Híradástechnika - gyakorlat

http://tel.ttt.bme.hu/HirTech/

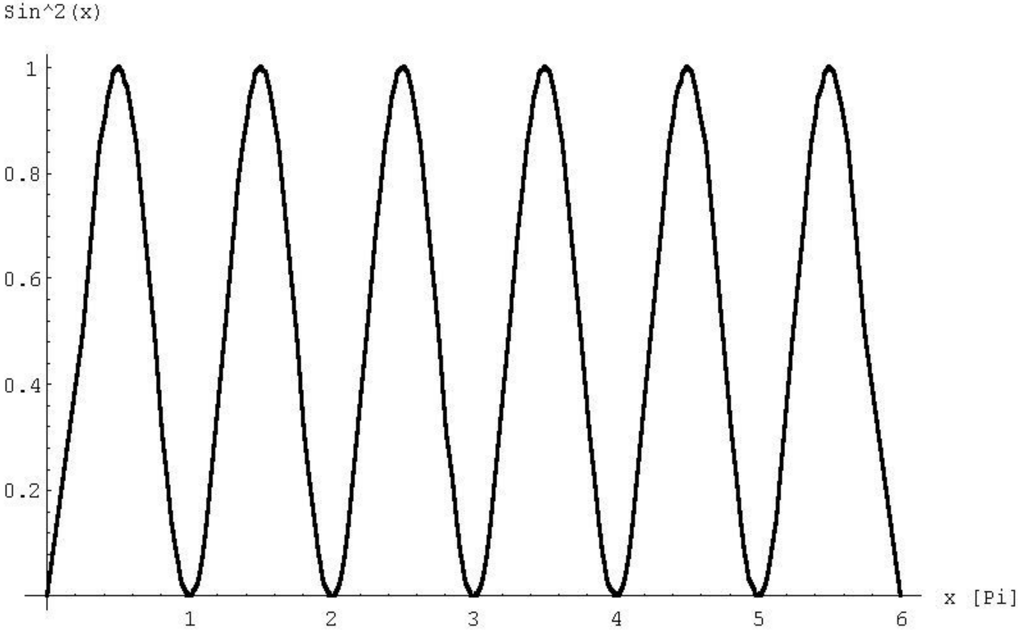
Marosi Gyula

I.B.222., tel.: 1864
gyula@i.am

0. gyakorlat - Jelek leírása

- Határozzuk meg az A amplitudójú, f_0 frekvenciájú szinuszjel, illetve szimmetrikus négyszögjel csúcstényezőjét!

Plot [Sin[x]^2, {x,0,6*Pi}];



A háromfázisú szinuszos jel

- Stacionárius-e a $\xi_t = A \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \phi)$ folyamat? (Itt A és f konstansok, ϕ pedig egy diszkrét val.változó, amely három lehetséges értékét (0, $2\pi/3$, $4\pi/3$) azonos valószínűséggel veszi fel.)
  - ... szűkebb értelemben (erősen)
    - » $F_\xi\{x, t\} = P\{\xi_t < x\} = ?$
  - ... tágabb értelemben (gyengén)
    - » $M\{\xi_t\} = ?$
    - » $L_\xi\{t_1, t_2\} = ?$

0. gyakorlat - Jelek leírása

- Határozzuk meg az A amplitudójú, f_0 frekvenciájú szinuszjel, illetve szimmetrikus négyszögjel csúcstényezőjét!

- Határozzuk meg két, egyenként A amplitudójú, f_1, illetve f_2 frekvenciájú szinuszos jel összegének a csúcstényezőjét!

0. gyakorlat - Jelek leírása

- Határozzuk meg az alábbi két jelnek a csúcstényezőjét!

$$x_1(t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot f_0 t) + A \cdot \cos(2\pi \cdot 2 f_0 t) + A \cdot \cos(2\pi \cdot 3 f_0 t)$$

$$x_2(t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot f_0 t) + A \cdot \sin(2\pi \cdot 2 f_0 t) + A \cdot \cos(2\pi \cdot 3 f_0 t)$$

1. gyakorlat - Jelek leírása

- Példa az autokorrelációs függvény hasznáról (előrejelzési feladat)

- Az autokorrelációs függvény és a spektrális sűrűségfüggvény kapcsolata

1. gyakorlat - Jelek leírása

- Határozzuk meg egy $s_\xi(f)$ spektrális sűrűségfüggvényű ξ folyamat (sávha-tárolt fehér zaj) autokorrelációs függvé

1. gyakorlat - Jelek leírása

- Határozzuk meg egy $s_\xi(f)$ spektrális sűrűségfüggvényű ξ folyamat (sávha-tárolt fehér zaj) autokorrelációs függvé

A zajok műszaki leírása

- Ekvivalens zajhőmérséklet: $T_{ekv} = \dfrac{P_{zaj}}{kB}$
- Bemenetre redukált saját zaj hőmérséklete: $T_{sred} = \dfrac{P_{saj\acute{a}tzajki}}{kB \cdot G}$
- Négypólus bemenetére redukált eredő zajhőmérséklet:

$$T_{redere} = \frac{P_{ered\H{o}zajki}}{kB \cdot G} = \frac{P_{bees\H{o}} + P_{saj\acute{a}tzajki}}{kB \cdot G} = T_{bees\H{o}} + T_{sred}$$

