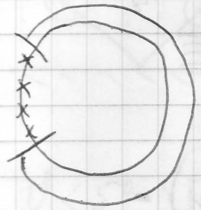
keskenyebb lesz a melléknyaláb...

- nem egyenletes gerjesztés kell!

~~ha gyökök~~

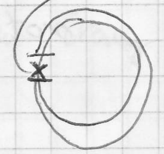


a láthatósági fv nem látja a gyököket

ha $d < \frac{\lambda}{2}$

1 pontban sok gyök

ha $d = \frac{\lambda}{2}$

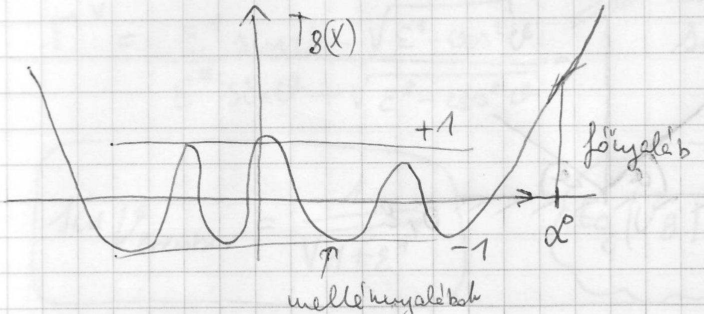


$$\rightsquigarrow F_i(z) = \underbrace{(1+z)^{N-1}}_{}$$

binomiális sor ⇒ Pascal Δ

1
1 2 1
1 3 3 1
1 4 6 4 1

egyenlő melléknyalábok: Chebysev-polinomok



Dolph:

keressünk egy polinomot, és így lehet szintetizálni tetszőleges nyalábú antennát.

2014. március 30.

12. előadás

Komplex dielektromos állandó:

ε_r , $\sigma\ [S/m]$

relatív dielektromos állandó

vezetőképesség

szinuszos áll. állapotra

$$\mathrm{rot}\,\bar{H} = \overset{\substack{|\\ \sigma\cdot E}}{\bar{J}} + j\omega\cdot\varepsilon_0\cdot\varepsilon_r\cdot\bar{E}$$

$$\mathrm{rot}\,H = \bar{E}\cdot\left(\sigma + j\omega\varepsilon_0\cdot\varepsilon_r\right) =$$

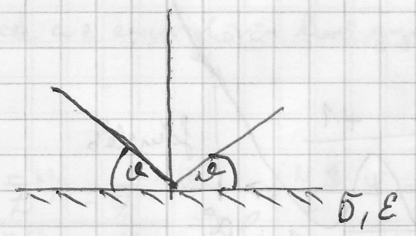
$$E j\omega\,\varepsilon_0\cdot\left(\frac{\sigma}{j\omega\varepsilon_0} + \varepsilon_r\right)$$

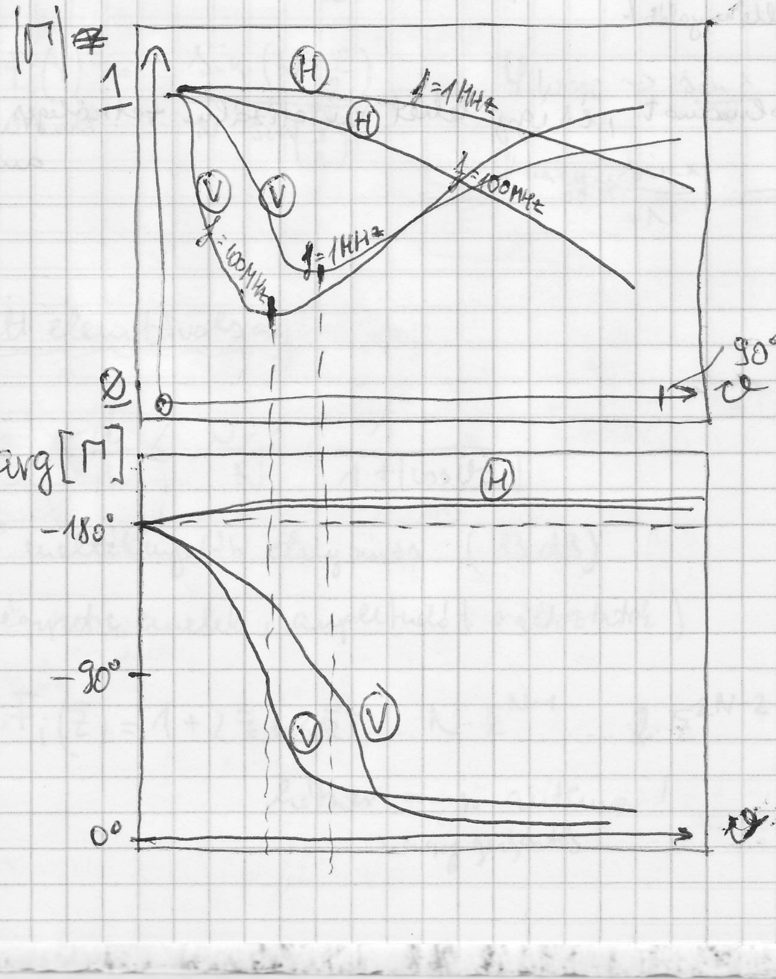
$$\boxed{\varepsilon^* = \varepsilon_r - j\frac{\sigma}{\omega\varepsilon_0}}$$

$$\boxed{\tan\delta = \frac{\sigma}{\omega\cdot\varepsilon_r}}$$

vesztesége a dielektromos anyagnak

$$\boxed{\Gamma^H = \frac{\sin\vartheta - \sqrt{\varepsilon^* - \cos^2\vartheta}}{\sin\vartheta + \sqrt{\varepsilon^* - \cos^2\vartheta}} = \frac{\bar{E}^r}{\bar{E}_i}}$$

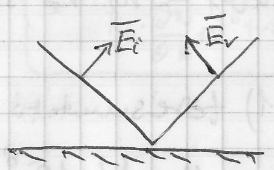




4 görbe, mert 2 polarizációs állapot van!

Ⓗ

Ⓥ



egymással ellentétes irányúak

ha $\vartheta < 5^\circ$ $\Gamma \sim -1$ referencia irány miatt (-180°)

Brewster szög: $|\Gamma^v|_{min}$

$\sigma = 0$ esetén $|\Gamma^v_{\vartheta_B}| = 0$

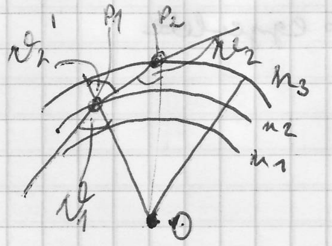
$$\Gamma^v = \frac{\varepsilon^* \sin\vartheta - \sqrt{\varepsilon^* - \cos^2\vartheta}}{\varepsilon^* \sin\vartheta + \sqrt{\varepsilon^* - \cos^2\vartheta}} = \emptyset \text{ ha } \varepsilon^* \sin\vartheta = \sqrt{\varepsilon^* - \cos^2\vartheta} \rightsquigarrow 1 = (1+\varepsilon^*) \cdot \sin^2\vartheta_B$$

$$\sin\vartheta_{Brewster} = \frac{1}{\sqrt{1+\varepsilon^*}}$$

$$\boxed{\sin\vartheta_{Brewser} = \frac{1}{\sqrt{1+\varepsilon^*}}}$$

$$tg(\vartheta_B) = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon^*}}$$

földi atmoszféra : → (0 - 10 km) törésmutató változás (refrakció)



