$  FM





ha  $\dot{u}(t) \approx k \cdot S_{em}(t)$ : FM



$$S_{PM} = U_v \cos(\omega_v t + k_{PM} U_m \cos(\omega_m t)) \rightarrow \omega_p \approx \underbrace{\phi_D}_{\text{deviation-élekt}} \approx k_{PM} U_m$$

$$S_{FM} = U_v \cos(\omega_v t + \underbrace{\frac{k_{FM} 2\pi U_m}{\omega_m} \cdot \sin(\omega_m t)}_{\frac{k_{FM} U_m}{f_m}}) \Rightarrow \underline{f_D} = k_{FM} U_m$$

$$\omega_f = \frac{f_D}{f_m}$$

$$f_p = \underbrace{k_{FM}}_{\substack{\uparrow \\ \text{pillanatnyi}}} S_{em}(t) + f_v = f_v + f_D \cos(\omega_m t)$$

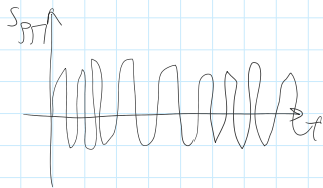
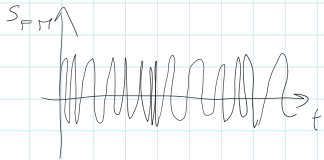
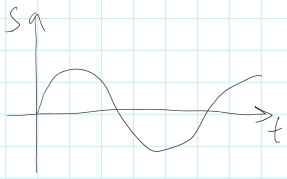
Sívaélekt

$$B \approx 2B(1 + \bar{\phi}_D) \quad \text{PM esetén}$$

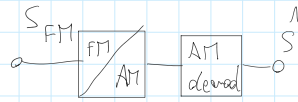
$$B \approx 2(f_D + B) \quad \text{FM esetén}$$

# FM Demodulációs eljárások

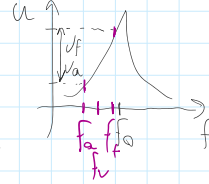
pl.:



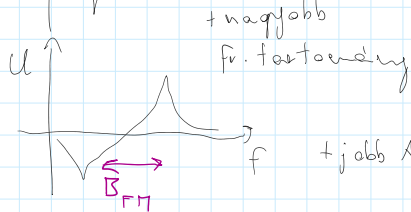
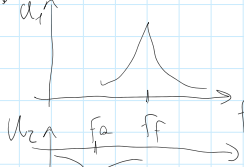
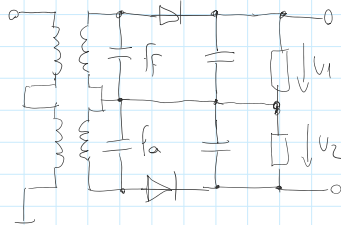
## ① Félbrazolt végzőtör



- zavaró amplitúdó zaj
- kis fr. tartományban lineáris
- + egyszerű



## ② Ellenütemű diszkriminátor

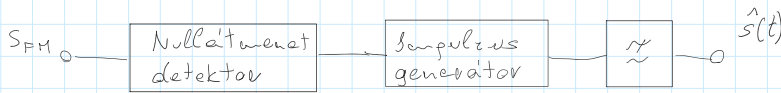


- + nagyobb fr. tartomány
- + jobb AM zavarvédetség

## ③ Aránydetektor

- lásd ②, csak ellenfázisú AM demodulátorral, vagy Gracze-híddal

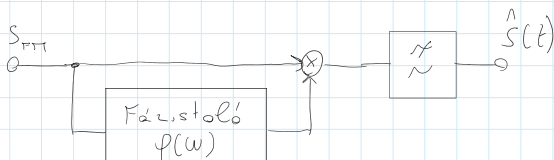
## ④ Számláló detektor



- beábrázoltak
- + zavarvédelem
- + ki-fogástalan lineáritás

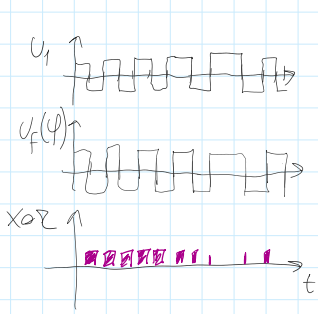
## ⑤ Fázistolós szorzó

(koincidencia demodulátor)