- Négypólus zajtényezője: (T_0=290K) $F = \dfrac{P_{ered\H{o}zajki}}{kBT_0 \cdot G} = 1 + \dfrac{T_{sred}}{T_0}$
- Láncbakapcsolt négypólusok eredő zajtényezője és (eredő redukált) zajhőmérséklete:

$$P_{ered\H{o}zajki} = kB \cdot T_0 \cdot G_1 G_2 + kB \cdot T_{sred1} \cdot G_1 G_2 + kB \cdot T_{sred2} \cdot G_2$$

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} \qquad T_{reder} = T_0 + T_{sred1} + T_{sred2} \frac{1}{G_1}$$

- Csillapító zajtényezője: $F = 1 + (L-1)\dfrac{T}{T_0}$

Előerősítő + levezető kábel

- Határozzuk meg a levezető kábelből és előerősítőből álló rendszer zajtényezőjét, mindkét sorrendű összekapcsolás esetén!
  A kábel hossza 15 *m*,
  csillapítástényezője 1 *dB/m*,
  hőmérséklete 290 *K*,
  az erősítő zajtényezője 3 *dB*,
  erősítése 20 *dB*.

$$G_{cable} = \frac{1}{L}$$

$$F_{cable} = 1 + (L-1)\frac{T}{T_0}$$

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}$$

Eredő zajhőmérséklet

- Mekkora romlást okoz az eredő zajhőmérsékletben az antennát és a vevőt összekötő 1 *dB* csillapítású, 290 *K* hőmérsékletű kábel, ha az antenna saját zajhőmérséklete 20 *K* ?
  A vevő zajtényezője 0.5 *dB*.

$$F = 1 + \frac{T_{sred}}{T_0}$$

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}$$

- Mekkora a romlás *dB*-ben kifejezve?

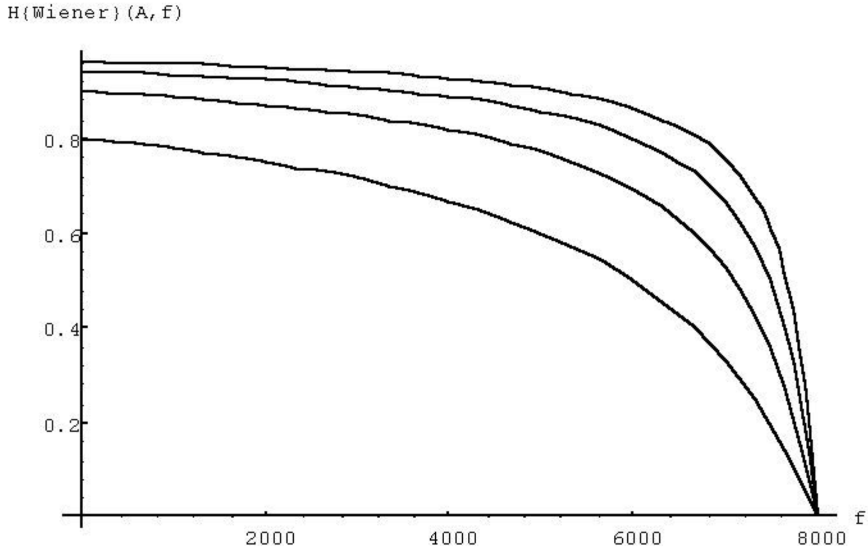
Mekkora nyereség várható egy Wiener szűrőtől?

- Az $s_\xi(f)$ jelhez $s_\nu(f) = s_0$ szélessávú fehér zaj adódik, ami hatását szűréssel próbáljuk csökkenteni. Mekkora a szűrt jel négyzetes középhibája, ha szűrésre B sávszélességű ideális aluláteresztőt, illetve ha Wiener szűrőt használunk?

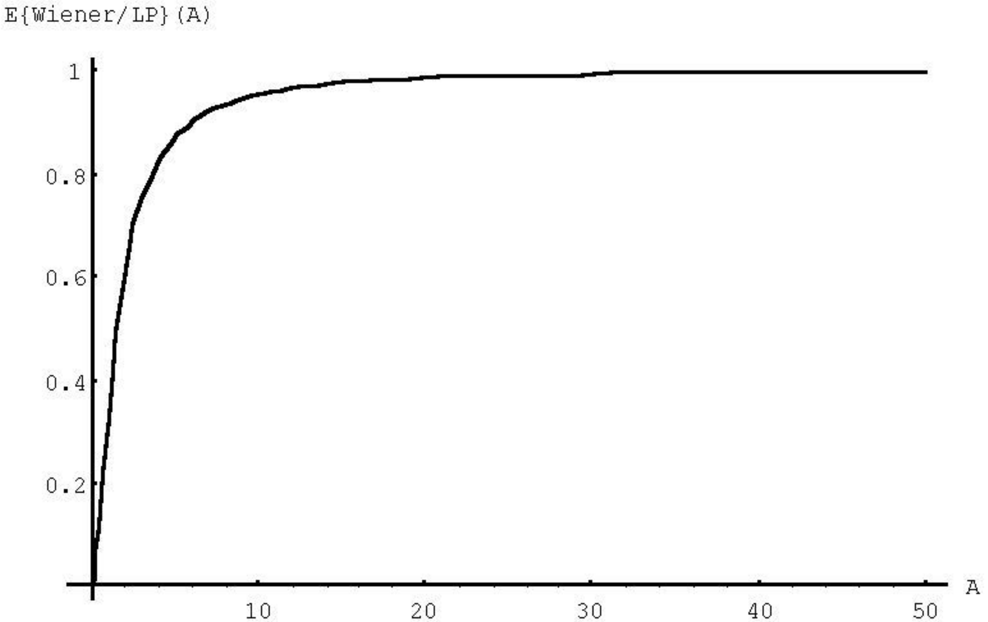
$$s_\xi(f) = \begin{cases} A^2 \cdot s_0 \cdot \left(1 - \frac{|f|}{B}\right) & \text{, if } |f| \le B \\ 0 & \text{, otherwise} \end{cases}$$