$|\overrightarrow{P_1 O}| = \vec{r_1}$

$|\overrightarrow{P_2 O}| = \vec{r_2}$

OP_1P_2 Δ-re ~~szinusztétel~~

Szinusztétel

$$\cancel{\frac{\sin\vartheta_2}{\sin\vartheta_2'} = \frac{r_1}{r_2}}$$

$$\frac{\sin(\vartheta_2)}{\sin(\vartheta_2')} = \frac{r_1}{r_2}$$

Snellius-Descartes

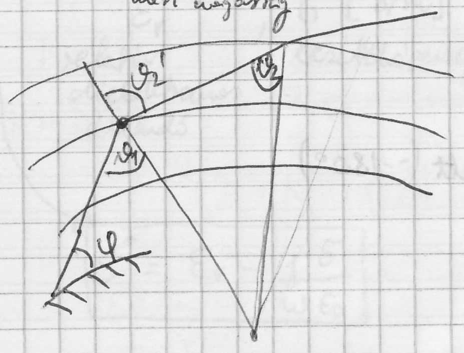
$$\boxed{n_1 \cdot \sin\vartheta_1 = n_2 \cdot \sin\vartheta_2'}$$

$$\boxed{n_1 \cdot r_1 \cdot \sin\vartheta_1 = n_2 \cdot r_2 \cdot \sin\vartheta_2}$$

$n(h)$ törésmutató magasságfüggése:

$$n(\overset{r}{\cancel{h}}) \cdot \overset{r}{\cancel{h}} \cdot \sin\vartheta = n_1 \cdot r_1 \cdot \sin\vartheta_1 = n_2 \cdot r_2 \cdot \sin\vartheta_2 = \text{konstans}$$

Föld középponttól mért magasság



1) törésmutató: 1,000300

$n = N \cdot 10^{-6} \cdot 1$

N: mutató indexe $\simeq 300$

2) $r = R_0 + h$

R_0: Földsugár

h: felszíntől magasság!

$$n(r) \cdot r \cdot \cos\varphi = \underset{n}{\left(1 + N(h) \cdot 10^{-6}\right)} \cdot \underset{r}{(R_0 + h)} \cdot \cos\varphi = \text{konstans.}$$

φ kicsi: $\cos\varphi = 1 - \frac{\varphi^2}{2}$

$h << R_0$

$$\boxed{N \cdot 10^{-6} + \frac{h}{R_0} - \frac{\varphi^2}{2} = \text{konstans}}$$

$\frac{\partial}{\partial h} \Rightarrow$ és $\frac{\partial N}{\partial h} = 0$ ⊕ homogen közeg.

$$\Downarrow$$

$$\frac{1}{R_0} - \varphi \frac{\partial \varphi}{\partial h} = 0 \Rightarrow \text{egyenes egyenlete}$$

$$\frac{1}{R_{eff}} - \varphi \cdot \frac{d\varphi}{\partial h} = \underbrace{\left(\frac{\partial N}{\partial h} 10^{-6} + \frac{1}{R_0}\right)}_{1/R_{eff}} - \varphi \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial h} = 0$$

~~Föld sugár tényező~~

Földsugár tényező ⇒ $\boxed{K = \frac{1}{R_0 \cdot \frac{\partial N}{\partial h} 10^{-6} + 1}} \simeq \underline{\underline{\frac{4}{3}}} = 1.33$

laposabb a Föld

távolabb terjednek!

Standard atmoszféra ⇒ $\boxed{\Delta N_{1km} = -40}$

Tengerszint ~ 315 (N_0)

$K(\Delta N_{1km} = -40) \rightsquigarrow$ [illegible] $\frac{1}{1-0{,}25} = \frac{4}{3}$

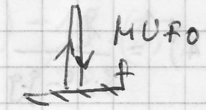
6370
$-40 \cdot 10^{6}$

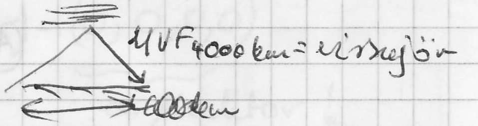
$-157 \rightsquigarrow K = \infty$ (rádióhullámok követik a Földet!)

ionoszféra: 40-500 km

1-30 MHz

Maximal Usable Frequency





MUF(4000km) > MUF(0km)

OWF: optimal working frequency

OWF = 0,8 · MUF

LUF: Lowest usable frequency
G, P, SINR
függő.

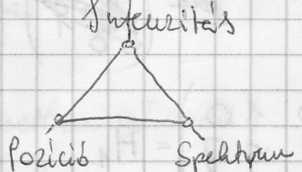
13. előadás

Seller Rudolf

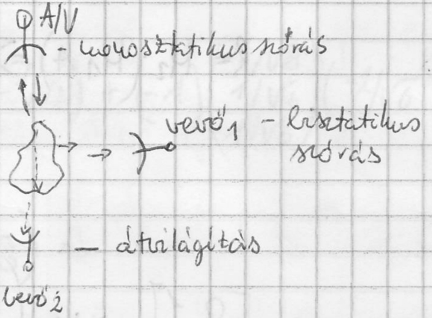
Távérzékelés: (REMOTE SENSING)

- információ gyűjtése objektumokról, közvetlen érintkezés nélkül
  - akusztikus mező
  - gravitációs mező
  - elektromos és mágneses mező
  - elektromágneses mező → <u>ma ez kell</u>!

Mit mérünk?



Elrendezés:

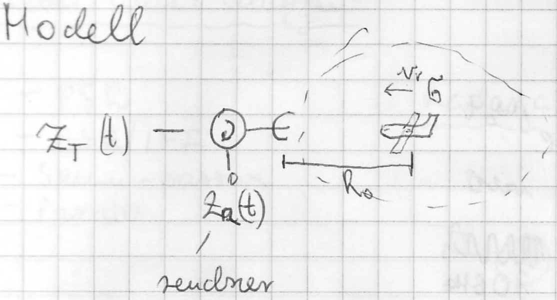


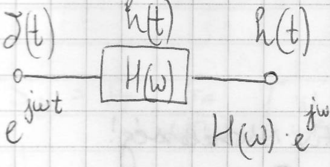
vagy nincs megvilágítás ⇝ az objektum saját sugárzását méri
(pl.: infra hőmérő)
(pl.: tűzkereső műholddal)

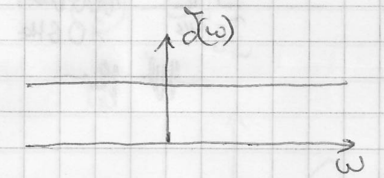
lopakodó repülők: retro-direktív (csak monosztatikus szórás)

$f = 100\,MHz \rightsquigarrow 150\,GHz$

Modell







$T_{sweep} = \frac{1}{B_{Bandwidth}} =$

nem tudom teljesen megmérni

ott kell vizsgálni ahol érdekes!