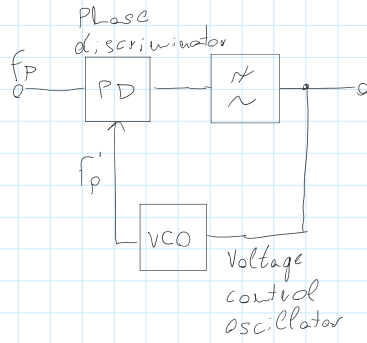
- 1), ↑
- + jól integrálható

$\psi(\omega)$

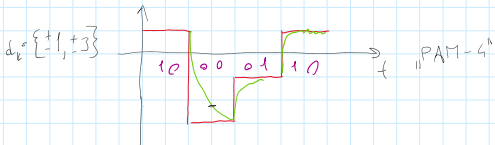
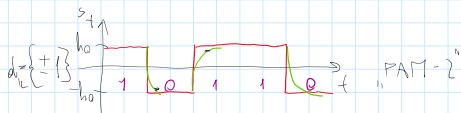
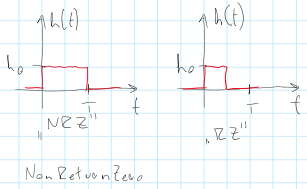
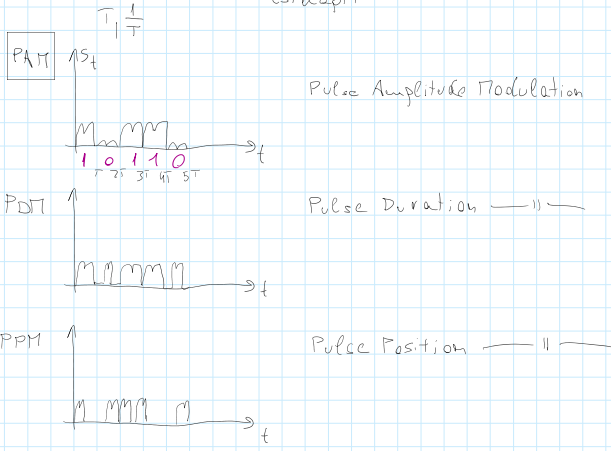
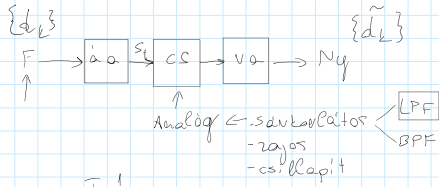


+ jól integrálható!

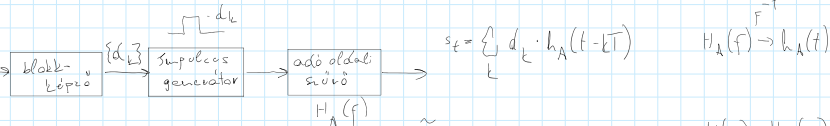
⑥ PLL diszkriminátor  
hoop  
csat  
a





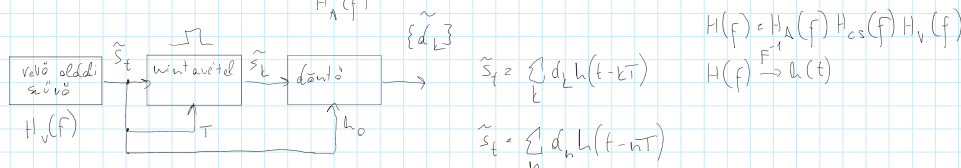


PAM-L<sup>n</sup>  
adó



$$s_t = \sum_k d_k \cdot h_A(t - kT) \quad H_A(f) \xrightarrow{F^{-1}} h_A(t)$$

vevő



$$H(f) = H_A(f) H_{cs}(f) H_V(f)$$

$$H(f) \xrightarrow{F^{-1}} h(t)$$

$$\tilde{s}_t = \sum_k d_k h(t - kT)$$

$$\tilde{s}_t = \sum_n d_n h(t - nT)$$

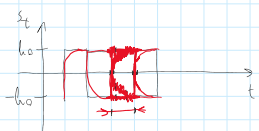
$$\tilde{s}_t = \tilde{s}_t(kT) = \sum_n d_n \cdot h(kT - nT) = d_k h(0) + d_{k-1} h(T) + d_{k-2} h(2T) + \dots + d_{k+1} h(-T) + d_{k+2} h(-2T) + \dots$$