$$H_W(f) = \frac{s_\xi(f)}{s_\nu(f) + s_\xi(f)}$$

- A = 2,3,4,5; f_0 = 8000
- $H_{Wiener}[f\_]$:= A^2 * (1-f/f_0) / (1 + A^2 * (1-f/f_0))
- Plot [$H_{Wiener}[f]$, {f,0,f_0}]

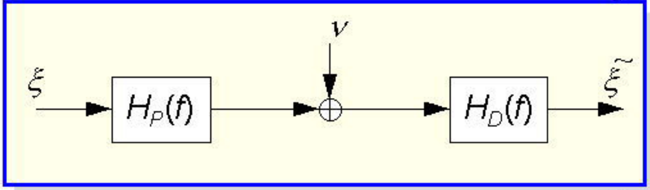


- $E_{Wiener/LP}[A\_] := 1 - Ln[1+A\^2] / A\^2$
- Plot [$E_{Wiener/LP}[A]$, {A,0,50}]



Előkiemelés - utóelnyomás

$$H_D(f) = \frac{1}{H_P(f)}$$



$$E = \int_{-\infty}^{\infty} s_\nu(f) \cdot \left| \frac{1}{H_P(f)} \right|^2 df$$

Teljesítménykorlát!

E = min, ha:

$$\left| H_P(f) \right|^2 = c \cdot \sqrt{\frac{s_\nu(f)}{s_\xi(f)}}$$

és ekkor a nyereség

$$= \frac{\int_{-\infty}^{\infty} s_\xi(f)df \cdot \int_{-\infty}^{\infty} s_\nu(f)df}{\left(\int_{-\infty}^{\infty} \sqrt{s_\xi(f) \cdot s_\nu(f)}\, df \right)^2}$$

Mekkora az előkiemelés nyeresége?

- Határozzuk meg a legjobb előkiemelő átviteli függvényét!

$$\left|H_{preem}(f)\right|^2 = c \cdot \sqrt{\frac{s_\nu(f)}{s_\xi(f)}}$$

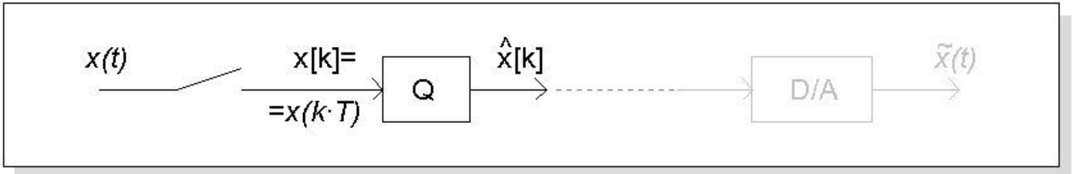
Számítsuk ki, mekkora jel/zaj viszony nyereségre számíthatunk!

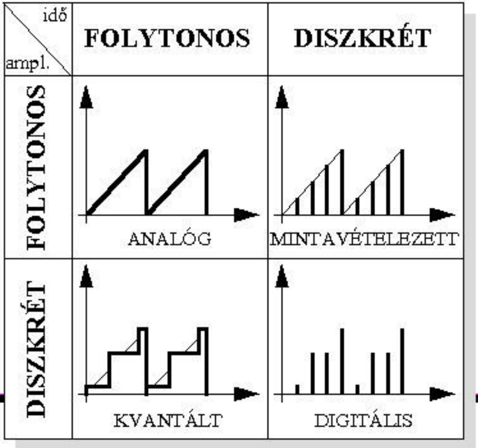
$$= \frac{\int_{-\infty}^{\infty} s_\xi(f)\,df \cdot \int_{-\infty}^{\infty} s_\nu(f)\,df}{\left(\int_{-\infty}^{\infty} \sqrt{s_\xi(f) \cdot s_\nu(f)}\,df\right)^2}$$

$$s_\xi(f) = \begin{cases} A^2 \cdot s_0 \cdot \left(1 - \frac{|f|}{B}\right) & \text{, if } |f| \le B \\ 0 & \text{, otherwise} \end{cases}$$

$$s_\nu(f) = s_0$$

2. gyakorlat - Mintavételezés, kvantálás, analóg forráskódolás



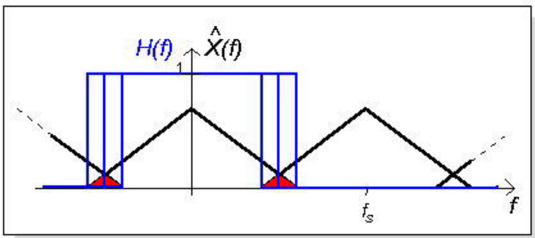


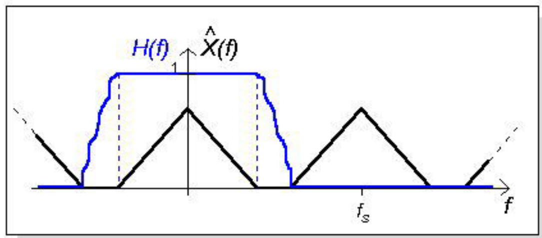
Jelek visszaállítása egyenközű mintáinak sorozatából

