ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

UNIVERSITY OF THE AEGEAN
DEPARTMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

321-10652– Δορυφορικές Επικοινωνίες

Διδάσκων: Νικολαΐδης Βίκτωρ

Εργασία

3212018107 Κυριαζής Ιωάννης

Σάμος, Ιανουάριος 2023

<u>Άσκηση 1</u>

A)

$$L_{\text{γραμμής μεταφοράς}}(dB) = 10*log_{10}(L_{\text{γραμμής μεταφοράς}}) \implies L_{\text{γραμμής μεταφοράς}} = 1,17$$
$$G_{\text{γραμμής μεταφοράς}} = \frac{1}{L_{\text{γραμμής μεταφοράς}}} = 0,85$$

$$F_{\text{ενισχυτή}}(dB) = 10*log_{10}(F_{\text{ενισχυτή}}) \implies F_{\text{ενισχυτή}} = 3,16$$
$$T_{\text{ενισχυτή}} = (F_{\text{ενισχυτή}} - 1)*T_o = (3,16 - 1)*290 = 626,4\ K$$

$$F_{\text{δέκτη}}(dB) = 10*log_{10}(F_{\text{δέκτη}}) \implies F_{F_{\text{ενισχυτή}}=3,16} = 5,01$$
$$T_{\text{δέκτη}} = (F_{\text{δέκτη}} - 1)*T_o = (5,01 - 1)*290 = 1.162,9\ K$$

$$G_{LNA}(dB) = 10*log_{10}(G_{LNA}) \implies G_{LNA} = 316,23$$
$$G_{\text{ενισχυτή}}(dB) = 10*log_{10}(G_{\text{ενισχυτή}}) \implies G_{\text{ενισχυτή}} = 100$$
$$G_{\text{δέκτη}}(dB) = 10*log_{10}(G_{\text{δέκτη}}) \implies G_{\text{δέκτη}} = 31,62$$

$$T_1 = T_a + T_{\text{γραμμής μεταφοράς}} + \frac{T_{LNA}}{G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}} + \frac{T_{\text{ενισχυτή}}}{G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{LNA}} + \frac{T_{\text{δέκτη}}}{G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{LNA}*G_{\text{ενισχυτή}}} = 144,14\ K$$

$$T_2 = T_a*G_{\text{γραμμής μεταφοράς}} + T_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{\text{γραμμής μεταφοράς}} + T_{LNA} + \frac{T_{\text{ενισχυτή}}}{G_{LNA}} + \frac{T_{\text{δέκτη}}}{G_{LNA}*G_{\text{ενισχυτή}}} = 122,52\ K$$

$$T_3 = T_a*G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{LNA} + T_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{LNA} + T_{LNA}*G_{LNA} + T_{\text{ενισχυτή}} + \frac{T_{\text{δέκτη}}}{G_{\text{ενισχυτή}}} = 38.743,74\ K$$

$$T_4 = T_a*G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{LNA}*G_{\text{ενισχυτή}} + T_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{LNA}*G_{\text{ενισχυτή}} + T_{LNA}*G_{LNA}*G_{\text{ενισχυτή}} + T_{\text{ενισχυτή}}*G_{\text{ενισχυτή}} + T_{\text{δέκτη}} = 3.874.374,4\ K$$

$$T_4 = T_a*G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{LNA}*G_{\text{ενισχυτή}}*G_{\text{δέκτη}} + T_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{\text{γραμμής μεταφοράς}}*G_{LNA}*G_{\text{ενισχυτή}}*G_{\text{δέκτη}} + T_{LNA}*G_{LNA}*G_{\text{ενισχυτή}}*G_{\text{δέκτη}} + T_{\text{ενισχυτή}}*G_{\text{ενισχυτή}}*G_{\text{δέκτη}} + T_{\text{δέκτη}}*G_{\text{δέκτη}} = 122.507.718,53\ K$$

B)