$$n = \dots, k-2, k-1, k, k+1, k+2, \dots, \infty$$

ISI - szűrt szimbólum interferencia

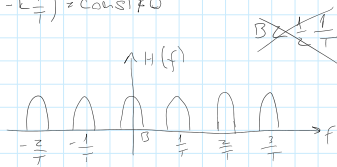
$$h(0) = \text{const} \neq 0$$

$$h(kT) = 0 \quad k \in \mathbb{Z} \setminus 0$$

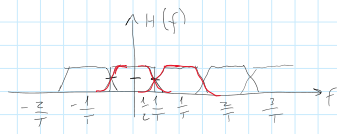


## Nyquist kriteerium

$$\oint_{\Gamma} H(f - k \frac{1}{T}) = \text{const} \neq 0$$



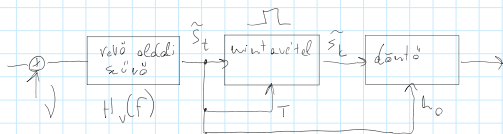
$$B \geq \frac{1}{2} \frac{1}{T}$$



$$B = (1+k) \frac{1}{2} \frac{1}{T}$$

## Esaj

$$s_k = d_k h(0) + v_k$$



$$\begin{aligned}
 P(d_k \neq \tilde{d}_k) &= P(d_k = +1 \cap v_k < -h_0) \\
 &\quad + P(d_k = -1 \cap v_k > +h_0) = \\
 &= \frac{1}{2} \cdot P(v_k < -h_0) + \frac{1}{2} \cdot P(v_k > +h_0) = \\
 &= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot P(v_k < -h_0) = \underline{\underline{\phi\left(-\frac{h_0}{\sigma}\right)}}
 \end{aligned}$$

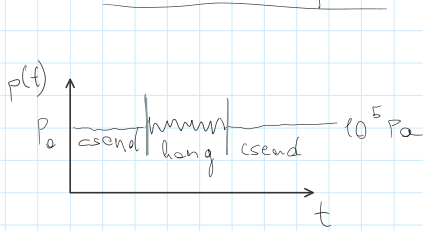
$$P_{ATM-L} = 2 \cdot \frac{L-1}{L} \cdot \phi\left(-\frac{h_0}{\sigma}\right)$$

Ühendatud süsteemi struktuur

$$H_v(f) \stackrel{!}{=} H_{A+CS}^*(f)$$

Hang, Hallás

Akustikai alapok



$$P_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} (P(t) - P_0)^2 dt} \quad [Pa] \quad \sim \frac{1}{\sqrt{t}}$$

pillanatnyi hangnyomás

Hangintenzitás:  $I = \frac{P_{eff}^2}{\rho \cdot c} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad \sim \frac{1}{r^2}$

Sound Pressure Level:  $SPL = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 20 \log \frac{P}{P_0}$

$\frac{P^2}{P_0^2}$       $\frac{P^2}{P_0^2}$       $\frac{P^2}{P_0^2}$   
 $\uparrow$       $\uparrow$       $\uparrow$   
 $20 \mu Pa$       $10^{-12} \frac{W}{m^2}$       $20 \mu Pa$

érzeti jell.     fizikai jell.

hangosság  $\leftrightarrow$  SPL

hangmagasság  $\leftrightarrow$  pitch

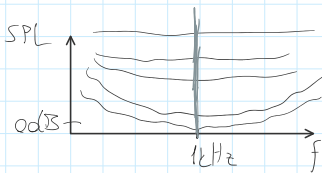
hangszín  $\leftrightarrow$  spectrum

$$x_1(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1)$$

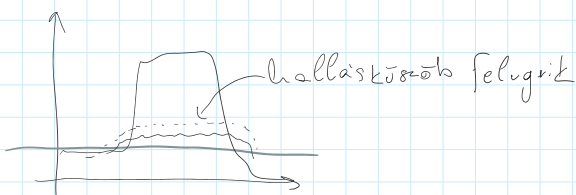


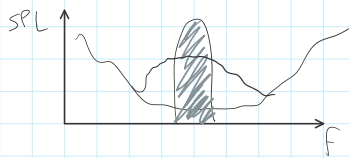
Sinuszos hangok hangossága (Aranos hangosság: zetet keltő hangok sebessége)