$$\mathrm{x}_k = x(k \cdot T) \xrightarrow{?} x(t)$$

$$\tilde{x}(t) = T \cdot \sum_k x_k \cdot h(t - k \cdot T)$$

$$\tilde{X}(f) = H(f) \cdot \sum_k X(f - k \cdot f_S) = H(f) \cdot \hat{X}(f)$$





A visszaállítás jellegzetes hibái

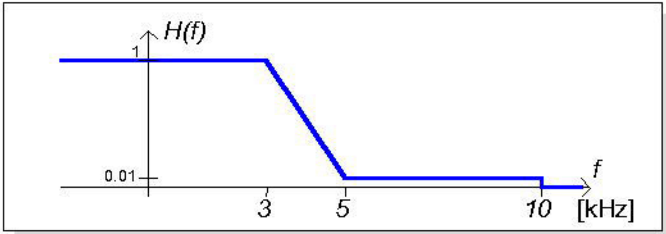
- Aliasing
- Szivárgás
- Lineáris torzítás
- Kvantálási zaj

Aliasing és szivárgás

- f_S = 8000 Hz
- $H(f)$ =

$$H_{A/D}(f) = H_{D/A}(f) = \begin{cases} 1 & , \text{ if } |f| \le 3 \text{ [kHz]} \\ 2.5 - \left|\frac{f}{2}\right| & , \text{ if } 3 < |f| \le 5 \text{ [kHz]} \\ 0.01 & , \text{ if } 5 < |f| \le 10 \text{ [kHz]} \\ 0 & , \text{ otherwise} \end{cases}$$

- IN: 2 V, 1 kHz
- OUT: ? (tudjuk, hogy a szivárgó komponensektől eltekintve amplitudó-helyes)
- IN: 2 V, 4.5 kHz
- OUT: ?



Mintavételezés és kvantálás

- Egy $m_\xi = 0$, stacionárius és ergodikus jelet $T = 10^{-5}$ másodpercenként mintavételezünk, majd a mintákat a (-1V,1V) intervallumban egyenletes lépésközzel kvantáljuk egy 4 bit-es kvantálóval.

$$s_\xi(f) = \begin{cases} 10^{-5}\ [\mathrm{V}^2/\mathrm{Hz}] & \text{, if } |f| \le 10\,\mathrm{kHz} \\ 0 & \text{, otherwise} \end{cases}$$

- Mekkora a korreláció az egymás után kettővel következő minták között? 1. gyak.-ról: $R_\xi(\tau) = 2 \cdot s_0 \cdot B \cdot \frac{\sin(2\pi \cdot B \cdot \tau)}{2\pi \cdot B \cdot \tau}$
- Meg lehet-e választani a mintavételi időt úgy, hogy független mintákat kapjunk?
- Milyen ismeretekre volna még szükségünk ahhoz, hogy megítélhessük milyen valószínűséggel lesz a kvantáló szolgáltatta kódszó éppen 1101 értékű?

Jel-zaj viszony, kvantálási zaj

- Becsüljük meg a jel teljesítményét (S) és a minták ábrázolásához szükséges kódszók méretét (n), úgy, hogy a mintánkénti (egyenletes) kvantálásból származó kvantálási zaj teljesítménye N, a jel-zaj viszony pedig ρ legyen!
- Előadásról: $\frac{S}{N} = \frac{3}{2} \cdot 2^{2 \cdot n}$
- Mire számíthatunk, ha a kódszók hosszát 1 bittel csökkentjük?

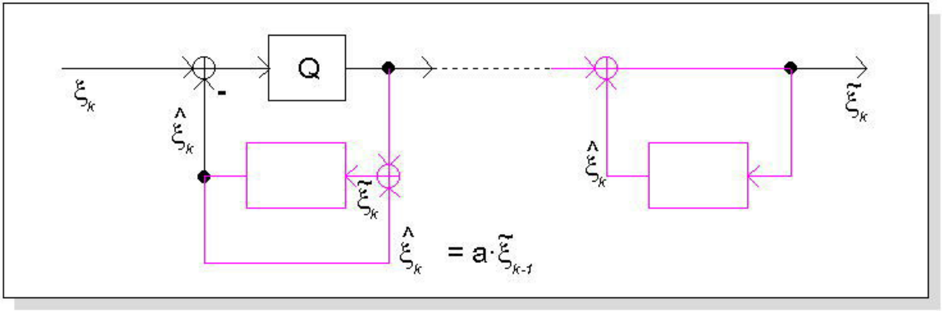
Rekurzív kódoló egylépéses predikcióval

- $\xi_k = a \cdot \xi_{k-1} + \varepsilon_k$, $0 < a < 1$
- ε független, $M\varepsilon = 0$, $M\varepsilon^2 = \sigma^2$ teljesítményű minták sorozata

- Becsüljük meg a kvantálási zaj teljesítményét, ha mintánként kvantálunk, és a megkívánt jel-zaj viszony ρ !
- Hány bites mintákat kell használnunk?

