LAB 2

יוחאי תבל 207235052

שיר משה 318492667

Part 1 – General Theoretical Information

1. נשתמש בנוסחא: $\frac{\boldsymbol{P_r}}{\boldsymbol{P_t}} = \boldsymbol{G_t G_r}\left(\frac{\boldsymbol{\lambda}}{\boldsymbol{4\pi d}}\right)^{\boldsymbol{2}}$ ונציב את הנתונים מהשאלה:

$$G_t = G_r = 1, \qquad f = 5GH_z, \qquad \lambda = \frac{c}{f} = 0.06m \qquad d_1 = 10m, \qquad d_2 = 100m$$

$$P_r = 1dBm \;\; => \;\; P = 10^{\frac{1}{10}} mW \approx 1.26mW$$

$$P_{t_1} = \frac{1.26 * 10^{-3}}{G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2} = \frac{1.26 * (4\pi * 10)^2}{10^3 0.06^2} = 5526.97\, W$$

$$P_{t_2} = \frac{1.26 * 10^{-3}}{G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2} = \frac{1.26 * (4\pi * 100)^2}{10^3 0.06^2} = 552697.84\, W$$

2. נשתמש בנוסחא: $\frac{\boldsymbol{P_r}}{\boldsymbol{P_t}} = \boldsymbol{G_t G_r}\left(\frac{\boldsymbol{\lambda}}{\boldsymbol{4\pi d}}\right)^{\boldsymbol{2}}$ ונציב את הנתונים מהשאלה:

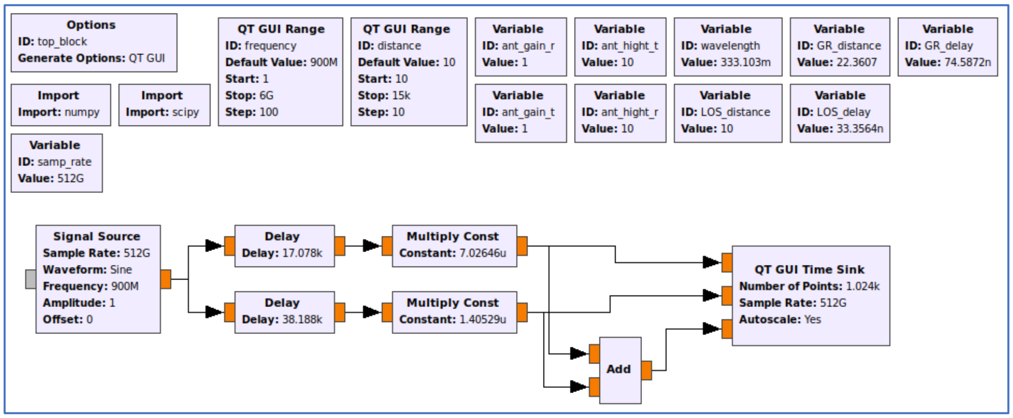
$$G_t = G_r = 1, \qquad f_1 = 900MH_z\,, \quad f_2 = 5GH_z, \quad \lambda_1 = \frac{c}{f} = \frac{1}{3}m\,,$$

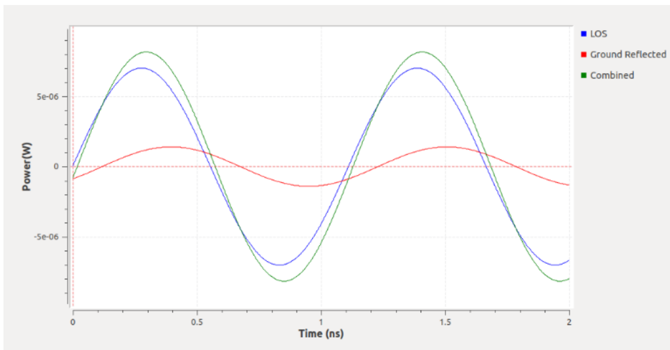
$$\lambda_2 = \frac{c}{f} = 0.06m\,, \quad d_1 = 100m \quad P_r = 10\mu W$$

$$P_{t_1} = \frac{10 * 10^{-6}}{G_t G_r \left(\frac{\lambda_1}{4\pi d}\right)^2} = \frac{10 * (4\pi * 100)^2}{10^6 \left(\frac{1}{3}\right)^2} = 142.12\, W$$

$$P_{t_1} = \frac{10 * 10^{-6}}{G_t G_r \left(\frac{\lambda_2}{4\pi d}\right)^2} = \frac{10 * (4\pi * 100)^2}{10^6 (0.06)^2} = 4386.49\, W$$