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_1 = \frac{P_{RX}}{k*T_1} = \frac{50*10^{-12}}{1,379*10^{-23}*144,14} = 25.154.820.372,9$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_1 (dB) = 10*log_{10}(25.154.820.372,9) = 104dBHz$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_2 = \frac{P_{RX}*G_{\gamma\rho\alpha\mu\mu\acute{\eta}\varsigma\ \mu\varepsilon\tau\alpha\varphi o\rho\acute{\alpha}\varsigma}}{k*T_2} = \frac{50*10^{-12}*0,85}{1,379*10^{-23}*122,52} = 25.154.615.061$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_2 (dB) = 10*log_{10}(25.154.615.061) = 104dBHz$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_3 = \frac{P_{RX}*G_{\gamma\rho\alpha\mu\mu\acute{\eta}\varsigma\ \mu\varepsilon\tau\alpha\varphi o\rho\acute{\alpha}\varsigma}*G_{LNA}}{k*T_2} = \frac{50*10^{-12}*0,85*316,23}{1,379*10^{-23}*38.743,74} = 25.155.108.236$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_3 (dB) = 10*log_{10}(25.155.108.236) = 104dBHz$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_4 = \frac{P_{RX}*G_{\gamma\rho\alpha\mu\mu\acute{\eta}\varsigma\ \mu\varepsilon\tau\alpha\varphi o\rho\acute{\alpha}\varsigma}*G_{LNA}*G_{\varepsilon\nu\iota\sigma\chi\upsilon\tau\acute{\eta}}}{k*T_2} = \frac{50*10^{-12}*0,85*316,23*100}{1,379*10^{-23}*3.874.374,4} = 25.155.105.639$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_4 (dB) = 10*log_{10}(25.155.105.639) = 104dBHz$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_5 = \frac{P_{RX}*G_{\gamma\rho\alpha\mu\mu\acute{\eta}\varsigma\ \mu\varepsilon\tau\alpha\varphi o\rho\acute{\alpha}\varsigma}*G_{LNA}*G_{\varepsilon\nu\iota\sigma\chi\upsilon\tau\acute{\eta}}*G_{\delta\acute{\varepsilon}\kappa\tau\eta}}{k*T_2} = \frac{50*10^{-12}*0,85*316,23*100*31,62}{1,379*10^{-23}*3.874.374,4} = 25.155.105.638,6$$

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_5 (dB) = 10*log_{10}(25.155.105.638,6) = 104dBHz$$

Παρατηρούμε ότι η τιμή του λόγου σήματος-προς-φασματική πυκνότητα ισχύος είναι ίδια σε όλα τα σημεία, επειδή χρησιμοποιούμε πάντα την ενεργό θερμοκρασία σε κάθε σημείο (έχουμε μεταφέρει την επίδραση όλων των στοιχείων σε κάθε σημείο).

Άσκηση 2

A)

$$T = \sqrt{\frac{4*\pi^2}{\mu}*\alpha^3} = \sqrt{\frac{4*\pi^2}{3,986*10^{14}}*42.163.000^3} = 86.160,55\ sec$$

$$e = 1 - \left(\frac{Re + hp}{a}\right) = 1 - \left(\frac{6.378,1 + 24.372}{42.163}\right) = 0,27$$

B)

$$c = a*e \implies c = 11.384\ km$$
$$p = a*\left(1 - e^2\right) \implies p = 39.089,32\ km$$
$$b = \sqrt{a^2*\left(1 - e^2\right)} \implies b = 40.597,08\ km$$

Γ)

$$hp = rp - Re \implies rp = 30.750,1\ km$$
$$ha = ra - Re \implies ra = 53.590,1\ km$$

$$Vp = \sqrt{\frac{2*\mu*ra}{rp*(ra + rp)}} = 4.058,7\ m/s$$

$$Va = \sqrt{\frac{2*\mu*rp}{ra*(ra + rp)}} = 2.328,9\ m/s$$

Δ) Θεωρούμε ότι ο δορυφόρος βρίσκεται στο περίγειο για t=0. Οι υπολογισμοί βρίσκονται στο αρχείο .m.

