

TINF FORMULE

SIGNALI

$$E = I(Ri^2(t)) = I\left(\frac{u^2(t)}{R}\right), \quad P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} Ri^2(t) dt$$

Periodični signali

Fourierov razvoj:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{jk\omega_0 t}, \text{ gdje } c_k = \frac{1}{T} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t) e^{-jk\omega_0 t} dt$$

Snaga

$$P = \lim_{k \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{kT_0} \int_0^{kT_0} |x(t)|^2 dt \right] \\ = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} |x(t)|^2 dt = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |c_k|^2$$

Sinusni signal: $P = \frac{A^2}{2}$

Slijed pravokutnih impulsa: $P = A^2 \frac{\tau}{T}$

Fourierovi parovi

$$x(t) = \cos(\omega_0 t) \leftrightarrow \frac{A}{2} [\delta(f - f_0) + \delta(f + f_0)]$$

$$x(t) = \sin(\omega_0 t) \leftrightarrow -j \frac{A}{2} [\delta(f - f_0) - \delta(f + f_0)]$$

Modulacijsko pravilo:

$$x(t) \cos(2\pi f_0 t) \leftrightarrow \frac{1}{2} [X(f - f_0) + X(f + f_0)]$$

Neperiodični signali

Energija i snaga

Energija $\lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T |x(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt, \quad P = \frac{E}{2T}$

Spektar

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt, \quad x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j2\pi ft} df$$

$$X(f) = |X(f)| e^{j\theta(f)}$$

, gdje je

$$|X(f)|$$

amplitudni spektar, a

$$\theta(f)$$

fazni spektar.

Parsevalov teorem

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |X(\omega)|^2 d\omega$$

Pravokutni impuls

$$P = 0 \quad (\text{beskonačnost}), \quad E = A^2 \tau$$

Slučajni signali

Srednja vrijednost

$$\mu_X(t) = E[X(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} x f_X(x, t) dx$$

Autokorelacijska funkcija

$$R_X(t_1, t_2) = E[X(t_1)X(t_2)]$$

Autokovarijanca

$$C_X(t_1, t_2) = E\{[X(t_1) - \mu_X(t_1)][X(t_2) - \mu_X(t_2)]\}$$

Pravila očekivanja (E)

$$E[c] = c, \quad c \in \mathbb{R}, \quad E[cX] = cE[X]$$

$$E[X + Y] = E[X] + E[Y], \quad E[XY] = E[X]E[Y]$$

Stacionarnost

Uvjeti:

- $E[X(t)] = \mu_X$
- $\forall t_1, t_2, \quad R_X(t_1, t_2) = R_X(t_1 - t_2) = R_X(\tau)$

Pri tome: R_X je parna funkcija, $|R_X(\tau)| \leq R_X(0) \geq 0$

Srednja snaga:

$$P = E[X^2(t)] = R_X(0) = \int_{-\infty}^{\infty} S_X(f) df$$

$$E[X] = 0 \longrightarrow P = \text{var}(X) = \sigma_X^2$$

Spektralna gustoća snage

$$S_X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_X(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad \left[\frac{W}{Hz} \right]$$

$$R_X(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_X(f) e^{j2\pi f\tau} df$$

Bijeli šum

$W(t)$ je bijeli šum ako:

$$R_W(\tau) = C_1 \delta(\tau) \quad \wedge \quad C_W(\tau) = C_2 \delta(\tau)$$

Svojstva:

$$\mu_W = 0, \quad R_W(\tau) = \sigma^2 \delta(\tau) = N_0/2$$

$$S_W(f) = \sigma^2 \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) e^{-j2\pi ft} dt = \sigma^2 = N_0/2$$

Gaussova razdioba:

$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma_X \sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu_X)^2/(2\sigma_X^2)}$$

Prijenos

Izlazni signal:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) h(t - \tau) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) x(t - \tau) d\tau$$

Prijenosna funkcija:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

Amplitudni odziv RC kruga:

$$20 \log \frac{|H(f)|}{|H(0)|} = 20 \log |H(f)|$$

Za idealni filter:

$$|H(f)| = \begin{cases} 1, & |f| \leq f_g \\ 0, & |f| > f_g \end{cases}$$

Impulsni odziv i prijenosna funkcija:

$$y(t) = x(t) * h(t), \quad Y(f) = X(f)H(f)$$

Amplitudni odziv je parna funkcija, a fazni neparna:

$$|H(-f)| = |H(f)|, \quad \theta(-f) = -\theta(f)$$

Ako je $X(t)$ stacionarni slučajni proces:

$$\mu_Y = \mu_X H(0), \quad S_Y(f) = S_X(f)|H(f)|^2$$

Ako je ulaz $x(t)$ sa spektrom $X(f) = |X(f)|e^{j\varphi(f)}$:

$$Y(f) = |Y(f)|e^{j\vartheta(f)}, \quad |Y(f)| = |X(f)||H(f)|$$

$$\vartheta(f) = \varphi(f) + \theta(f)$$

Amplitudni odziv RC kruga:

$$|H(f)| = \left| \frac{U_{\text{izlaz}}(f)}{U_{\text{ulaz}}(f)} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi fRC)^2}}$$