Part 2 – Two Ray Model



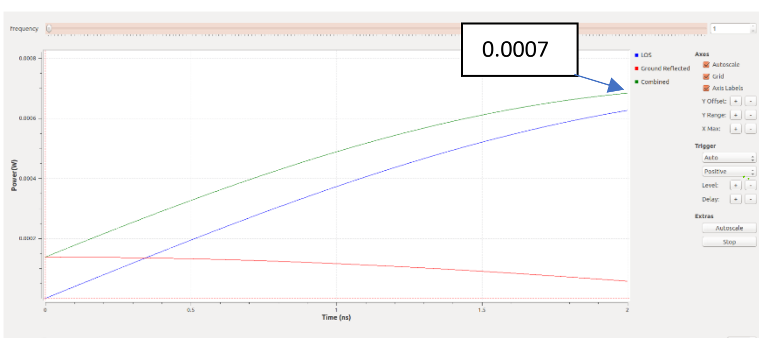


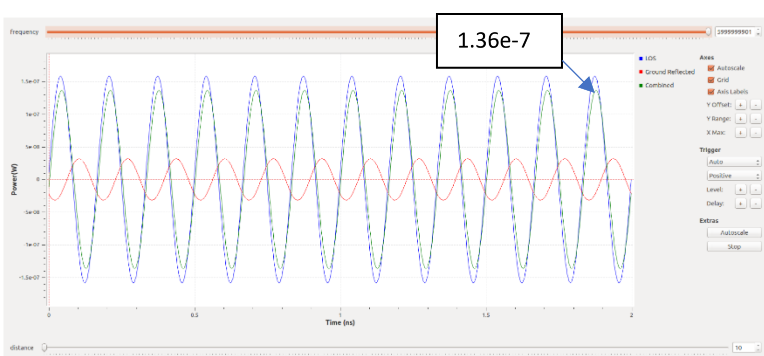
.3

a. עבור תדר מינימלי $f = 1Hz$ נקבל אנרגיה מקסימלית $0.0007\ w$

ועבור תדר מקסימלי קיבלנו $1.36e-7\ w$

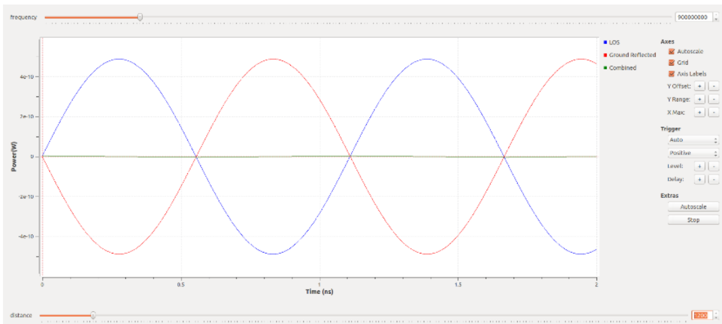
ההפרש בין האנרגיות: $7e-4\ w$





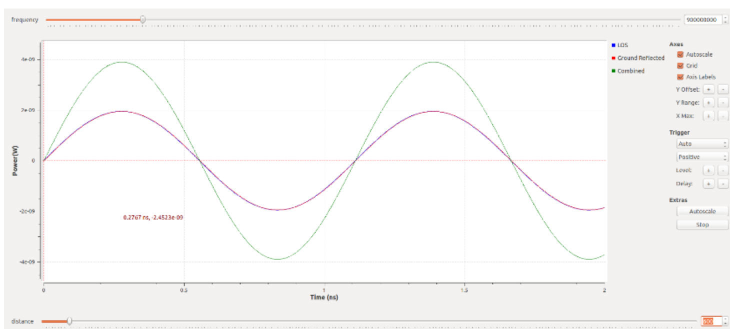
b. כעת נקבע את התדר על התדר הדיפולטיבי $900MH_z$.
למדנו בהרצאה שעד למרחק ה d_c השפעת ה path loss קטנה- האות מונחת בסדר גודל של d^{-2} , וממרחק d_c והלאה השפעה בסדר גודל של d^{-4} .
נחשב את ה d_c :
בעזרת נוסחה מההרצאה: $d_c \approx \frac{4h_t h_r}{\lambda} = \frac{4*10*10}{3*10^8} * 900 * 10^6 = 1200\ m$

4. ב $d_c = 1200m$ (עבור תדר $900MH_z$) הפרש הפאזות בין LOS לבין ground reflected הוא בקירוב π - הפרש האותות הוא חצי אורך גל, לכן מחיבור האותות נקבל התאבכות הורסת:



נחשב מתי הפרש הפאזות הוא 2π, כלומר הפרש אורך גל שלם, ולכן נקבל התאבכות בונה:

$$\Delta\phi \approx \frac{4\pi h_t h_r}{\lambda d} = 2\pi \rightarrow\ d = \frac{2\pi h_t h_r}{\lambda} = \frac{1}{2} d_c = 600m$$



5. נעבוד עם הנוסחה למודל של *2 ray* עבור $R = -1$:

$$P_r = P_t \left[\frac{\lambda}{4\pi}\right]^2 \left|\frac{\sqrt{G_l}}{l} + \frac{R\sqrt{G_r}e^{-j\Delta\phi}}{x + x'}\right|^2 = P_t \left[\frac{\lambda}{4\pi}\right]^2 \left|\frac{\sqrt{G_l}}{l} - \frac{\sqrt{G_r}e^{-j\Delta\phi}}{x + x'}\right|^2$$

ע"מ שבמקלט נקבל עוצמת אות השווה לאפס, נרצה שהביטוי בערך המוחלט יתאפס. זה יקרה כאשר הפרש הפאזות יהיה 0, ואז נקבל אותות זהים שיבטלו זה את זה (התאבכות הורסת).

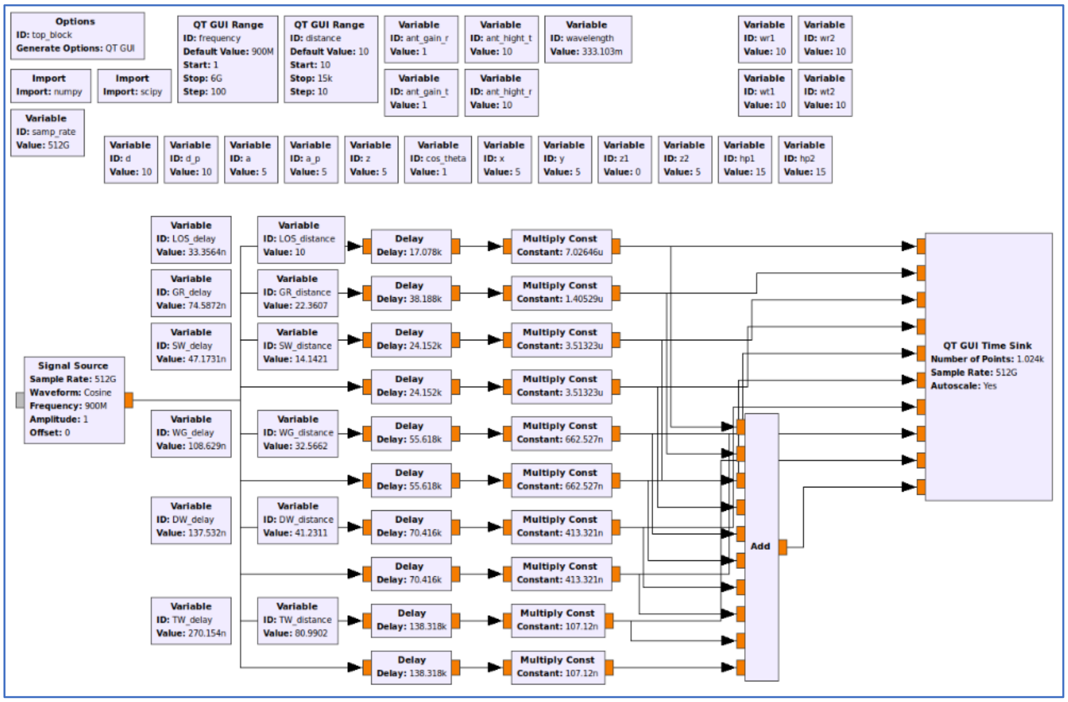
6. כעת נחשב את הדיליי בין שתי הקרניים עם הנתונים הבאים:

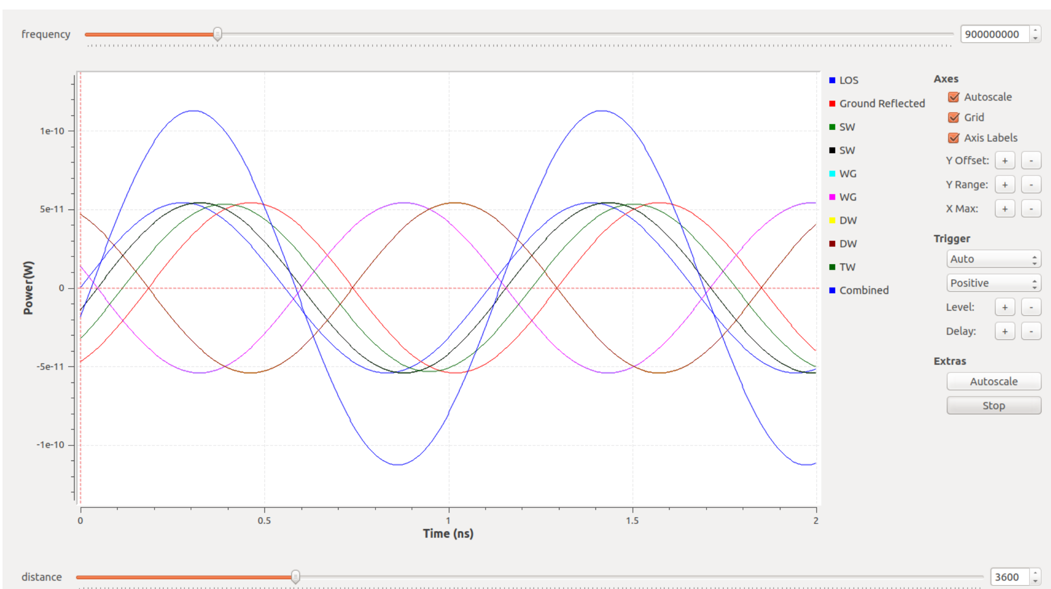
$$d = 80m, \qquad h_t = 10m, \qquad h_r = 1m, \qquad f = 900MH_z$$

נחשב את הפרש הזמנים:

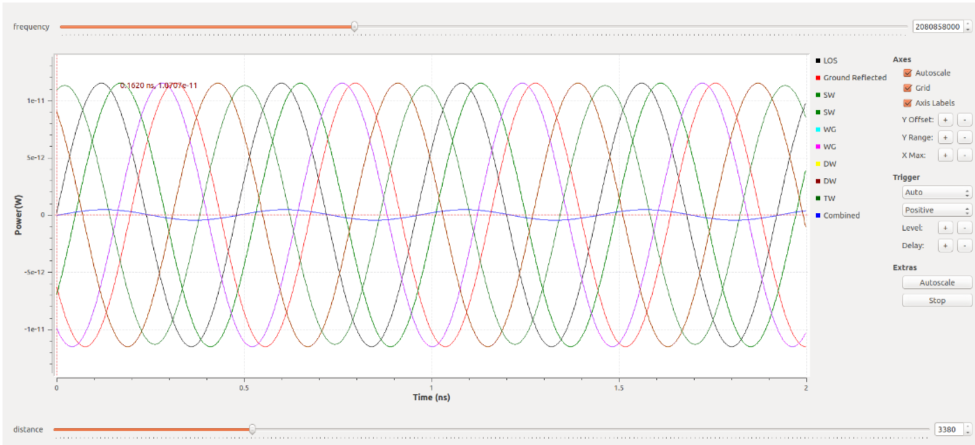
$$t_{delay} = \frac{\sqrt{11^2 + 80^2}}{3 * 10^8} - \frac{\sqrt{9^2 + 80^2}}{3 * 10^8} = 8.26 * 10^{-10} s$$