Rekurzív kódoló egylépéses predikcióval (folyt.)

- Mit változtat a helyzeten, ha egy olyan rekurzív kódolót használhatunk, amelyben a predikciót a dekódolt jelből a $\hat{\xi}_k = a \cdot \tilde{\xi}_{k-1}$, a dekódolt mintát pedig a $\tilde{\xi}_k = \hat{\xi}_k + Q\left(\xi_k - \hat{\xi}_k\right)$ szabállyal képezzük?



Kódolás a Karhunen-Loéve transzformációval

- Bontsuk ξ -t mintapárok sorozatára, és kvantáljuk ezen mintapárok összegét és különbségét!

$$\eta_+ = Q(\xi_1 + \xi_2) \qquad \tilde{\xi}_1 = 0.5 \cdot (\eta_+ + \eta_-)$$

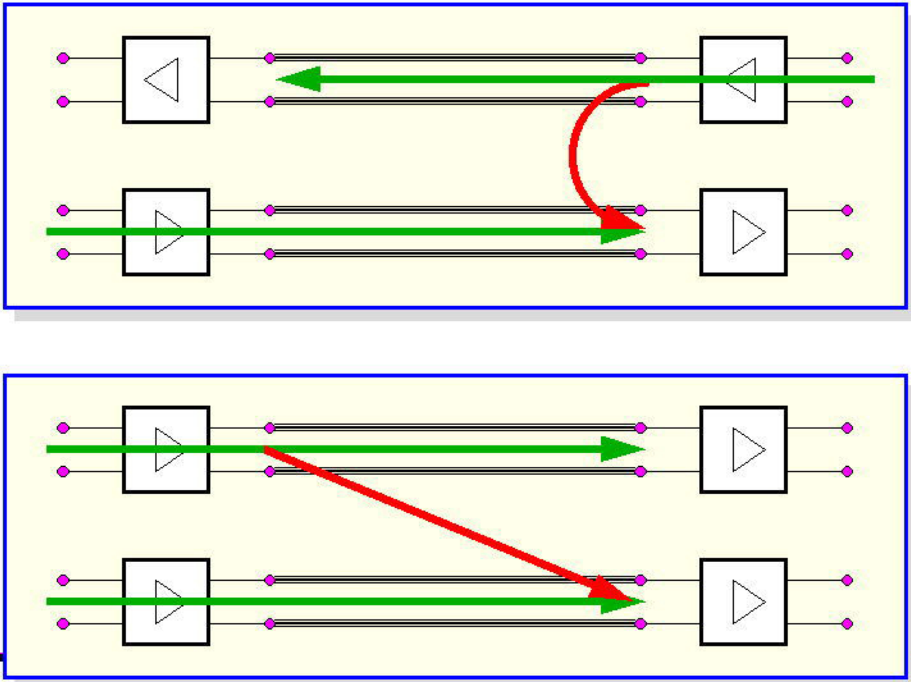
$$\eta_- = Q(\xi_1 - \xi_2) \qquad \tilde{\xi}_2 = 0.5 \cdot (\eta_+ - \eta_-)$$

- Hány bitre van szükségünk így ξ_k egy-egy mintájának leírásához az előző feladatban megadottal azonos minőség biztosításához?

Vezetett hullámú összeköttetés

- Milyen hosszú lehet egy szimmetrikus kábel (vivőfrekvenciás) erősített szakasza, ha
  $R = 54.3\ \Omega/km$, $G = 1\ \mu S/km$,
  $L = 0.7\ mH/km$, $C = 38.5\ nF/km$,
  és követelmény, hogy az
  áthallási védettség legalább 65 *dB*
  legyen, amikor a
  közelvégi áthallási csillapítás 91 *dB* ?

Áthallás erősített szakaszok között
Közel- és távolvégi áthallás



– szakaszcsillapítás kétutas terjedés esetén ha a szakasztávolság már “elég” nagy:

$$a_{ké\ tutas} = \frac{a_{egyutas}}{\left|\frac{E_R}{E_0}\right|^2} \cong \frac{\left(\frac{4\cdot\pi\cdot r}{\lambda}\right)^2 \cdot \frac{1}{G_T} \cdot \frac{1}{G_R}}{\left(\frac{4\cdot\pi\cdot h_T\cdot h_R}{r\cdot\lambda}\right)^2} = \frac{1}{G_T G_R} \cdot \frac{r^4}{\left(h_T h_R\right)^2}$$

- Milyen hosszú lehet egy szimmetrikus kábel (vivőfrekvenciás) erősített szakasza, ha $R = 54.3\ \Omega/km$, $G = 1\ \mu S/km$, $L = 0.7\ mH/km$, $C = 38.5\ nF/km$, és [...] ?