Uzorkovanje i kvantizacija

Frekvencija uzorkovanja u pomaknutom pojasu:

$$f_u = 2 \frac{B+B_0}{M+1}, \quad M_m = \left\lfloor \frac{B_0}{B} + 1 \right\rfloor$$

Idealno uzorkovanje:

$$x_s(t) = x(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s), \quad f_s = \frac{1}{T_s}$$

$$X_s(f) = \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(f - kf_s)$$

Nyquistov kriterij (baznopojasni):

$$f_s \geq 2B$$

Varijanca kvantizacijskog šuma (srednja snaga):

$$\text{var}(Q) = \sigma_Q^2 = \frac{\Delta^2}{12} = \frac{1}{3} m_{\text{max}}^2 2^{-2r}, \quad \Delta = \frac{2m_{\text{max}}}{L}$$

Omjer srednje snage signala i snage kvantizacijskog šuma:

$$\frac{S}{N} = \frac{S}{\sigma_Q^2} = \left(\frac{3S}{m_{\text{max}}^2} \right) 2^{2r}$$

U decibelima (samo za sinusni signal):

$$\left(\frac{S}{N_q} \right)_{\text{dB}} = 1.76 + 6.02r$$

Brzina prijenosa:

$$R = f_u r \quad \left[\frac{\text{bit}}{s} \right]$$

Entropija u kontinuiranom kanalu

f su funkcije gustoće vjerojatnosti.

$$H(X) = E[-\log f_X(X)] = - \int_{-\infty}^{\infty} f_X(x) \log f_X(x) dx$$

$$f_X(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dy, \quad f_Y(y) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dx$$

$$\begin{aligned} H(X|Y) &= E[-\log f_{X|Y}(X|Y)] \\ &= - \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \log \left(\frac{f(x, y)}{f_Y(y)} \right) dx dy \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H(X, Y) &= E[-\log f(X, Y)] \\ &= - \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \log f(x, y) dx dy \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I(X; Y) &= E[-\log f_{Y|X}(Y|X)] \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \log \left(\frac{f(x, y)}{f_X(x)f_Y(y)} \right) dx dy \end{aligned}$$

Prijenos u prisutnosti aditivnog šuma:

$$f_x(y|x) = f_x(z + x|x) = \phi(z)$$

$$I(X; Y) = H(Y) - H(Y|X) = H(Y) - H(Z)$$

Kapacitet:

$$\begin{aligned} C &= \max I(X; Y) = \max \left[\frac{1}{2} \ln[2\pi e(\sigma_X^2 + \sigma_Z^2)] - \frac{1}{2} \ln(2\pi e\sigma_Z^2) \right] \\ &= \frac{1}{2} \ln \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad \left[\frac{\text{nat}}{s} \right] \end{aligned}$$

$$C = \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad [\text{bit/simbol}]$$

Maksimizacija entropije u kontinuiranom kanalu

- $x \in [a, b] \rightarrow f(x) = \frac{1}{b-a}, \quad H(X) = \ln(b-a) \quad [\text{nat/sym}]$
- $x \geq 0 \wedge E[X] = a > 0 \rightarrow f(x) = \frac{1}{a} e^{-x/a}, \quad H(X) = \ln(ae) = 1 + \ln a$
- $E[X] = 0 \wedge \exists \sigma_X \rightarrow f \text{ Gaussova}, \quad H(X) = \ln(\sigma_X \sqrt{2\pi e})$

Inf. kapacitet AWGN kanala

Za kanal s $f_u = 2B$...

$$n = 2B \rightarrow B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad [\text{bit/s}], \quad C = 2BD$$

E_b , srednja energija po svakom bitu...

$$\text{uz... } E_b = S/R_b, \quad S = E_b C, \quad \frac{C}{B} = \log_2 \left(1 + \frac{E_b}{N_0} \frac{C}{B} \right)$$

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{2^{C/B} - 1}{C/B}, \quad \lim_{B \rightarrow \infty} \left(\frac{E_b}{N_0} \right) = \log(2), \quad \lim_{B \rightarrow \infty} C = \frac{S}{N_0} \log_2 e$$