$\overset{\overset{50ns}{\leftrightarrow}}{\sqcap}$

$\delta(t)$ → 50ns és 1μs
(10GHz)
folyamán fénhegy
20MHz ⇒ 7,5m 1MHz ⇒ 150m
de a mérési pontosság jobb!

felbontóképesség: $\delta_R = \frac{c}{2B}$

<u>több</u> információhoz <u>több energia</u> kell!

itt azonban: $\boxed{LTV}$ rendszerek vannak
(Doppler csúszás miatt)

- Az objektum mérhető paraméterei:

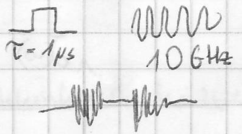
$Z_R(t) \longleftrightarrow Z_T(t)$

- eltéréseket listázom
- eltérések hozzárendelése obj. paraméterhez
- mérhető ⊕ egyértelmű
  kellően érzékeny

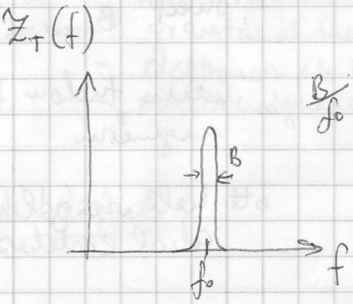
v_r sebesség

σ radar hatásos (RCS) keresztmetszete (reflexiós képesség)

$z_T(t)$ vizsgálójel $\rightsquigarrow$ $z_T(t) = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{moduláció}}}{z_m(t)} \cdot \underset{\substack{| \\ \text{vivő}}}{e^{j\omega_0 t}}$



miért kell vivő ?



$\frac{B}{f_0} \ll 1$

50%

- hogy kevés legyen a relatív sávszélesség! Brel

$\Theta_{3dB} \simeq \frac{\lambda}{D}$

gépkocsi radarok 75 GHz vagy 150 GHz

$\sigma_{geom} \simeq \frac{\lambda}{32}$ vagy felein sokkal pontosabb kell legyen a gyártás

150 GHz felett jóval $\left[\underset{5-10\,km}{\text{LIDAR}}\right]$ turbulencia-mérésre

$H(\omega) = |H(\omega)| \cdot e^{j\phi(\omega)}$

$t_g = \frac{\partial \Phi(\omega)}{\partial \omega}\Big|_{\omega=\omega_0}$ → modulációs miatt

csoport késleltetési idő

$t_p = \frac{\Phi(\omega_0)}{\omega_0}$

fázis késleltetési

$z_R(t) = A(R_0, \sigma, \ldots)\, z_m(t - t_g) \cdot e^{j\omega_0(t-t_p)}$

$t_g \simeq t_p \simeq \frac{2R}{c}^{-\omega t}$

c sebesség

$R = R_0 - v_r \cdot t$

$\Delta t = \frac{2R_0}{c} - \frac{2v_r}{c} \cdot t$

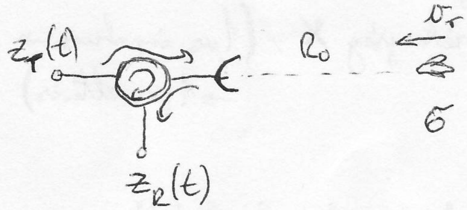
$$z_R(t) = A(\ldots) \cdot z_m \cdot \left(t - \frac{2R_0}{c} + \frac{2v_r t}{c}\right) \cdot e^{\left(j\omega_0 t - \omega_0 \frac{2R_0}{c} + \omega_0 \cdot \frac{2v_r}{c} \cdot t\right)}$$

2015.04.13.
14. ÓRA

①

AH E

Mérhető paraméterek



$Z_T(t) = z_m(t) \cdot e^{j\omega_0 t}$

σ: reflexiós

$\frac{B}{f_0} << 1;\ 5\%$

Mérhető: egyértelmű és kellően érzékelhető

$$Z_R(t) = A(\dots) \cdot z_m(t - t_g) \cdot e^{j\omega_0 (t - t_p)}$$

közelítés: $\Delta t = \underset{\text{csoport-}}{t_g} = \underset{\text{fázis-}}{t_p}$; $\Delta t = \frac{2R}{c}$; $R = R_0 - v_r t \Rightarrow \Delta t = \frac{2R_0}{c} - \frac{2v_r}{c}t$

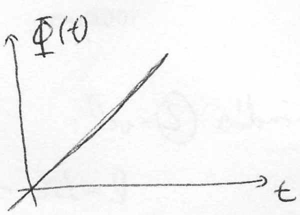
futási idő

$$\rightsquigarrow Z_R(t) = A(\dots) \cdot z_m\left(t - \frac{2R_0}{c} + \frac{2v_r}{c}t\right) \cdot e^{j\left(\omega_0 t - \omega_0 \frac{2R_0}{c} + \omega_0 \frac{2v_r}{c} t\right)}$$

$$\boxed{Z_R(t) = \underset{①}{A(\dots)} \cdot z_m\left[\left(1 + \underset{②}{\frac{2v_r}{c}}\right)t - \underset{③}{\frac{2R_0}{c}}\right] \cdot e^{j(\omega_0 t + \underbrace{\omega_0 t - 2R_0\beta}_{④})}}\ ⑤$$

$\frac{\omega_0}{c} = \beta$ hullámszám $= \frac{2\pi}{\lambda}$; $\frac{\omega_0}{c} \underbrace{2v_r t}_{s(t)} = \frac{2s(t)}{\lambda} \cdot 2\pi = \frac{2v_r \cdot t}{\lambda} \cdot 2\pi =: \Phi(t)$

①
② ✗
③ ✓
④ ✓
⑤ ✓ !



Doppler-frekvencia $\begin{cases} \omega_D = \frac{\partial \Phi(t)}{\partial t} = \frac{2v_r}{\lambda} 2\pi \\ f_D = \frac{2v_r}{\lambda} \end{cases}$

$Z_T \leftrightarrow Z_R$ eltérések

③ $z_m\left(t - \frac{2R_0}{c}\right)$

R_0	$\Delta t = \frac{2R_0}{c}$
15 m	100 ns
150 m	1 μs
1,5 km	10 μs
15 km	100 μs
150 km	1 ms

⇝ mérhetőség függ a modulációs jelalaktól (rövid, nagy sávszélességű impulzussal jó)

egyértelmű ✓
érzékenység ✓

②

② $z_m(\alpha t)$; $\alpha = \frac{2v_r}{c} + 1$

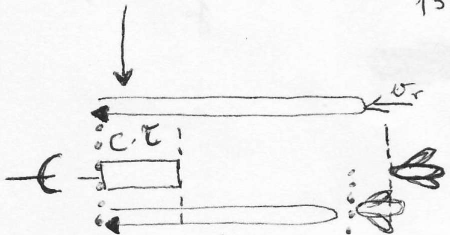
v_r	$\alpha - 1$
$15 \frac{m}{s}$	10^{-7}
$150 \frac{m}{s}$	10^{-6}
$1500 \frac{m}{s}$	10^{-5}

v_r „közeledő" esetben pozitív

egyértelmű ✓

érzékenység X (1µs impulzus → → 1ps eltérés)

nyújtás – zsugorítási transzformáció



(pl: $\tau = 1\mu s$: $c \cdot \tau = 300m$)

Erősítés kell: f_0 növelésével elérhető.