Part 3 – Ten-Ray Simulation





7. ב 10 ray model קשה יותר למצוא התאבכות הורסת מוחלטת משום שיש הרבה קרניים המגיעות בפאזות שונות, וקשה למצוא מצב בו כולן מבטלות אחת את השניה. ב 2 ray model זה קל יותר משום שאלו רק שתי פאזות שצריכות להיות הפוכות.



8. הקרן שמגיעה הכי מהר – LOS:

המרחק בין המשדר למקלט - $500m$ (נתון שהאנטנות באותו גובה)

$$LOS_{delay} = \frac{500}{c} = \frac{500}{3 * 10^8} = 1.66 * 10^{-6}\ s$$

הקרן שמגיעה אחרונה היא זו שנשברת הכי הרבה פעמים – TW ולכן צריכה לעבור את המרחק הכי גדול:

$$TW_{delay} = 6 * \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{6} * 500\right)^2 + \left(\frac{1}{2} * 50\right)^2}}{c} = \frac{522.01}{3 * 10^{-8}} = 1.74 * 10^{-6}\ s$$

הפרש הזמנים: $LOS_{delay} - TW_{delay} = 7.33 * 10^{-8} s$

כדי למצוא את האנרגיה של האותות נשתמש בנוסחא: $\boldsymbol{P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2}$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1}{3} m$$

עבור LOS : $P_r = pG_tG_r\left(\frac{\lambda}{2\pi d_{LOS}}\right)^2 = \frac{pG_tG_r}{3*2\pi*500} = \frac{pG_tG_r}{3000\pi} W$

עבור TW : $P_r = pG_tG_r\left(\frac{\lambda}{2\pi d_{TW}}\right)^2 = \frac{pG_tG_r}{3*2\pi*522.01} = \frac{pG_tG_r}{9839.65} W$

Part 4 – Power Delay Profile

9. נתון מודל 2 ray: $h(t) = a_1\delta(t) + a_2\delta(t - 0.05\mu s)$

נתונים: $f = 900MH_z \quad h = h_r = h_t = 10m \quad R = -1$

ניעזר במשוואות שנתונות עבור מודל 2 ray:

$$a_1 = \left(\frac{\lambda\sqrt{G_l}}{4\pi l}\right)^2 = \left(\frac{\frac{1}{3}\sqrt{G_l}}{4\pi l}\right)^2 \qquad a_2 = \left(\frac{\lambda R\sqrt{G_l}}{4\pi(x+x')}\right)^2 = \left(\frac{-\frac{1}{3}\sqrt{G_l}}{4\pi\left(\sqrt{(h_r+h_t)^2+d^2}\right)}\right)^2$$

הדיליי הנתון t_1 הוא ביחס לדיליי של LOS, לכן נקבל את המשוואה הבאה:

$$t_1 = \frac{x+x'}{c} - \frac{l}{c} = 0.05_{\mu_s} \quad \rightarrow \quad x + x' = 15 + l$$

משיקולי גאומטריה:

$$x + x' = \sqrt{d^2 + (2h)^2} \quad , \quad l = d$$

נקבל את המשוואה:

$$15 + d = \sqrt{d^2 + (2h)^2} \rightarrow (15+d)^2 = d^2 + 400$$

$$225 + 30d + d^2 = d^2 + 400 \rightarrow \ 30d = 175 \rightarrow \boldsymbol{d = 5.83_m}$$

$$x + x' = \ 15 + l \ \rightarrow \ \boldsymbol{x + x' = 20.83_m}$$

נציב את $d, x+x'$ במשוואות הקודמות:

$$a_1 = \left(\frac{\lambda\sqrt{G_l}}{4\pi d}\right)^2 = \left(\frac{\sqrt{G_l}}{3 * 4\pi * 5.38}\right)^2 = 2.43 * 10^{-5} G_l$$

$$a_2 = \left(\frac{\lambda R\sqrt{G_l}}{4\pi(x+x')}\right)^2 = \left(\frac{-\frac{1}{3}\sqrt{G_l}}{4\pi * 20.83}\right)^2 = 1.69 * 10^{-6} G_l$$