Άσκηση 3

A)

$$cos(\varphi) = cos\left(\frac{39*\pi}{180} - \frac{24*\pi}{180}\right)*cos(0)*cos\left(\frac{38*\pi}{180}\right) + sin(0)*sin\left(\frac{38*\pi}{180}\right) = 0,761\ rad$$

$$Slant\ Range = \sqrt{(35.786,100)^2 + 2*6.378,100*(35.786,100 + 6.378,100)*(1-0,761)} = 37.538,064\ km$$

$$UPLINK$$

$$P_T = 510\ W \implies P_T(dBW) = 10*log_{10}(510) = 27,08\ dBW$$

$$Antenna\ Gain\ ES = 10*log_{10}\left(0,65*\left(\frac{\pi*10*15.000*10^6}{3*10^8}\right)^2\right) = 62,05\ dBi$$

$$EIRP = 27,08 + 62,05 = 89,13\ dBW$$

$$FSL = 20*log_{10}\left(\frac{4*\pi*37538,064*10^3*15.000*10^6}{3*10^8}\right) = 207,45\ dB$$

$$L_{pointing\ loss} = 12*\left(\frac{0,1}{2}\right)^2 = 0,03\ dB$$

$$Sat\ Antenna\ Gain\ transmit = 10*log_{10}\left(0,7*\left(\frac{75*\pi}{1,5}\right)^2\right) = 42,37\ dB$$

$$Sat\ Antenna\ Gain\ receive = 10*log_{10}\left(0,7*\left(\frac{75*\pi}{2}\right)^2\right) = 39,87\ dB$$

$$Satellite\ G/T = Sat\ Antenna\ Gain\ receive - 10*log_{10}(system\ temp) = 39,87 - 10*log_{10}(290) = 15,25\ dB/K$$

$$Losses = FSL + \text{σημείο σε σχέση με το μέγιστο} + pointing\ loss + \text{γραμμή μεταφοράς επ. στ.} + ...$$
$$... + \text{γραμμή μεταφοράς δορ.} + \text{συντ. θορ. δέκτη} + \text{γραμμή μεταφοράς δορ.} + \text{ατμ. εξασθ.} + \text{εξασθ. αποπ.} = ...$$
$$... = 207,45 + 2 + 0,03 + 0,6 + 0,4 + 2 + 0,4 + 0,1 + 0,1 = 213,08\ dB$$

$$(C/N)_{UP} = EIRP + Sat\ G/T - Losses - Boltzmann = 89,13 + 15,25 - 213,08 + 228,6 = 119,9\ dB-Hz$$

$$Pr_{UP\ Sat} = EIRP + Gr_{sat} - Losses = 89,13 + 39,87 - 213,08 = -84,08\ dBW$$
$$IBO = Pr_{UP\ Sat} - P_{\kappa o\rho\epsilon\sigma\mu o\acute{\upsilon}} = (-84,08) - (-80) = -4,08\ dB$$

$$OBO = IBO + 5 - 5{*}e^{\frac{IBO}{5}} = (-4,08) + 5 - 5{*}e^{\frac{-4,08}{5}} = -2,27\ dB$$

$$G_{sat\ \epsilon\pi\alpha\nu\alpha\lambda\acute{\eta}\pi\tau\eta} = P_{o\ sat} - P_{i\ sat} \implies P_{o\ sat} = 110 + (-80) = 30\ dBW$$
$$OBO = P_o - P_{o\ sat} \implies -1,29 = P_o - 30 \implies P_o = 27,73\ dBW$$
$$Saturated\ EIRP = 30 + 110 - 0,4 - 2 - 0,4 = 139,43\ dB$$