② ⇝ „alapsávi Doppler-jelenség"

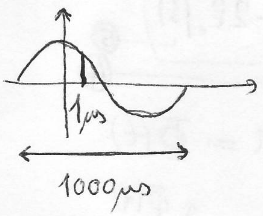
④ $f_D = \frac{2v_r}{\lambda}$ $f_0 =: 10GHz$, $\lambda = 3cm$

v_r	f_D
$1 \frac{m}{s}$	67 Hz
$10 \frac{m}{s}$	670 Hz
$100 \frac{m}{s}$	6,7kHz
$1000 \frac{m}{s}$	67kHz

egyértelmű ✓

érzékenység ✓

$\tau = 1\mu s$
$f_D = 1kHz$



Hosszabb megfigyelés ⇒ pontosabb mérés

(1kHz mellett ~0,1s kéne)

Ellentmondás ②-vel:

R – Δt – B↑

v – Δf – B↓

$X(a \cdot t) \underset{\mathcal{F}}{\longleftrightarrow} \frac{1}{a} \cdot X\left(\frac{\omega}{a}\right)$ miatt

a>0

„Optimális": Gauss-impulzus

→ kellő sűrűségű mintavételezéssel (f_{PRF}) javítható egy szinten belül a probléma

~~Erősítés~~

⑤ $\Delta\Phi = 2R_0\beta = 2R_0 \cdot \frac{2\pi}{\lambda}$; $f_0 =: 1GHz$, $\lambda = 30cm$

R_0	$\Delta\Phi$
15km	$10^5 \cdot 2\pi$
15km+1,5cm	$\underbrace{10^5}_{} \cdot 2\pi + \underbrace{\frac{2\pi}{10}}_{36°}$

egyértelmű X

érzékenység ✓

konstans szorzó nem mérhető

követésre jó: kis mértékű elmozdulás detektálható vele

$\Delta\Phi = k \cdot 2\pi + \Delta\Psi \rightarrow R_0 = k \cdot \frac{\lambda}{2} + \frac{\Delta\Psi}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{2}$

k=?

2015. 04. 13.
14. ÓRA

③

AH E

Másik alkalmazás: frekvencia folyamatos növelésével megvárnak két ~~nullfázist~~ azonos fázist

$$\Delta\Phi_1 = \cancel{k}\cdot 2\pi + \phi \rightarrow \boxed{R_0 = k\frac{\lambda_1}{2}}$$

$$\Delta\Phi_2 = (k+1)\,2\pi + \phi \rightarrow \boxed{R_0 = \cancel{k\frac{\lambda_2}{2}}\,(k+1)\frac{\lambda_2}{2}}$$

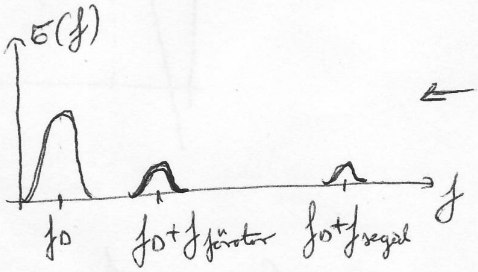
→ megoldható k-ra
(összetett eljárás, nem egy mérés)

Kiterjedt objektumokra nem alkalmazható pontosan ~~(hullámhosszhoz képesti (hullámhosszal összevethető nem~~
(méret ~ λ)

① A(R, σ, f₀, terjedési tulajdonságok)

Részlegesen feloldható, ← egyértelműség ✗
ha R ismert ③ mérése alapján

σ(f) → objektum mérete szerint konstruktív–destruktív interferenciák
↳ fluktuációt okoz



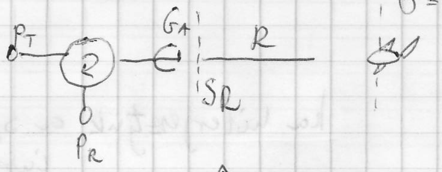
← helikopter esete: típusra/kategóriára lehet következtetni a fluktuációból (~klasszifikáció)

15. előadás

Radar-mérés alapjai:

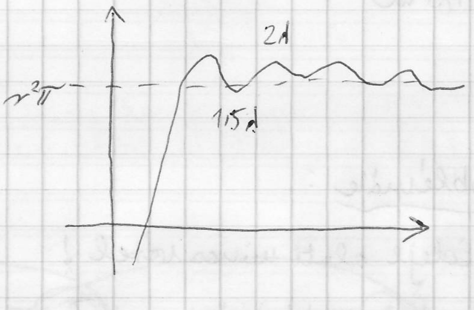
- PSR
- SSR/IFF
- Semi-passive
- Passiv

Radaralapegyenlet:



$\sigma = r^2\pi$

$$S_t = P_T \cdot \frac{G_A}{4\pi R^2} \left[\frac{W}{m^2}\right]$$



$$\boxed{\sigma = G_T \cdot A_{t\,eff}}$$

$\sigma(\vartheta, \varphi)$

def

$P_{BC} = S_t \cdot A_{t\,eff}$ $\qquad S_R = P_T \cdot \frac{G_A}{4\pi R^2} \cdot \sigma \cdot \frac{1}{4\pi R^2}$

$S_R = P_{BC} \cdot \frac{G_T}{4\pi R^2}$ $\qquad P_R = S_R \cdot A_{eff}$

$$\cancel{P}_R = \frac{P_T \cdot A_{eff} \cdot G_A \cdot \sigma \cdot 1}{(4\pi)^2 \cdot R^4}$$

$A_{eff} = G_A \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi}$ $\qquad \boxed{P_R = P_T \cdot \frac{G_A^2 \cdot \lambda^2}{(4\pi)^3} \cdot \frac{1}{R^4} \cdot \sigma}$

oda-vissza

$\boxed{P_R \sim \frac{1}{R^4}}$

$\underline{D_R \sim \sigma}$

reflexiós képesség

- előbb veszem észre a radart, mint ő engem!

Igen nagy teljesítmény kell!

néhány MW $\qquad$ átütési feszültséget elérték a csőtápvonalban

dehidrátor van a tápvonalban!

2 repülőgép egymás mögött nagyon közel

Alapfogalom:

radiális felbontás:

$\tilde{\delta}_R = \frac{c \cdot \tau}{2}$

τ impulzus

c·τ impulzus

[félbehajtott papírnál]

$\tau = 1\mu s$ (ATC-ben)

$\tilde{\delta}_{R\,ATC} = 150 m$

$\tilde{\delta}_{R\,SR} = 7{,}5 m$
hajózás

ha kiterjesztjük a spektrumot ~> $\boxed{\tilde{\delta}_R = \frac{c}{2B}}$
impulzusra

Gyakorlati problémák:

adás ideje alatt nincs vétel !

[KW vs. mW érzékenység]

$\tau \Rightarrow 2R_{min} = c\tau \rightsquigarrow \boxed{R_{min} = \frac{c \cdot \tau}{2}}$

w

$d_{min} = \frac{2D^2}{\lambda}$ $R > d_{min}$ aperture-antenna

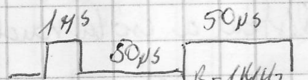
pl 1GHz, ~~d~~ D=7m

$F(R,\vartheta,\varphi) \rightarrow \underbrace{F(\vartheta,\varphi)}_{\text{távoltérben}}$ ↙ csak 2D-ben

300m-ig nem síkhull

Ferihegy: felvezető alapú terminál radar

$\tau = 50 s$ $R_{min} = 7{,}5 km$



modulálatlan modulált

közelre is és távolra is lát!