Konverzije

Pojačanje. U decibele (dB): $x \rightarrow 10 \log_{10}(x)$

Jedinice

$$c_k \leftrightarrow \left[\frac{V}{Hz} \right], \quad S_X(f) \leftrightarrow \left[\frac{W}{Hz} \right]$$

ZAŠTITNO KODIRANJE

Blok kodovi

Sindrom i dekodiranje:

$$\text{sindrom: } y \cdot H^T, \quad y = x + e \Rightarrow \text{sindrom} = e \cdot H^T$$

dekodiranje: (1) *izračunaj sindrom*, (2) *odredi e*, (3) $x = y \oplus e$

Provjera ispravnosti: $x \cdot H^T = 0$.

alternativno: sindrom u $H^T \Rightarrow$ invertiraj odgovarajući bit

Udaljenost i brzina:

$$d(K) = \min(d(x, y) \mid x \neq y), \quad R(K) = \frac{k}{n} \leq 1$$

Otkrivanje/ispravljanje:

$$d(K) \geq s + 1, \quad d(K) \geq 2t + 1$$

Vrijedi za princip dekodiranja najbližim susjedom. Kugla kodne riječi:

$$\{y \in V(n) \mid d(x, y) \leq r\}$$

Hammingova međa (q-arni kod):

$$M \sum_{i=0}^t \binom{n}{i} (q-1)^i \leq q^n$$

Perfektan kod ako vrijedi jednakost. Standardni oblik:

$$G = [I_k \mid A], \quad H = [-A^T \mid I_{n-k}]$$

Vjerojatnost ispravnog dekodiranja u BSK (vjerojatnost pogreške p_g):

$$P(K) = \sum_{i=0}^t \binom{n}{i} p_g^i (1-p_g)^{n-i}$$

Standardni niz: prvi redak su kodne riječi, prvi stupac jednostruki vektori pogreške, ostalo je \oplus . Najveći broj kodnih riječi (binarno): $M \leq 2^n$. Sindromsko dekodiranje: ako H ima stupce od 1 do $2^r - 1$, sindrom označuje poziciju bita koji treba invertirati. Ako je sindrom stupac u H^T , invertira se odgovarajući bit. Broj vektora na udaljenosti točno r od x : $\binom{n}{r}$.

Paritet (vertikalna i horizontalna)

$$R_i = x_{i,1} \oplus \dots \oplus x_{i,k}, \quad C_i = x_{1,i} \oplus \dots \oplus x_{m,i}$$

$$R = R_1 \oplus \dots \oplus R_m = C_1 \oplus \dots \oplus C_k$$

Ako je $R = 1$, greška je na sjecištu retka i stupca.

Linearni binarni blok kodovi (LBBK)

- $K \subseteq V(n)$ je LBBK ako $\forall x, y \in K : x \oplus y \in K$ i $a \cdot x \in K, a \in \mathbb{F}_2$.
- Težina: $w(x)$ je broj jedinica u riječi.
- Udaljenost: $d(K) = \min(w(x) \mid x \neq 0)$.
- Oznaka: $[n, k, d]$.
- Kodiranje gen. matricom: $x = d \cdot G$ (matrično množenje).
- Ako je G u standardnom obliku, prvih k bitova je poruka d .
- Vektor pogreške: $e = y \oplus x$ (primljeni minus poslani vektor).
- Iz G se dobije H : ako je $G = [I_k \mid A]$, tada je $H = [-A^T \mid I]$.
- Dualni kod: $K^\perp = \{y \in V(n) \mid \forall x \in K, x \cdot y = 0\}$.
- Ekvivalentni kodovi: (1) zbrajanje redaka, (2) zamjena redaka, (3) zamjena stupaca.

Hammingovi kodovi

Neka je $r \geq 2$ i H matrica dimenzija $r \times (2^r - 1)$ čiji su stupci svi nenulti binarni vektori. Tada je H matrica provjere pariteta koda $\text{Ham}(r)$, a kod je LBBK

$$[2^r - 1, 2^r - 1 - r], \quad d = 3, \quad t = 1, \quad s = 2$$

Konstrukcija G iz H :

- Ukloniti stupce na pozicijama potencija broja 2.
- Transponirati dobivenu matricu.
- Stupce staviti na pozicije potencija broja 2 u G .
- Preostale stupce popuniti jediničnom matricom.

Paritetni (kontrolni) bitovi stavljaaju se na pozicije 2^i , ostale pozicije su bitovi poruke. Ako G nije u standardnom obliku, stupce treba zamijeniti (i zapisati redoslijed), potom formirati $H = [-A^T \mid I]$ i primijeniti iste zamjene stupaca. Provjera ispravnosti: $x \cdot H^T = 0$ (općenito $G \cdot H^T = 0$).