- "vivőfrekvenciás"
  → üzemszerű használat során $\omega >> \frac{R}{L} \Rightarrow$
  - » hullámimpedanciája frekvenciafgtl és valós: $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$
  - » csillapítástényezője [dB/km]:

$$\alpha = 20 \cdot \lg e \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{R}{Z_0} + G \cdot Z_0 \right) \right)$$

- “vivőfrekvenciás” → üzemszerű használat során $\omega >> \frac{R}{L} \Rightarrow$
  - » hullámimpedanciája frekvenciafgtl és valós: $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$
  - » csillapítástényezője [dB/km]:

$$\alpha = 20 \cdot \lg e \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{R}{Z_0} + G \cdot Z_0 \right) \right)$$

- TFH a túloldal ugyanakkora szinten ad, mint mi, ekkor:
  - » hasznos jel szintje: $s_{hasznos} = s_{adás} - \alpha \cdot l$
  - » áthallott jel szintje: $s_{áthallott} = s_{adás} - a_{közelvégi}$
  - » áthallási védettség: $K = a_{közelvégi} - \alpha \cdot l$

Rádióösszeköttetés

- Számítsuk ki a 10 *km* szakasztávolságú, 450 *MHz* frekvencián üzemelő rádióösszeköttetés szabadtéri csillapítását! Az adó és a vevőantenna nyeresége egyaránt 20 *dB*.
- Határozzuk meg a vett jel feszültségét, ha a leadott jel teljesítménye 1 *Watt*, a vevő bemenő impedanciája (az antenna hullámimpedanciája) pedig 50 Ω!

- Számítsuk ki a 10 *km* szakasztávolságú, 450 *MHz* frekvencián üzemelő rádióösszeköttetés szabadtéri csillapítását!
  Az adó és a vevőantenna nyeresége egyaránt 20 *dB*.

– adóantennába táplált teljesítmény teljesítménysűrűsége *r* távolságban: $S = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi r^2}$

– vett jel teljesítménye: $P_R = S \cdot A_h$

– a vevőantenna hatásos felülete: $A_h = G_R \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi}$

– így: $a_{sz} = \frac{P_T}{P_R} = \left(\frac{4\pi \cdot r}{\lambda}\right)^2 \cdot \frac{1}{G_T} \cdot \frac{1}{G_R}$

- Határozzuk meg a vett jel feszültségét, ha a leadott jel teljesítménye 1 *Watt*, a vevő bemenő impedanciája (az antenna hullámimpedanciája) pedig 50 Ω!

– a vett jel feszültsége: $U_R = \sqrt{P_R \cdot R}$

Kétutas hullámterjedés

- Miként függ a vételi térerősség a szakasztávolságtól és a vevőantenna magasságától kétutas hullámterjedés esetén?

Kétutas hullámterjedés

- Miként függ a vételi térerősség a szakasztávolságtól és a vevőantenna magasságától kétutas hullámterjedés esetén?

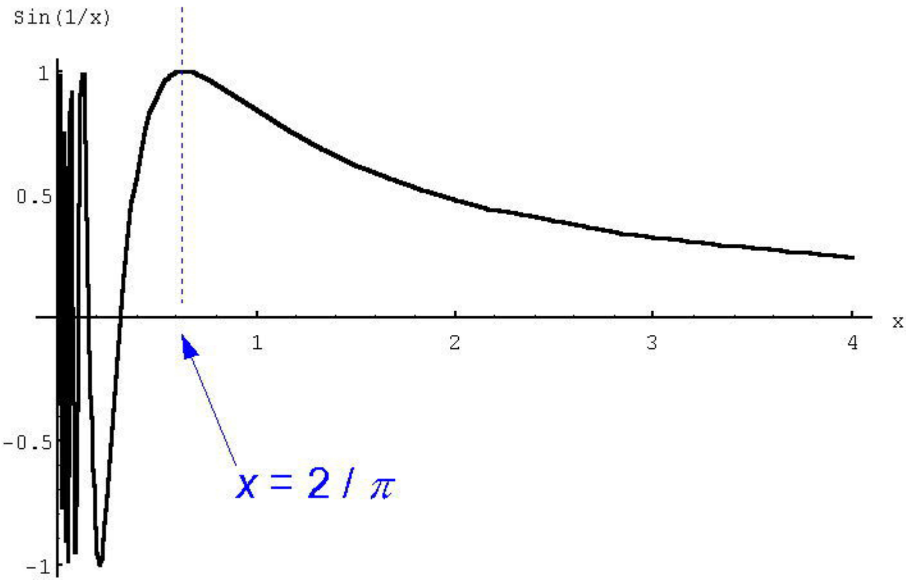
– a direkt hullám és a (jól vezető) földfelszínen visszavert összetevő eredő térerőssége:

$$E_R = E_0 + \Gamma_f \cdot E_0 \cdot e^{-j2\pi\Delta/\lambda}$$

– ahol $\Gamma_f \approx -1$ és az útkülönbség: $\Delta = \dfrac{2 \cdot h_T \cdot h_R}{r}$

– így: $$\left|E_R\right| = 2 \cdot \left|E_0\right| \cdot \left|\sin\left(\pi \cdot \frac{2 \cdot h_T \cdot h_R}{r \cdot \lambda}\right)\right|$$

$$\left|E_R\right| = 2 \cdot \left|E_0\right| \cdot \left|\sin\left(\pi \cdot \frac{2 \cdot h_T \cdot h_R}{r \cdot \lambda}\right)\right|$$



Mintavételezett és kvantált jelek (szimbó-lumok) veszteségmentes forráskódolása

- Egyértelmű megfejthetőség
- Állandó vs. változó szóhossz
- Folyamatos olvashatóság
- Entrópia: $H = \sum_{i=1}^{N} \left(p_i \cdot ld \frac{1}{p_i} \right)$
- $H \leq L < 1+H$
- Átlagos kódszóhossz
- Szimbólum*csoportok* kódolása