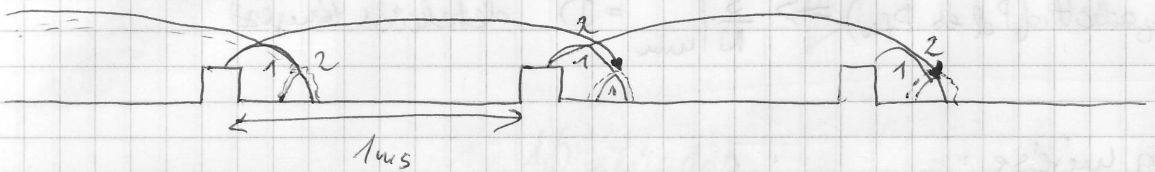
R_1 = egyértelműségi hatótávolság.

$f_{PRF} = 1kHz \rightarrow T_{RF} = 1ms$

imp. ism.
frekvencia

$R_1 = 15\ km \Rightarrow \Delta t_1 = 100\mu s$

$R_2 = 15km + 150\ km \Rightarrow \Delta t_2 = 100\mu s + 1ms$

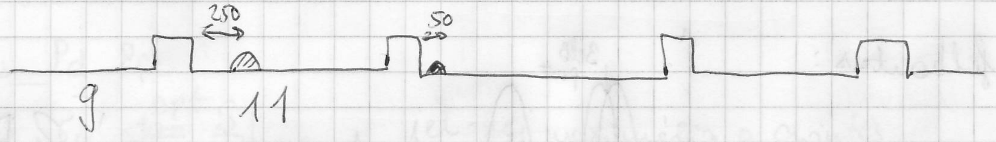


nem tudni, hogy egy repülő 15km-re vagy egy nagy repülő 165km-re

Megoldás: alternáló frekvencia ✓

de magnetron 1 frekvencián van... Sánta indítással

Sánta indítás:



másodlagos zónában ugrál a jel két érték közt
(idődiff.)

lebukik a másodlagos!

vagy kód ~~alt~~ alternálás:

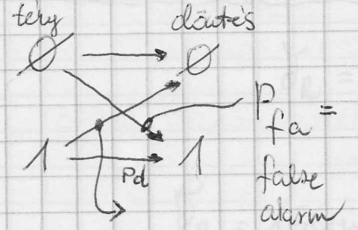
$$\boxed{R_1 = \frac{c}{2 \cdot f_{PRF}}} \quad \boxed{f_{PRF_{max}} = \frac{c}{2R_1}}$$

$\frac{S}{N}_{min}$

minőség → $\frac{S}{N}\Big|_{min}$

detekció — döntés

- a detekció elmulasztása nagyobb probléma, mint a vaklárma



$P_{elmulasztott} = 1 - P_d$
detekciós valség

$BER = erfc\left(\sqrt{\frac{S}{N}}\right)$ SNR határozza meg a minőséget

ha adott (P_d és P_{fa}) $\Longrightarrow \frac{S}{N}\Big|_{min} = D$ detekciós tényező

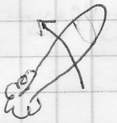
Szög mérése:

az antenna iránykarakterisztikájával lehet mérni!

2D R, φ azimuth

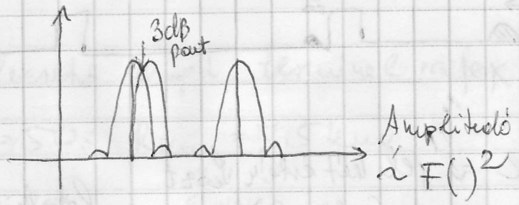
R ← hullám terjedése

φ ← $F(\varphi)$



forog az antenna

felbontás:

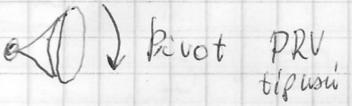


2D

Rayleigh limit: $\boxed{\delta \cancel{\phi}\Phi = \Phi_{3dB}}$

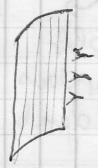
3D: (R, φ, ϑ)

kezdetben bólogató antenna



u.a. stacked beam

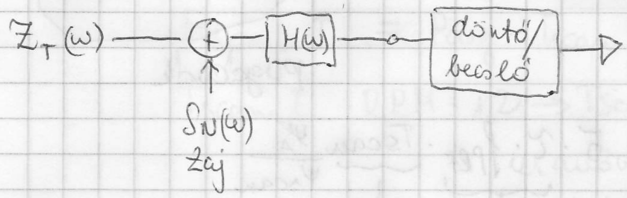
vagy hengerparaboloiddal



a henger forog
az antenna rendszer
elektronosan
formál nyalábot

16 előadás

Illesztett szűrő és korrelációs vevő



Döntés minősége: P_d P_{fa}

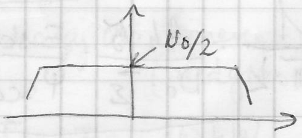
Becslés: $\sigma_R, \sigma_\varphi, \sigma_v \overset{opt}{\Longleftarrow} \left.\frac{S}{N}\right|_{t_0, max}$ jel-zaj maximális a döntés pillanatában.

radiál szög sebesség

$$H_{opt}(\omega) = \mu \cdot \frac{Z_T^*(\omega)}{S_N(\omega)} \cdot e^{-j\omega t_0}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{max, t_0} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{Z_T(\omega)^2}{S_N(\omega)} \cdot \cancel{e^{-j\omega t}} \, d\omega$$

$$\boxed{GWN \rightarrow \left(\frac{S}{N}\right)_{max\, t_0} = \frac{2E}{N_0}}$$



$N_0 = k \cdot T_\Sigma \cdot S_N(\omega)$

PSR alapegyenlet

antenna hat. felület

$$P_{vett} = P_T \cdot \frac{G_A}{4\pi \cdot R^2} \cdot \sigma \cdot \frac{\overset{\downarrow}{A_{eff}}}{4\pi \cdot R^2}$$

$$T_{scan} \Rightarrow \overbrace{R_{max}\,,\ \Psi_{scan}}^{V_{scan}}$$

idő alatt távolságig térszögben

detekció mérés
P_{fa}, P_d $\quad \Sigma \sigma_k$

$$\Longrightarrow \left.\frac{S}{N}\right|_{min} = D_0 \leqslant \left.\frac{S}{N}\right|_{tényleges} = \frac{2E}{N_0} = \boxed{\frac{2}{N_0} \cdot P_R \cdot \tau \cdot M}$$