Fletcher & Munson



Elfedési jelenség

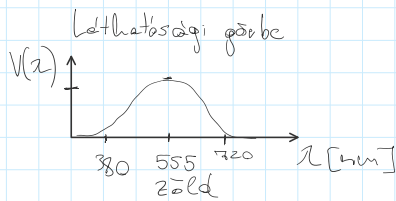




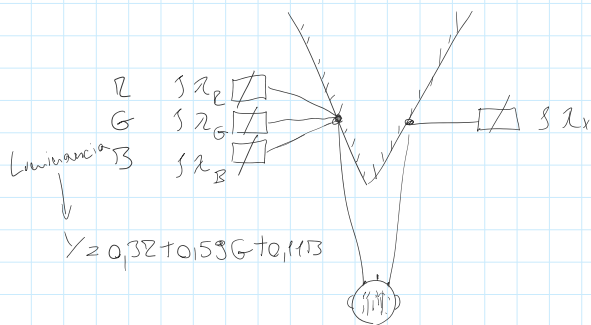
Szép - Católs

érzés  
világosság / fény  
szín  
telítettség

objektív  
fényerősség  
dh  
sín tartalom

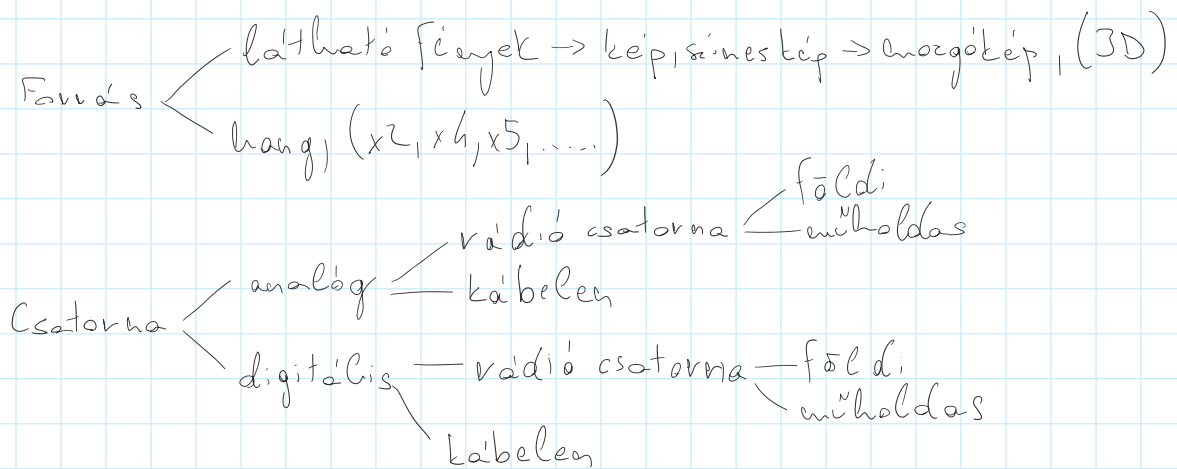


Additív színtelevezés



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

$$0 = \underbrace{0,3(R-Y)}_{C_R} + \underbrace{0,59(G-Y)}_{C_G} + \underbrace{0,11(B-Y)}_{C_B}$$

Video Átvitel

Nyelvi - ...

Felátalajítás

állóképfelvételezés:  $2'$  : 1 perc fénypontok megkülönböztetése határa  
 $10'$  : 10 perc szín megkülönböztetés határa  
 $20'$  látószögben kényelemes képernyőt előzni  
 $4:3$  képarány  
 $\hookrightarrow 16:9$  később  
 $\sim 800 \times 600$  felbontás