Ciklični kodovi

Uvjeti:

- $\forall a(x), b(x) \in K \Rightarrow a(x) + b(x) \in K$
 - $\forall a(x) \in K, \forall r(x) \in R_n \Rightarrow r(x)a(x) \bmod (x^n - 1) \in K$
 $x^n - 1 = g(x)h(x), \quad \deg g = r, \deg h = k = n - r, g(0) = 1$
 - $g(x)$ uvijek stupnja r (najmanji stupanj koda) i sadrži član $x^0 = 1$.
 - Konstrukcija G : u zadnji redak staviti koeficijente $g(x)$, svaki gornji redak dobiva se rotacijom ulijevo.
- Kodiranje (CRC):

$$r(x) = d(x) \cdot x^r \bmod g(x), \quad c(x) = d(x) \cdot x^r + r(x)$$

Dekodiranje:

$$\text{sindrom primljene riječi: } x^r \cdot y(x) \bmod g(x) = x^r \cdot e(x) \bmod g(x)$$

Postupak: izračunati sindrome za sve polinome pogreške, izračunati sindrom primljene poruke, pa ispraviti bit na poziciji koja odgovara sindromu. Sistematsko kodiranje / dekodiranje:

$$\text{Kodiranje } c(x) = d(x) \cdot x^r + [d(x) \cdot x^r \bmod g(x)]$$

$$\text{Prijenos } y(x) = c(x) + e(x)$$

$$\text{Dekodiranje (sindrom)} = y(x) \cdot x^r \pmod{g(x)}$$

$$\rightarrow y'(x) = y(x) - e(x)$$

$$\rightarrow d(x) = \frac{y'(x)}{x^r}$$

Nesistematsko:

$$\text{Kodiranje } c(x) = d(x) \cdot g(x)$$

$$\text{Prijenos } y(x) = c(x) + e(x)$$

$$\text{Dekodiranje } \nexists e(x) \rightarrow \frac{y(x)}{g(x)}, \text{ inače } \frac{y(x) - e(x)}{g(x)}$$

Konvolucijsko kodiranje

- Parametri (n, k, L) : n izlaza, k ulaza, $L = m + 1$ granična duljina (m je broj memorijskih stanja posmačnog registra).
- Brzina koda: $R = \frac{k}{n}$.
- Generatori: $h_i^{(j)}$ su funkcijski generatori; u $h_i^{(j)}$ je 1 na mjestima gdje je i-ti ulaz spojen na j-ti izlaz (xor), inače 0.
- Izlaz j-tog kodera: $c_j(t) = \sum_{i=1}^k u_i(t) * h_i^{(j)}(t)$ nad \mathbb{F}_2 .
- Prijenosna funkcija kodera (D-domena): $T^{(j)}(D) = \sum_{i=0}^m h_i^{(j)} D^i$, a vektorski $\mathbf{T}(D) = [T^{(1)}(D) \dots T^{(n)}(D)]$.
- Generirajuća matrica G ima n stupaca; prvi redak je $[G_1 \ G_2 \ \dots \ G_m \ 0 \ \dots \ 0]$, a svaki sljedeći redak je isti, ali zarotiran udesno za 1.
- G_L je podmatrica dimenzija $k \times n$, s redcima koji slijede nizove $h_{i,l}^{(j)}$ za $i \in \{1, \dots, k\}$.

Faktorizacija polinoma (mod 2)

n	$x^n - 1$	faktorizacija
1	$x^1 - 1$	$(x + 1)$
2	$x^2 - 1$	$(x + 1)^2$
3	$x^3 - 1$	$(x + 1)(x^2 + x + 1)$
5	$x^5 - 1$	$(x + 1)(x^4 + x^3 + x^2 + x + 1)$
7	$x^7 - 1$	$(x + 1)(x^3 + x + 1)(x^3 + x^2 + 1)$
9	$x^9 - 1$	$(x + 1)(x^2 + x + 1)(x^6 + x^3 + 1)$
11	$x^{11} - 1$	$(x + 1)(x^{10} + x^9 + \dots + x + 1)$
13	$x^{13} - 1$	$(x + 1)(x^{12} + x^{11} + \dots + x + 1)$
15	$x^{15} - 1$	$(x + 1)(x^2 + x + 1)(x^4 + x + 1)(x^4 + x^3 + 1)(x^4 + x^3 + x^2 + x + 1)$
17	$x^{17} - 1$	$(x + 1)(x^8 + x^5 + x^4 + x^3 + 1)(x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + x + 1)$
19	$x^{19} - 1$	$(x + 1)(x^{18} + x^{17} + \dots + x + 1)$

