

Ülesanne 10: Kui suur on maksimaalne sidekaugus vabas ruumis sagedusel 25 MHz, kui saatja võimsus on 20 W, vastuvõtja tundlikkus -113 dBm ja saate-ning vastuvõtuantenni võimendused on mõlemad 4dB?

Antud: $f = 25 \text{ MHz} = 2,5 \cdot 10^7 \text{ Hz}$.

$$P_S = 20 \text{ W}$$

$$P_{V_{\min}} = -113 \text{ dBm} = 5,01 \cdot 10^{-12} \text{ mW} = 5,01 \cdot 10^{-15} \text{ W}$$

$$G_S = G_V = 4 \text{ dB} = 2,51$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Leida: $d_{\max} = ?$

Antud ülesande lahendus tugineb Friisi valemile

$$P_{Vv} = P_S G_S G_{Vv} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

Meile pakub huvi sidekaugus d , seega avaldame selle friisi valemist, saades:

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_S G_S G_{Vv}}{P_{Vv}}}$$

Lähteandmetes on meil antud signaali sagedus, Friisi valemis on aga sees lainepikkus. Me võime avaldada lainepikkuse sageduse kaudu $\lambda = c/f$, kus c on valguse kiirus. Kuid mõistlikum oleks siiski sagedus sidekauguse avaldisse sisse viia:

$$d = \frac{c}{4\pi f} \sqrt{\frac{P_S G_S G_{Vv}}{P_{Vv}}}$$

Teatavasti on vastuvõtja tundlikkus minimaalne vastuvõetava signaali võimsus, mille juures sidelink veel nõuetele vastavalt töötab. Friisi valemist on näha, et vastuvõetava signaali võimsus on pöördvõrdeline sidekaugusega. Seega ongi maksimaalne sidekaugus d_{\max} selline kaugus, mille puhul on vastuvõtja sisendis tundlikkusega $P_{V_{\min}}$ võrdse võimsusega signaal. Ehk siis meie otsiva suuruse avaldis on:

$$d_{\max} = \frac{c}{4\pi f} \sqrt{\frac{P_S G_S G_{Vv}}{P_{V_{\min}}}}$$

Nagu näha, siis on osad vajalikud suurused antud logaritmilisel kujul. Üheks võimalikuks lahenduseks oleks need suurused lineaarsele kujule teisendada ja seejärel meie sidekauguse avaldisse asetada

$$d_{\max} = \frac{3 \cdot 10^8}{4\pi \cdot 2,5 \cdot 10^7} \sqrt{\frac{20 \cdot 2,51 \cdot 2,51}{5,01 \cdot 10^{-15}}} = \frac{3}{\pi} \sqrt{\frac{126,19}{5,01 \cdot 10^{-15}}} = 1,52 \cdot 10^8 \text{ m} = 152.000 \text{ km}$$

Vastus: Maksimaalne sidekaugus ülaltoodud tingimustel on 152.000 kilomeetrit.

Ülesanne 11: 1,2 km laiuse lagendiku ühest servast teise on loodud raadiolink töösagedusel 433 MHz. Kui kõrgel maapinnast peavad asuma saate ja vastuvõtuantenn, et esimene Fresneli tsoon oleks takistuste vaba?

Esimese Fresneli tsooni laius d_1 on leitav avaldisega

$$d_1 = \sqrt{\lambda \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}},$$

kus λ on signaali lainepikkus ja r_1 ning r_2 on vastavalt saate- ja vastuvõtuantenni kaugus kohast, kus tsooni laiust määratakse. Tsoon on maksimaalse laiusega keskkohas, kus $r_1 = r_2$. Meie ülesande korral oleks siis $r_1 = r_2 = 1200/2 = 600\text{m}$. Tsooni laius on sellisel juhul

$$d_1 = \sqrt{\frac{c}{f} \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^8}{4,33 \cdot 10^8} \frac{600^2}{1200}} = 600 \sqrt{\frac{1}{4,33 \cdot 400}} = \frac{30}{\sqrt{4,33}} = 14,42\text{m}$$

Vastus: Antennid peavad maapinnast olema vähemalt 14,42 meetri kõrgusel.

Ülesanne 12: Sidelingis kasutatakse 32-FSK modulatsiooni, sümboli kestusega 0,25 ms. Kui suur on selle sidelingi ülekandekiirus [bitt/s]?

32-FSK tähendab kolmekümne kahe positsioonilist sagedusmanipulatsiooni (*Frequency Shift Keying*), ehk tegemist on digitaalse ülekandega, kus kasutatakse 32 erinevat sümbolit. Sellisel juhul sisaldab üks sümbol endas $I = \log_2(32) = 5$ bitti informatsiooni.

Kui ühe sümboli edastamiseks kulub 0,25 ms aega, siis ühes sekundis edastatakse $r = 1/2,5 \cdot 10^{-4}$ sümbolit, ehk edastuskiirus on 4000baudi. Kuna üks sümbol sisaldab viis bitti informatsiooni, siis on bitikiirus viis korda suurem $r = 20.000 \text{ bitt/s} = 20 \text{ kbit/s}$.