Mozgóképfelvételezés

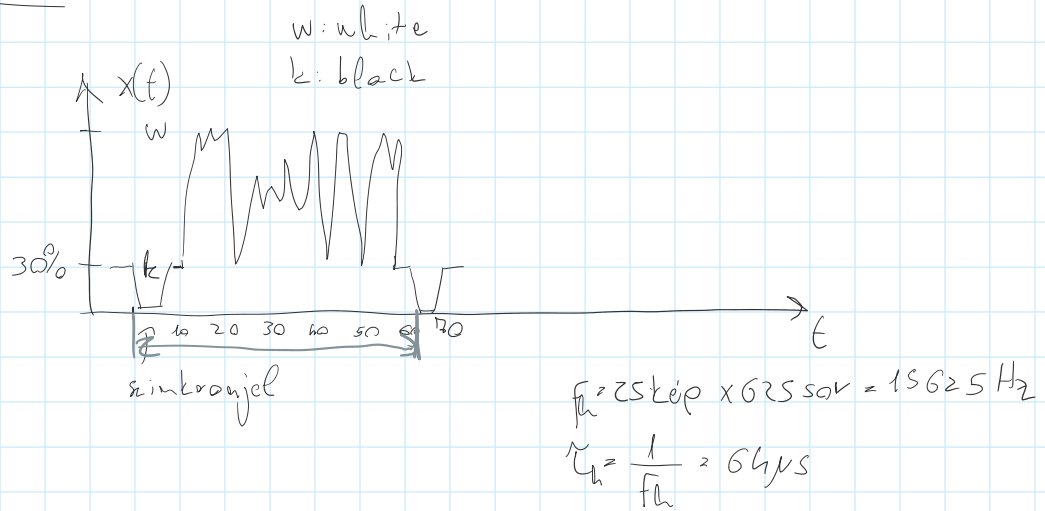
$16 \text{ kép/s} \rightarrow 24 \text{ fps}$  később

$60 \dots 120 \dots 240 \dots 480 \dots 960 \dots 1920 \dots$

76 lép/s  $\rightarrow$  44 fps késooo

48 villanás/s  $\rightarrow$  50 villanás

## Analog TV

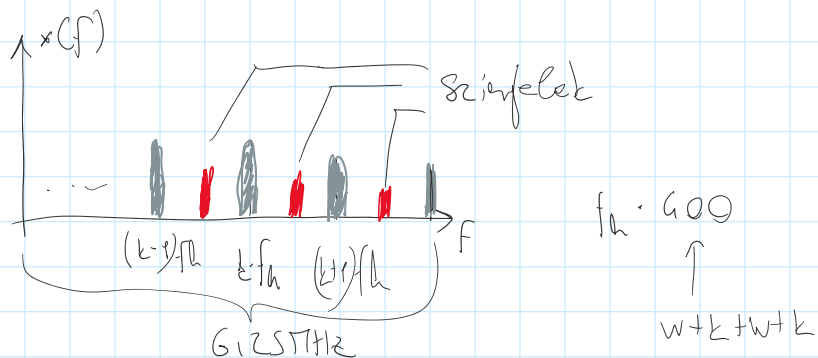


$$Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

$$0 = 0,3 \underbrace{(R-Y)}_{C_R} + 0,59 \underbrace{(G-Y)}_{C_G} + 0,11 \underbrace{(B-Y)}_{C_B}$$

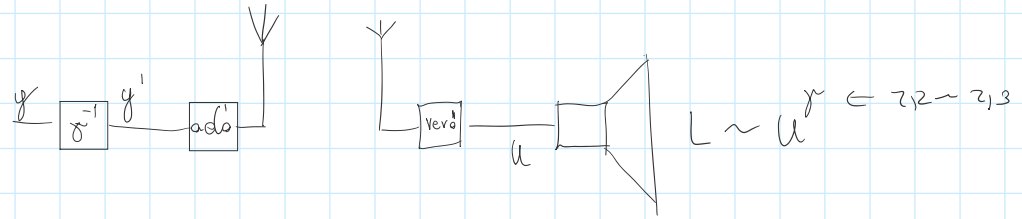
$Y, C_R, C_B$  jelet továbbítják kódszóval

$Y, u, v$



AM-USB  $\left\{ \begin{array}{l} Y + \text{signal} \text{ QAM}(C_R, C_B) \text{ USA} \\ \text{FM}(C_R) / \text{FT}(C_B) \text{ Francia} \\ \text{QAM}(C_R, \pm C_B) \text{ Német, Keisőbb európa} \end{array} \right\} + \text{FT(audio)}$