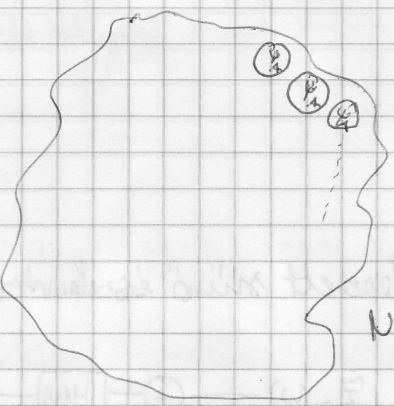
1. impulzus kom

$$E_1 = \cancel{2}\, P_R \cdot \tau \ \underset{\substack{\text{több}\\\text{impulzus}\\\text{M darab}}}{\rightsquigarrow} \ E = E_1 \cdot M \Rightarrow$$

$$\boxed{\left.\frac{S}{N}\right|_{min} = D_0 = \frac{2}{N_0} \cdot P_T \cdot \frac{G_A A_h}{(4\pi)^2 R_{max}^4} \cdot \sigma \cdot \tau \cdot M}$$

$$\left(\underset{\substack{\text{ismétlődési}\\\text{frekvencia}}}{f_{PRF}} \cdot T_{scan}\right) \Big/ \underset{\substack{|\\ \frac{\Psi_{scan}}{\psi_A}}}{N} = M$$

Ψ_{scan}



$$N = \frac{\Psi_{scan}}{\psi_A}$$

pogácsák

$$\left.\frac{S}{N}\right|_{min} = D_0 = \frac{2}{N_0} \cdot \underbrace{P_T \cdot \frac{\cancel{G_A} \cdot A_h}{(4\pi)^2 R_{max}^4} \cdot \sigma \cdot \tau \cdot f_{PRF}}_{P_{avg}} \cdot \underbrace{T_{scan}}_{P_{avg}} \frac{\cancel{\psi_A}}{\Psi_{scan}}$$

$$N_0 = k \cdot T_\Sigma$$

$$\boxed{\frac{4\pi}{\psi_A} = G_A}$$

$$\boxed{P_{avg} = P_T \cdot \tau \cdot f_{PRF}} \ * \ \boxed{P_{avg} \cdot T_{scan} \Rightarrow \text{energia } E_{scan}}$$

$$D_0 = \frac{2}{N_0} \cdot \frac{A_h}{4\pi R_{max}^4} \cdot \sigma \cdot \frac{E_{scan}}{\Psi_{scan}} \rightarrow \cancel{R_{max}^4 = \frac{2}{N_0 4\pi}}$$

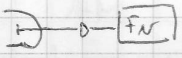
$$\boxed{\boxed{R_{max}^4 = \frac{1}{2\pi \cdot k} \cdot \frac{A_h \cdot \sigma}{D_0 \cdot T_\Sigma} \cdot \frac{E_{scan}}{\Psi_{scan}}}}$$

R_{max} növelési lehetőségei?

$\frac{E_{scan}}{\Psi_{scan}}$;

javulás

T_Σ csökken	jobb $\frac{S}{N}$ ✓	LIN



$$T_\Sigma = T_A + (F_{v} - 1) \cdot T_0 \qquad T_A = \frac{G_A}{4\pi} \cdot \oiint_{4\pi} |F(\vartheta,\varphi)|^2 T(\vartheta,\varphi)\, d\Omega$$

D_0 – minőség P_d, P_{fa} ; σ

σ is fontos

A_R növelése elég necces mert $\lambda/32$ pontosság kell

$$\sim G_A \sim \frac{1}{\Psi_A}$$

7m-es antennák is lehetnek

$\Psi_{scan} \downarrow$ felhasználó ↓ eddig nem sokat tudok tenni

---

$E_{scan} \uparrow = P_{avg} \cdot T_{scan}$

$T_{scan} \uparrow$ $RPM = 12 \rightarrow T_{scan} = 5\,s$ reptéri

manőverezés követése

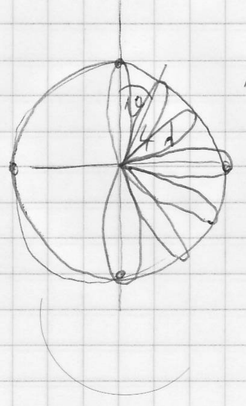
mintavételi tétel (térben)

$$P_{avg} \uparrow = P_T \cdot \frac{\tau}{T_{PRF}} = P_T \cdot \tau \cdot f_{PRF}$$

$P_T \uparrow$ előbb utóbb átüt a tápvonal (dehidrator)

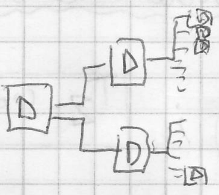
végerősítő: HPA
- magnetron – nem alkalmas koherens rendszerben (MW)
- klisztron (250 kW)
  ⇓
  nagy cső, koherens, megbízható (mágneses tér!)
- TWT 20 kW
  haladó hullámú cső
- félvezetős 3 GHz (~200 W max)

$\Delta\Phi = \frac{d}{\lambda} 2\pi \cos\vartheta$



több tranzisztoros erősítős félvezetős rendszer!

kiesés esetén kevés a veszteség!



$\boxed{\Sigma\ 50\text{-}100\ kW}$

teljesítmény összegzés
és nehézkes!

térbeli összegzés

fázis együttfutás nem triviális!

BITE

17. előadás

$E_{scan} \uparrow = T_{scan} \cdot P_{avg}$

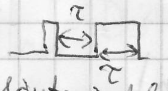
$P_{avg} = P_T \cdot \tau \cdot f_{PRF}$

$f_{PRF} \uparrow - R_1 = \frac{c \cdot T_{PRF}}{2} = \frac{c}{2 \cdot f_{PRF}}$ egyértelműség!

egyértelmű hossz

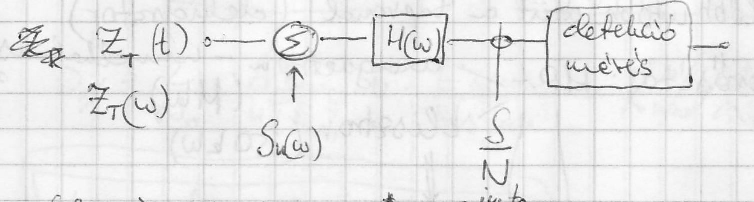
$\tau \uparrow - \delta_R = \frac{c \cdot \tau}{2}$ modulációs $\rightsquigarrow$ $\boxed{\delta_{Rmod} = \frac{c}{2B}}$ van moduláció

modulálatlan $\boxed{R_{min} = \frac{c \cdot \tau}{2}}$



sánta indulás

illesztett szűrő + korrelációs vevő:

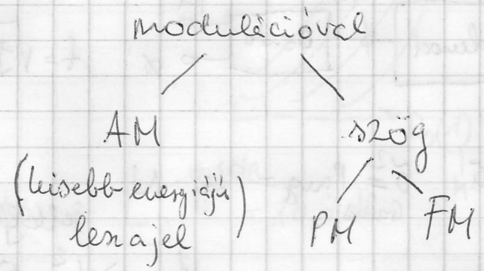


$Max\left\{\frac{S}{N}\Big|_{t_0}\right\} \leftarrow H_{opt} = \mu \cdot Z_T^*(\omega) \cdot e^{-j\omega t_0}$

AGWN esetben

$\frac{S}{N}\Big|_{t_0\ max} = \frac{2E}{N_0} \rightsquigarrow \{E = P_T \cdot \tau\}$