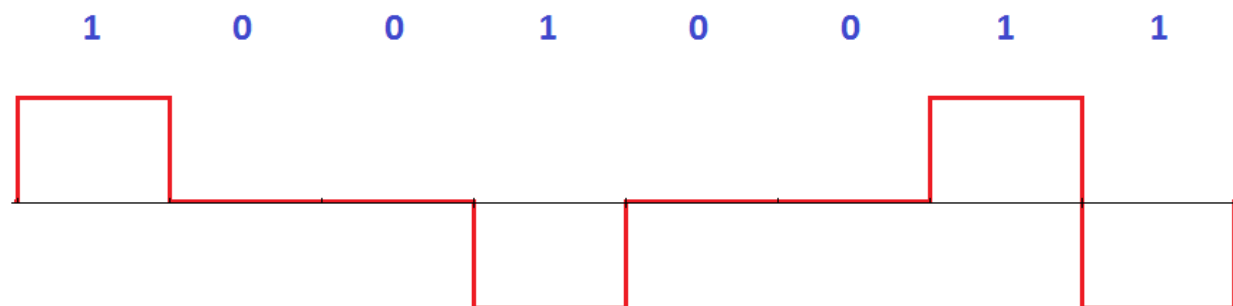
Vastus: Bitikiirus sidelingis on 20 kbit/s.

Ülesanne 13: Skitseeri bitijadale 10010011 vastav liinikood:

Manchesteri kood:



AMI liinikood:



Ülesanne 14: Allika tähestikus A on neli sümbolit a_1, a_2, a_3 ja a_4 , vastavalt tõenäosustega $p_1 = 0,505$; $p_2 = 0,25$; $p_3 = 1/8$ ja $p_4 = 0,12$. Kui suur on selle allika entroopia $H(A)$?

Kasutame allika Shanoni entroopia avaldist

$$H(A) = \sum_{j=1}^N p(a_j) I(a_j) = - \sum_{j=1}^N p(a_j) \log_2 p(a_j)$$

$$H(A) = - \sum_{j=1}^4 p(a_j) \log_2 p(a_j) = -0,505 \log_2 0,505 - 0,25 \log_2 0,25 - 0,125 \log_2 0,125 - 0,12 \log_2 0,12 = \\ = 0,498 + 0,5 + 0,375 + 0,367 = 1,74 \text{ bitti}$$

Vastus: Allika entroopia on 1,74 bitti.

Ülesanne 15: Eelmises ülesandes antud allika A kodeerimiseks kasutati järgnevaid koodsõnu $c_1 = 1$, $c_2 = 01$, $c_3 = 001$ ja $c_4 = 0001$. Kui suured on kasutatava koodi keskmine L pikkus ja liiasus D ?

Leiame koodsõna keskmise pikkuse:

$$L = \sum_{j=1}^4 p(a_j) n(a_j) = 0,505 \cdot 1 + 0,25 \cdot 2 + 0,125 \cdot 3 + 0,12 \cdot 4 = 0,505 + 0,5 + 0,375 + 0,48 = 1,86 \text{ bitti}$$

Koodi liiasus D on võrde koodsõna keskmise pikkuse L ja entroopia H erinevusega $D = L - H = 1,86 - 1,74 = 0,12$ bitti.

Vastus: Koodsõna keskmine pikkus on 1,86 bitti ka koodi liiasus on 0,12 bitti.

Ülesanne 16: Vähemalt kui suur peab olema diskreetimissagedus, kui muundatava signaali maksimaalne sagedus on 3,4kHz?

Vastavalt Nyquist-Shannon-Kotelnikovi teoreemile peab diskreetimissagedus f_s olema vähemalt kaks korda suurem signaali maksimaalsest sagedusest f_m . Seega antud juhul peab diskreetimissagedus olema vähemalt $f_s = 2 \cdot f_m = 2 \cdot 3,4 = 6,8$ kHz.

Vastus: Diskreetimissagedus peab olema vähemalt 6,8 kHz.

Ülesanne 17: Digitaliseeritava analoogsignaali väärtus on vahemikus $\pm 3,3V$, kui suur on signaali mõõtmise täpsus, kui muundur on kaheksabitine?

Kui muundur on kaheksabitine $n_B = 8$, siis on võimalik saada $2^{n_B} = 2^8 = 256$ erinevat tulemust ehk kogu mõõdetav vahemiku $+3,3$ kuni $-3,3V$ saab jaotada $2^{n_B} - 1 = 2^8 - 1 = 255$ vahemikuks. Kui vahemike laiused võtta võrdsed, siis saame ühe vahemiku laiuseks, ehk kvantimissammu q väärtuseks

$$q = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^{n_B} - 1} = \frac{3,3 - (-3,3)}{2^8 - 1} = \frac{6,6}{255} = 0,0259V$$

Kui minimaalne vahemik kahe tulemuse vahel on q , siis mõõtetäpsuseks võib lugeda pool sellest vahemikus $\pm q/2$, mis antud juhul oleks $\pm 12,9$ mV.

Vastus: Signaali mõõtmise täpsus on $\pm 12,9$ mV.