Forráskódolás - példa

- Egy diszkrét, memóriamentes információ forrás az A, B, C, D, E, F szimbólumkészletéből 20000 szimbólumot bocsát ki másodpercenként. Az A, B, C, D és E szimbólumok előfordulási valószínű-sége *rendre* 40%, 25%, 12%, 10% és 8%.
- Rendeljünk a szimbólumokhoz bináris
  - » a) Shannon kódot!
  - » b) Huffman kódot!
- Számítsuk ki ezen kódokkal, hogy másodpercen-ként várhatóan hány bit érkezik így a forrásból!
- Mennyire közelítik meg az így konstruált kódok a veszteségmentes kódolással elérhető bitsebesség alsó határát?

Digitális csatona minősítése (jellemzése)

- Zajos csatorna $\rightarrow$ hibavalószínűség
- Csatornakapacitás
  - » bináris, maximális entrópiájú forrásra
  - » #tökéletesen_továbbított_bit / szimbólum
- Példa:
  - – bináris eltörlődéses csatorna kapacitása

Hibajavítás lineáris kóddal - emlékeztető

$$\underline{c} = \underline{u} \cdot \underline{\underline{G}} \qquad\qquad \underline{c}^T = \underline{\underline{G}}^T \cdot \underline{u}^T$$

$$\underline{s}^T = (= \underline{\underline{H}} \cdot \underline{v}^T = \underline{\underline{H}} \cdot (\underline{c}+\underline{e})^T =) = \underline{\underline{H}} \cdot \underline{e}^T$$

szisztematikus $C(n,k)$ kódra:

$$\underline{\underline{G}}_{k \cdot n} = (\underline{\underline{I}}_{k}, \underline{\underline{P}}_{k \cdot (n-k)}) \qquad \underline{\underline{H}}_{(n-k) \cdot n} = (-\underline{\underline{P}}^T_{(n-k) \cdot k}, \underline{\underline{I}}_{n-k})$$

Hibajavítás lineáris kóddal - példa

$$\underline{\underline{G}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Szisztematikus ez a kód?
  - Ha nem, akkor tegyük azzá!
- Hány hiba jelzésére / javítására alkalmas?
- Képezzük a paritásellenőrző mátrixot!
- Milyen kódszó tartozik az $u = [\,0\ 1\ 1\ 0\,]$ üzenethez?
- Hogyan történik a hibajavítás, ha az iménti kódszó első bitje meghibásodik?

Hibajelzés polinomkóddal - emlékeztető

- *n*-ed fokú *c*(*x*) polinom *k*-szoros ciklikus eltolása:

$$\operatorname*{rot}_{k} c(x) = \operatorname{rem} \frac{x^k \cdot c(x)}{x^n + 1}$$

- C(*n*,*k*) egyértelmű ciklikus kód generátorpolinom-ja az (*n*-*k*)-ad fokú *g*(*x*), ha:

$$\operatorname{rem} \frac{x^n + 1}{g(x)} = 0$$

- Szisztematikus ciklikus kódra:

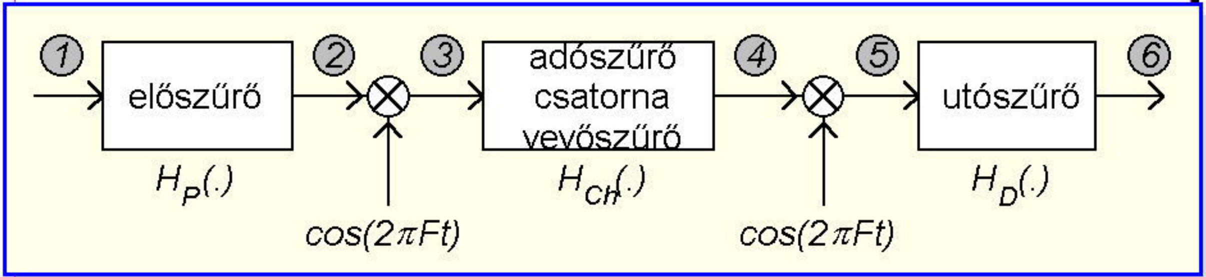
$$c(x) = x^{n-k} \cdot u(x) + \operatorname{rem} \frac{x^{n-k} \cdot u(x)}{g(x)} \qquad s(x) = \operatorname{rem} \frac{v(x)}{g(x)}$$

Hibajelzés polinomkóddal - példa

- Egy (7,3) bináris polinomkód generátor-mátrixa: $g(x) = x^4 + x^3 + x^2 + 1$
- Ciklikus ez a kód?
- Szisztematikus kód esetén milyen kódszó tartozik az $u = [\ 0\ 1\ 0\ ]$ üzenethez?
- Milyen szindrómát eredményez a kódszó első bitjének meghibásodása?

Modulációs lánc

- Egy lineáris (szorzó demodulátoros) F vivőfrekvenciás rendszert szemléltet az alábbi ábra.