QAM ( $C_{R1} \pm C_B$ ) Német, Keisőbb európa



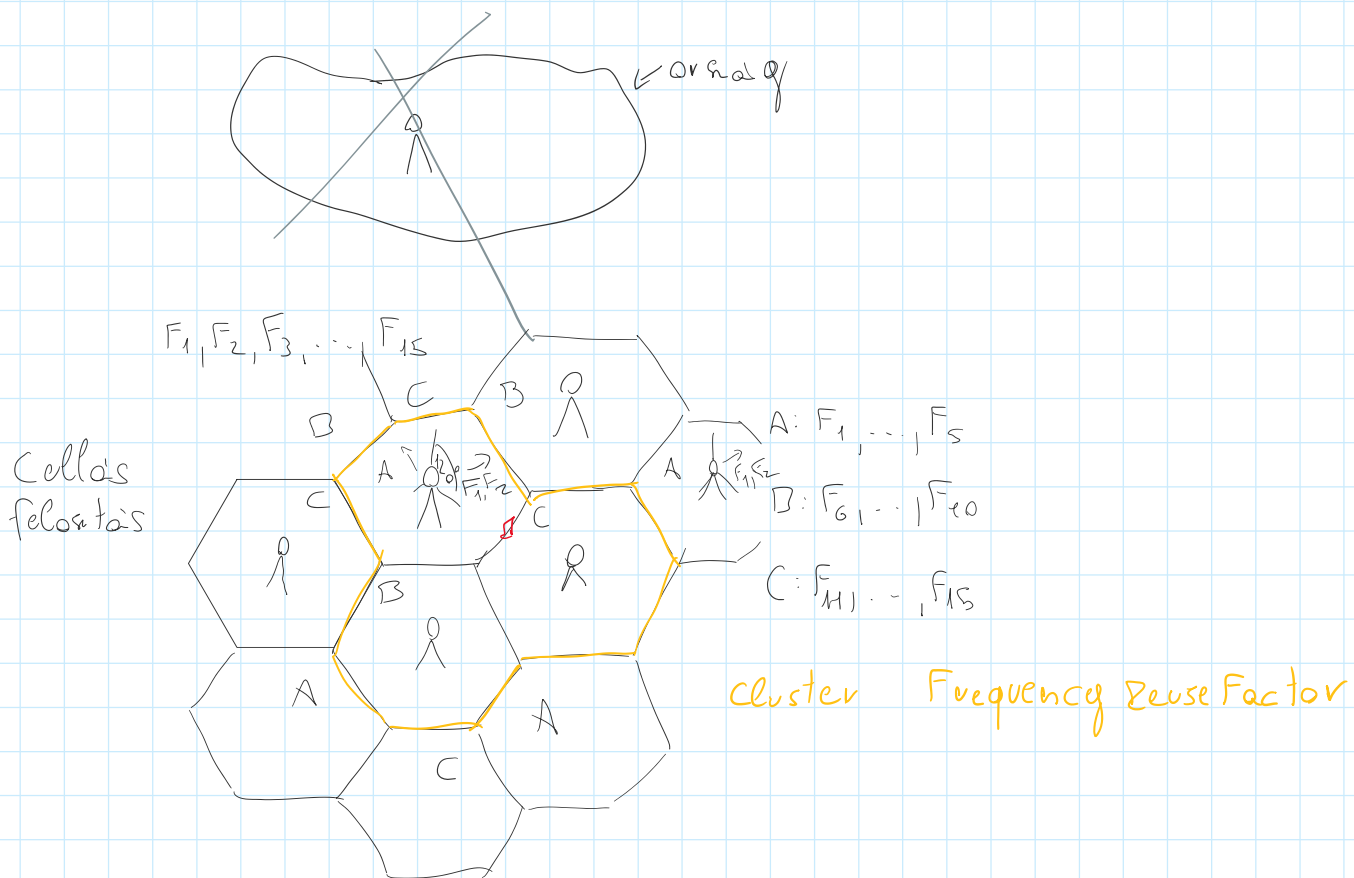
- TV ✓
- Community TV ✓
- Satellite ~~ATV~~ VSB → FDM  
1v2 hangcsatorna → n csatorna

Digitális TV

- jó:
- mintavevő ✓
  - kvantáló ✓
  - kódoló: MPEG
  - titkosító kódoló ✓
  - hibátűrő kód ✓
    - block kódok
    - konvolúciós kódok
  - moduláció ✓ - QAM
    - OFDM
- } konkaterált kód