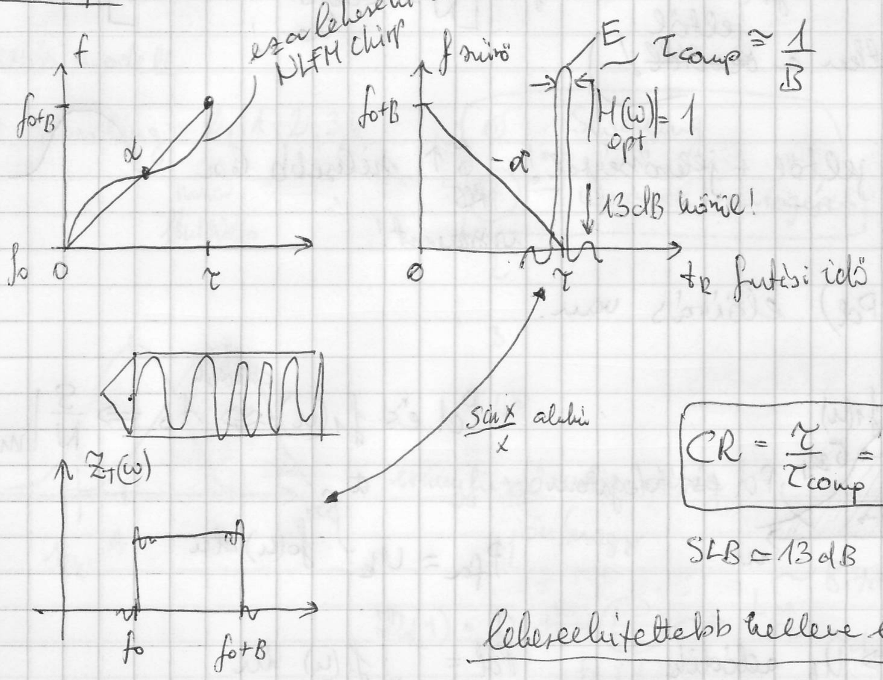
Spektrális kiterjedés B-re: $\boxed{\delta_R = \frac{c}{2B}}$



digit/folytonos

FM chirp , NLin FM chirp

Lineáris FM chirp:



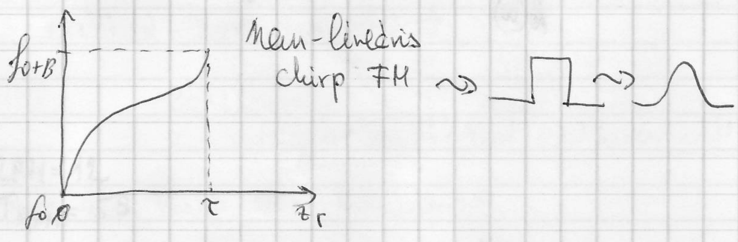
$$\boxed{CR = \frac{\tau}{\tau_{comp}} = \tau \cdot B}$$

SLB ≃ 13 dB

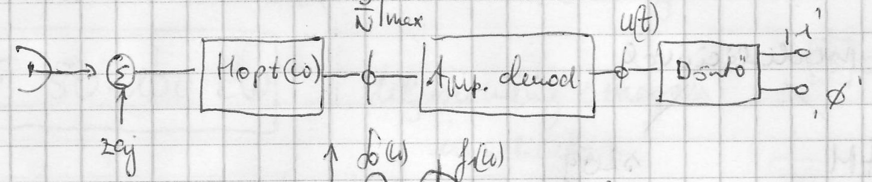
leberelítettebb kellene legyen!

nem AM!

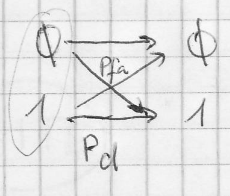
QPSK ~~AM, FM~~

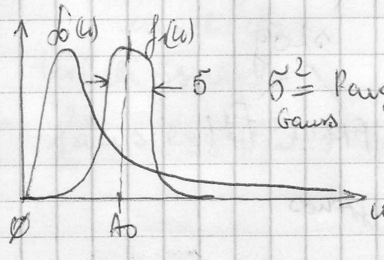


Detekció:



$A=\sqrt{J^2+Q^2}$





$\sigma^2_{Gauss} = P_{avg} = P_{zaj} = N$

jelteljesítmény

$A_0 \rightarrow A_0^2 = S$

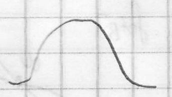
jel

$0 \rightarrow$ csak zaj (N) $\rightarrow f_0(u) \Leftrightarrow$ Rayleigh - fv.

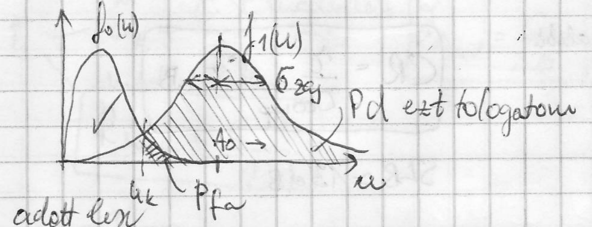
$1 \rightsquigarrow S+N \longrightarrow f_1(u) \rightarrow$ Rice fv. $\left[\frac{S}{N} > 20dB \overset{\sim}{\Rightarrow} \text{Gauss}\right]$ ha!

($f_0(u)$ független a ~~[illegible]~~ jeltől!)

$f_1(u)$ függ a jeltől + jelerősségtől! $\sigma_{RCS} \uparrow$ szélesebb lesz visszavert!



előírás: (P_{fa}, P_d) előírás van!



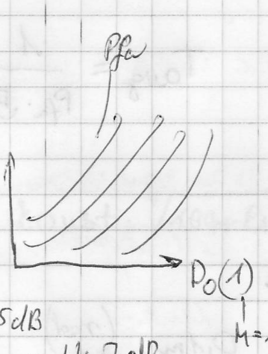
P_d és $f_1(u) \overset{\text{adódik}}{\Rightarrow} A_0 \Rightarrow \frac{S}{N}\Big|_{min} = D_0$ detekciós tényező

$$P_{fa} = \int_{u_k}^{\infty} f_0(u)\,du$$

P_{fa} és $T_{\Sigma} \Rightarrow U_k$ adódik
$\downarrow$
$f_0(u)$

$$P_d = \int_{u_k}^{\infty} f_1(u)\,du$$

Korábbi ZH feladat:



Keresem a görbesereget.

$P_d = 90\%$

$P_{fa} = 10^{-8}$

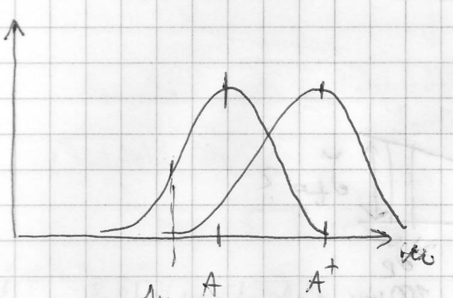
$D_0(1) = 14,2\,dB + \underbrace{L_D}_{\text{korrekciós tényező a 20dB miatt!}}^{0,5dB} = 14,7\,dB$

$D_1(\overline{M})$ – integrálható minták száma

fluktuációs modell

→ Swerling Ø, 1, 2, 3, 4

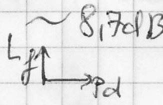
nincs fluktuációs



Ø Swerling
① – normál repülőgépek
2
3
4

irányfüggő valószínűség!
jön/megy

$D_1(1) = D_0(1) + \underbrace{\boxed{L_f}}_{\text{fluktuációs veszteség}} \rightsquigarrow$