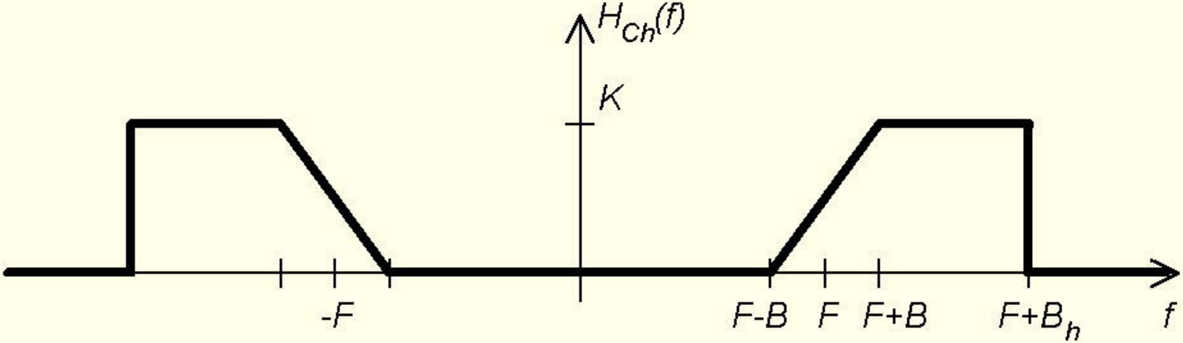
- Igaz-e, hogy $H_e(f)$ átviteli függvényű lineáris transzformációt valósít meg e rendszerünk?
  - » Segítség: vajon, mi történik egy $e^{j\cdot 2\pi \cdot f \cdot t}$ jellel?

$$H_e(f) = H_P(f) \cdot \frac{H_{Ch}(f+F) + H_{Ch}(f-F)}{4} \cdot H_D(f)$$

Modulációs lánc (folyt.)

- Határozzuk meg az ekvivalens alapsávi rendszer átviteli függvényét az alábbi átviteli függvények esetében:

$$H_P(f) = H_D(f) = \frac{1}{1 + j \cdot \frac{f}{f_0}}$$



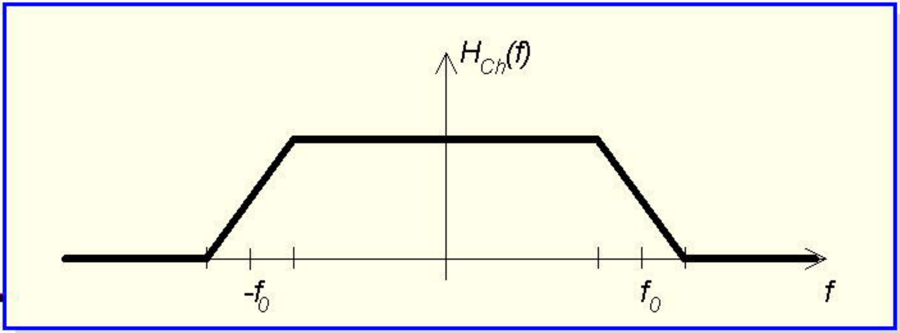
FM jel sávszélessége

- Becsüljük meg a 10 MHz vivőfrekvenciás FM jel sávszélességét, ha a moduláló jel f_m = 20 kHz frekvenciájú szinuszos jel, a (frekvencia-) modulációs tényező (azaz a fázislöket) pedig m_f = 3.4 !

A PAM és az ISI

- Milyen jelzési sebességek esetén lehet az alábbi szinkron PAM adatátviteli csatornán szimbólumközti áthallástól mentes adatátvitelt folytatni?

  » Segítség: Nyquist kritérium: $\sum_k H_{Ch}\left(f - \frac{k}{T}\right) = const.$



A PAM és az ISI (hf)

- Milyen jelzési sebességek esetén nincs szimbólumközti áthallás, ha az elemi jel spektruma az alábbi? Vessük össze idő- és frekvenciatartománybeli tudásunkat!

$$M(f)=\begin{cases}\frac{1}{2\cdot B}\cdot\left(1-\frac{|f|}{B}\right) & ha\,|f|\le B\\ 0 & otherwise\end{cases}$$

Segítség: $m(t)=\left(\frac{\sin(\pi\cdot B\cdot t)}{\pi\cdot B\cdot t}\right)^2$

- Mi a következménye annak, ha a jelzési sebesség kicsi az elemi jel sávszélességéhez képest?

Az ISI romboló hatása

- TFH az $m(.)$ elemi jel valamely mintavételi fázisban ugyan kielégíti a Nyquist feltételt (azaz T közű mintái rendre $m_0=1$, $m_{\pm 1}=0$, $m_{\pm 2}=0$, ...), de a mintavételi fázis időzítési hiba következtében elcsúszik, és a meghatározó jelminták $m_0=0.99$, $m_{+1}=0.1$, $m_{-1}=-0.1$, $m_{\pm 2}=0$, ... értékűek lesznek.

- Becsüljük meg a hibavalószínűséget meghatározó jel-zaj viszony romlását 2, 4 és 8 szintű rendszerben!

Az ISI romboló hatásának kompenzálása

- Próbáljuk meg az előző feladat adatjelét egy háromegyütthatós FIR szűrővel kiegyenlíteni!
- Becsüljük meg a hibavalószínűséget meghatározó jel-zaj viszonyt!

Mely tényezők rontják a döntés bizton-ságát szinkron PAM rendszerekben?

- Jelmintákat terhelő zaj
- ISI, rossz mintavételi pozíció
- Főminta eltérése a várttól

  (alaperősítésbeli bizonytalanság)