DOWNLINK

$$Slant\ Range = 38.000\ km$$

$$Sat\ Antenna\ Gain\ transmit = 10{*}log_{10}\left(0,7{*}\left(\frac{75{*}\pi}{1,5}\right)^2\right) = 42,37\ dB$$

$$Antenna\ Gain\ ES = 10{*}log_{10}\left(0,65{*}\left(\frac{\pi{*}0,6{*}12.000{*}10^6}{3{*}10^8}\right)^2\right) = 35,68\ dBi$$

$$L_{pointing\ loss} = 12{*}\left(\frac{0,5}{2}\right)^2 = 0,75\ dB$$

$$FSL = 20{*}log_{10}\left(\frac{4{*}\pi{*}38.000{*}10^3{*}12.000{*}10^6}{3{*}10^8}\right) = 205,62\ dB$$

$$ES\ noise\ temp = 10{*}log_{10}(290) = 24,62\ dB/K$$

$$ES\ G/T = Antenna\ Gain\ ES - ES\ noise\ temp - \sigma\epsilon\ \sigma\chi\acute{\epsilon}\sigma\eta\ \mu\epsilon\ \tau o\ \mu\acute{\epsilon}\gamma\iota\sigma\tau o\ \kappa\acute{\epsilon}\rho\delta o\varsigma = 35,68 - 24,62 - 1 = 10,06\ dB/K$$

$$Losses = FSL + pointing\ loss + \alpha\tau\mu.\ \epsilon\xi\alpha\sigma\theta. + \gamma\rho\alpha\mu\mu\acute{\eta}\ \mu\epsilon\tau\alpha\varphi o\rho\acute{\alpha}\varsigma\ \delta o\rho. + \sigma\upsilon\nu\tau.\ \theta o\rho.\ \delta\acute{\epsilon}\kappa\tau\eta = \ldots$$
$$\ldots = 205,62 + 0,75 + 0,2 + 2 + 5 = 213,57\ dB$$

$$Pr_{DL\ ES} = P_o + Sat\ Antenna\ Gain\ transmit + Antenna\ Gain\ ES - Losses - Feeder\ Loss = \ldots$$
$$\ldots = 27,73 + 42,37 + 35,68 - 213,57 - 1 = -108,79\ dBW$$

$$(C/N)_{DL} = Saturated\ EIRP + ES\ G/T - Losses + Boltzmann = 139,43 + 10,06 - 213,57 + 228,6 = 164,52\ dB-Hz$$

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{10^{\frac{(C/N)_{UP}}{10}}} + \frac{1}{10^{\frac{(C/N)_{DL}}{10}}}} = 119,9\ dB-Hz$$

$$Margin = (C/N)_T - (C/N)_{Req} = 119,9 - 7 = 112,9\ dB$$

B)

$$(C/N)_{UP} = 119,9 - 6 = 113,9\ dB - Hz$$
$$P_{sat\ exit} = P_o - 6 = 27,73 - 6 = 21,73\ dB$$
$$(C/N)_{DL} = 164,52 - 6 = 158,52\ dB - Hz$$
$$(C/N)_T = 119,9 - 6 = 113,9\ dB - Hz$$

$$4 + 2,5 \ = 6,5\ dB \text{ εξασθένηση λόγω βροχής}$$

$$(C/N)_{DL\ rain} = 164,52 - 6,5 = 158,02\ dB - Hz$$

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{10^{\frac{(C/N)_{UP}}{10}}} + \frac{1}{10^{\frac{(C/N)_{DL}}{10}}}} = 113,9\ dB - Hz$$

$$Margin = 158,52 - 7 = 151,52\ dB - Hz$$

Άρα το σύστημα θα δουλέψει επιτυχώς και σε συνθήκες βροχής

ΠΕΡΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

UNIVERSITY OF THE AEGEAN
DEPARTMENT OF INFORMATION AND
COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

Kyriazis Ioannis