$\simeq 23,4\,dB$

több impulzus használjunk:

$M = ?$ $N = T_{RPM} \cdot f_{PRF}$

$RPM = 12$

$T_{RPM} = 5s$

$N = 800\,Hz \cdot 5s = 4000 \rightarrow 1°\text{-ra } \frac{4000}{360} \cdot \Phi_{3dB} = \frac{4000}{180} =$

$\Phi_{3db} = 2°$ $\boxed{M = 22}$ ~~22~~

$D_1(M) = D_1(1) - 10\lg M + \underbrace{L_{\text{integráció}}}_{\text{Rice vs. Gauss miatt.}} = 23,4 - 13,4 + 2,7 = 12,7\,dB$

Vaklármák átlagos ideje: 10^{-8} $T_{avg} = \frac{1}{P_{fa}\cdot B}$ [s] = $\underline{\underline{100 s}}$

$\tau_c = \frac{1}{B} = 1\mu s$

antenna hor. mérete:

$$\Phi_{3dB} \cong \frac{\lambda}{D_H} = \frac{0,1m}{D_H} = \overset{(rad)}{2°}$$

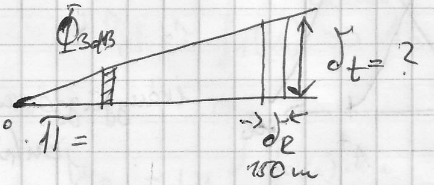
$$2° = \frac{0,1m}{D_H} \Rightarrow D_H \simeq \underline{\underline{2,86 m}}$$

radiális felbontás: $\delta_R = \frac{c}{2B} = \frac{c\cdot\tau_c}{2} = \frac{3\cdot10^8}{2\cdot10^6} = \underline{\underline{150 m}}$

azimuth-szögfelbontás: $\delta_\Phi = \Phi_{3dB} = \underline{\underline{2°}}$

megegyezik!

tangenciális felbontás:



$$\delta_t = R\cdot\Phi_{3dB}^{rad} = 10^5 m \cdot 2°/180°\cdot\pi =$$
$$= \underline{\underline{3,490 km}}$$

sokkal rosszabb, mint a radiális felbontás

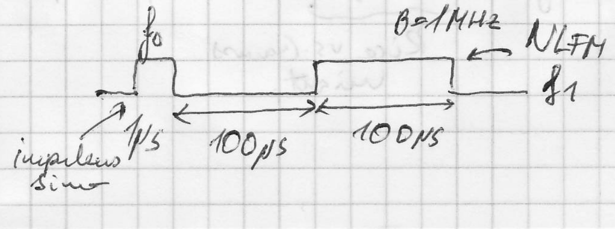
több radarral kellene.

minimális hatótávolság:

impulzushossz alatt nem tud venni.

$T = 100\mu s$ $R_{min} = \frac{c\tau}{2} = 15 km$

3/b. mit tehetünk ez ellen?



$R_{max} = 150km$

$1\mu s \rightarrow R_{max} = ?$

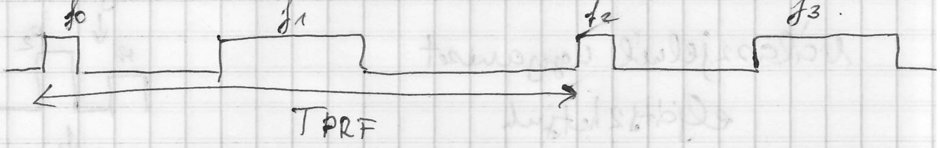
$R_{max} = konst \cdot \sqrt[4]{E} = konst \cdot \sqrt[4]{100\mu s \cdot P_A}$ $\rightsquigarrow$ $\frac{R_{max}}{4\sqrt{100}} = \frac{150}{\sqrt{10}} \rightsquigarrow R_{max} = 47km$

$R'_{max} = konst \cdot \sqrt[4]{1\mu s \cdot P_{A_2}}$

ellát $1\mu s$-mel eddig ✓

egyértelműségi hatótávolság:

$R_1 = \frac{\overset{3\cdot 10^8}{c}}{2\underset{1600Hz}{f_{PRF}}} = 187,5 km > R_{max}$, ok



fluktuációs veszteség miatt jó a 4 féle frekvencia

4 féle polárdiagram! lehetetlen 4 együttes mellhely?

3/a felhőszakadás van

100mm/h

$10 \lg x = dB$

$L_p = \underset{\sim 0,17 \, dB/km}{\alpha_p} \cdot \underset{15km}{d} = 2,55dB = 1,8$

$\nearrow P_{A_2} = \frac{PA}{1,8}$

$R'_{max} = R_{max} \sqrt[4]{\frac{1}{1,8}} = 0,86 \rightarrow$ $\underline{\underline{129,5km}}$

csökken a hatótávolság

SSR: Secondary surveillance radar

Mérés : R, φ

\+

Kommunikáció : h, N
magasság, azonosító

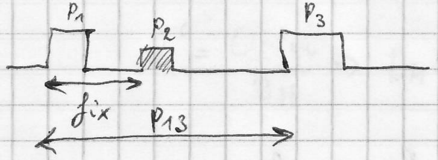
transmission

1030 MHz / 1090 MHz

lentről kérdés / fentről válasz

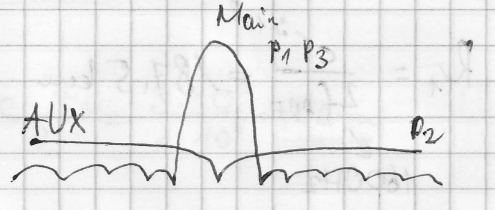
transzponder!

kérdés :

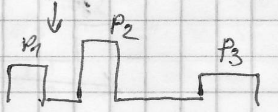


Military : IFF
friend
foe

P_2 szerepe:



ha melléknyalábról megy kérdés

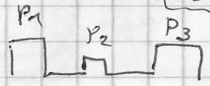


$P_2 > P_1, P_3$

melléknyaláb kérdezés → „nem válaszol"

„30 μs-blokkol"

ha



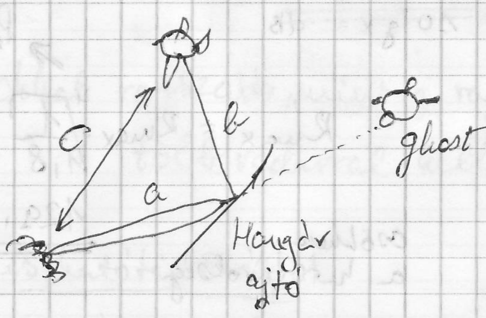
✓

$P_2 < P_1, P_3$

válaszolok

válaszjelnél ugyanezt eljátszhatjuk

másik gond: szellem gép



ez is probléma

csoport futási idő különbségek miatt 30 μs delay van.

nagy távolságon lehet szellemkép,

MODE C reply 7777 papagáj kalibrációkhoz használt bitsorozat

LSB → 100 ft ≈ 30 m

Válaszjel 4096 bit, de kevesebb cím

Altimeter: domborzathoz képest

légnyomás alapján is lehet.

Mode-S 56/112 bites válasz + koordináták

ritkán válaszol!

Monopulse: 3dB irányélességi szögnél pontosabb szögmérés (szekunder radarral)