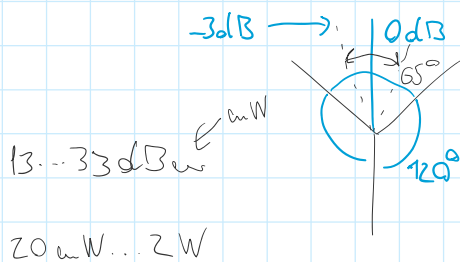
- Cable
- Satellite
- T (földi)

Public Land Mobile Networks - PLMN

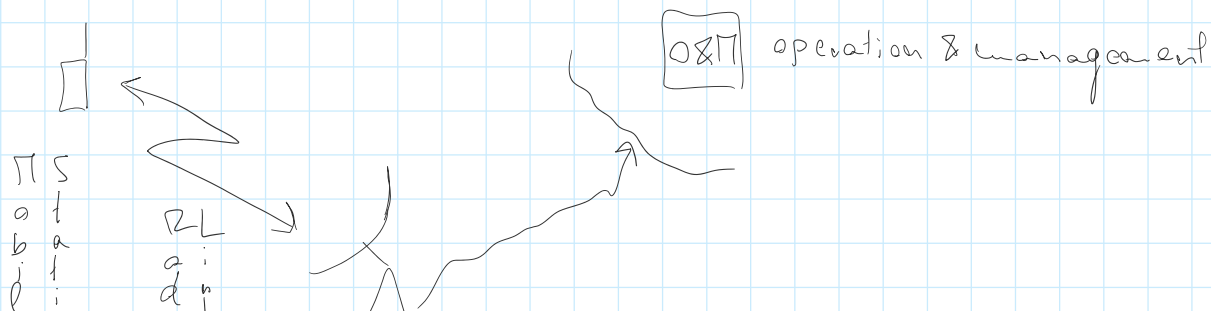


0,5 ... 30 km sugari cellákat használunk

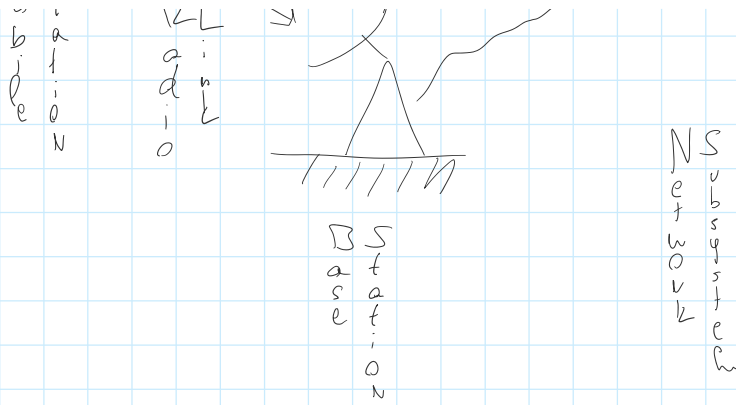
FRF = 12 65°-os antenna



Funkcionális bontás







1G: (... , NTT, ... ) 450 MHz  
 analóg  
 Nincs titkosítás

2G: (... , GSM, ... ) 900 MHz  
 digitális  
 Van titkosítás

2L: 890... 915 MHz uplink mivel kisebb a csillapítás  
 935... 960 MHz downlink

$$2 \times 25 \text{ MHz} = 2 \times (\underbrace{100 \text{ kHz}}_{\text{védősáv}} + 124 \times 200 \text{ kHz} + \underbrace{100 \text{ kHz}}_{\text{védősáv}})$$

↑ 3x60+4

klódek: 11U: 8 kHz; 13 bit  $\Rightarrow$  104 kbit/s  $\xrightarrow{\text{GSM kódoló}}$  13 kbit/s  
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{\{20 \text{ ms}\}} \rightarrow$

berend: 260 bit netto / 20ms  
 ECC: 196 bit / 20ms } 456 bit / 20ms  $\rightarrow$  22,8 kbit/s  
 blokk kód  
 konvolúciós } konkaterált kód





MS = ME + SIM

09  
b u c  
i p  
c w  
h  
t

Adat & v. tel:

SMS: 140 byte 160 karakter 7 bites kodolara

CS: Audio modem - 2,4 kbps

2G Circuit Switch Data (9,6 kbps)

High Speed CSD (9,6/14,4 kbps) • (1, 2, 4, 8, 16)

PS: 2,5 G - GPRS

3G  
4G  
5G