Ostalo

Neka svojstva operatora Fourierove transformacije:

$$\text{Linearnost} \quad \mathcal{F}\{ax + by\} = a\mathcal{F}\{x\} + b\mathcal{F}\{y\}$$

$$\text{Pomak u vremenu } x(t - t_0) \leftrightarrow e^{-j2\pi f t_0} X(f)$$

$$\text{Pomak u frekvenciji } e^{j2\pi f_0 t} x(t) \leftrightarrow X(f - f_0)$$

$$\text{Skaliranje } x(at) \leftrightarrow \frac{1}{|a|} X\left(\frac{f}{a}\right)$$

$$\text{Derivacija } \frac{d^n x(t)}{dt^n} \leftrightarrow (j2\pi f)^n X(f)$$

$$\text{Konvolucija } (x * h)(t) \leftrightarrow X(f)H(f)$$

Tablica integrala

Integral	Rezultat
$\int x \ln x \, dx$	$\frac{x^2}{2} \ln x - \frac{x^2}{4} + C$
$\int \ln x \, dx$	$x \ln x - x + C$
$\int e^{ax} \cos(bx) \, dx$	$\frac{e^{ax}}{a^2 + b^2} (a \cos bx + b \sin bx) + C$
$\int e^{ax} \sin(bx) \, dx$	$\frac{e^{ax}}{a^2 + b^2} (a \sin bx - b \cos bx) + C$
$\int \frac{dx}{x^2 + a^2}$	$\frac{1}{a} \arctan \frac{x}{a} + C$
$\int \frac{dx}{x^2 - a^2}$	$\frac{1}{2a} \ln \left \frac{x-a}{x+a} \right + C$
$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}}$	$\arcsin \frac{x}{a} + C$

Trigonometrijski identiteti

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin(2\alpha) = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\cos(2\alpha) = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos(2\alpha)}{2}, \quad \cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos(2\alpha)}{2}$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]$$

Diracova delta funkcija

$$\delta(t) = 0, \quad t \neq 0, \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) \, dt = 1$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t - t_0) x(t) \, dt = x(t_0)$$

$$\delta(at) = \frac{1}{|a|} \delta(t), \quad \delta(-t) = \delta(t)$$

Riemann-Lebesgue lema na realnom / kompleksnom skupu. x je L^1 ako:

$$\int_{\mathbb{R}^n} |x(t)| \, dt < \infty$$

Za fourierov transformat $X(f)$ tada vrijedi:

$$|X(f)| \rightarrow 0 \text{ kada } |f| \rightarrow 0$$

Srednja kvadratna pogreška, u_{qi} kvantizacijske razine:

$$N_q^2 = \sum_{u_{qi}} \int_{u_{qi}-\Delta/2}^{u_{qi}+\Delta/2} (u - u_{qi})^2 f(u) \, du \quad [V^2]$$

Entropija slučajnog vektora

$$H(\mathbf{X}) = E[-\log \{X_1, \dots, X_n\}]$$

$$= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f_{\mathbf{X}}(x_1, \dots, x_n) \log [f_{\mathbf{X}}(x_1, \dots, x_n)] \, dx_1 \dots dx_n$$

Inf. kapacitet AWGN kanala

Pri uzorkovanju:

$$\mathbf{X} = [X_1, X_2, \dots, X_n]$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X} + \mathbf{Z}$$

$$E[X_k] = 0, \quad E[X_k^2] = \sigma_{xk}^2$$

$$\phi(\mathbf{z}) = \prod_{k=1}^n \left[\frac{1}{\sigma_{zk} \sqrt{2\pi}} e^{-z_k^2 / 2\sigma_{zk}^2} \right]$$

$$H(\mathbf{Y}|\mathbf{X}) = H(\mathbf{Z}) = - \int_{-\infty}^{\infty} \phi(\mathbf{z}) \log [\phi(\mathbf{z})] \, d\mathbf{z} = \sum_{k=1}^n \log(\sigma_{zk} \sqrt{2\pi e})$$

$$I(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y}) - \sum_{k=1}^n \log(\sigma_{zk} \sqrt{2\pi e})$$

Ako su sve varijance jednake...

$$I_{\max}(\mathbf{X}; \mathbf{Y}) = \frac{n}{2} \log \left(1 + \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2} \right) \quad [\text{bit/simbol}]$$

$$= \frac{n}{2} \log \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Vjerojatnost

$$\text{Znana } B \text{ tražimo } A : P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Slike