10. נחלק את המערכת למקרים:

$$c(t,\tau)=\begin{cases} LOS = a_0e^{-j\phi_o}\delta(\tau-\tau_0) & t<T_0 \\ LOS+R1 = a_0e^{-j\phi_o}\delta(\tau-\tau_0)+2a_1e^{-j\phi_1}\delta(\tau-\tau_1) & T_0\le t<2T_0 \\ LOS+2R1+R2 = a_0e^{-j\phi_o}\delta(\tau-\tau_0)+2a_1e^{-j\phi_1}\delta(\tau-\tau_1)+a_2e^{-j\phi_2}\delta(\tau-\tau_2) & 2T_0\le t \end{cases}$$

נאחד את הכל למשוואה אחת:

$$c(t,\tau)=a_0e^{-j\phi_o}\delta(\tau-\tau_0)+\left\lfloor\frac{t}{T_0}\right\rfloor 2a_1e^{-j\phi_1}\delta(\tau-\tau_1)+\left\lfloor\frac{t}{2T_0}\right\rfloor a_2e^{-j\phi_2}\delta(\tau-\tau_2)$$

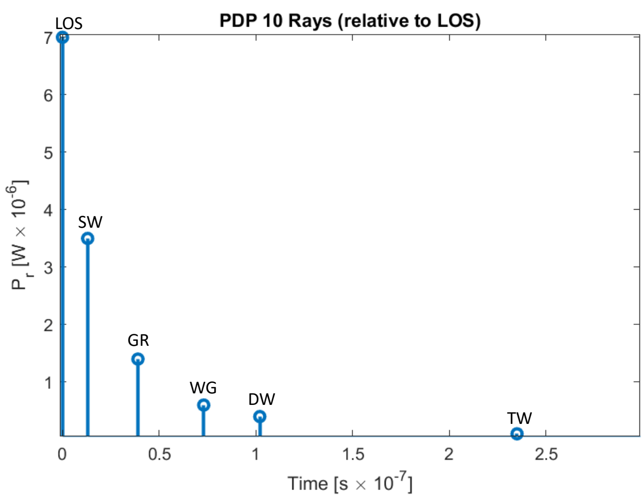
11. ע"מ לחשב את PDP ניעזר בנוסחה:

$$\sum_{n=0}^{9}a_ne^{-j\phi_n}\delta(\tau-\tau_n)$$

כאשר כל אחד מהפרמטרים מחושב כך:

$$a_n=\left(\frac{\lambda\sqrt{RG_n}}{4\pi d_n}\right)^2 \qquad \phi_n=\frac{2\pi d_n}{\lambda} \qquad \tau_n=\frac{d_n}{c}$$

נכניס את הערכים מהחלק המעשי ונקבל את הגרף הבא:



12. נניח כעת שN שווה אינסוף- כלומר שהסיגנל מתפצל לאינסוף קרניים, הקרניים שנשברות הרבה הן באורכים מאוד ארוכים ולכן מגיעות בהספק נמוך מאוד (ניתן לראות בגרף שהחל מTW ההספק כבר אפסי ביחס לקודמות). נצפה לראות בגרף את הקרניים שנשברות עד 3 פעמים באזור זמן הLOS, ואח"כ אינסוף נקודות עם אמפליטודה קרובה לאפס.
אם נתייחס לכל קרן כמשתנה אקראי שיכול לצאת בפאזה שונה ולהישבר מספר אקראי של פעמים, ואז נסכום אינסוף קרניים כאלו – נקבל לפי משפט הגבול המרכזית את ההתפלגות הנורמלית.