LAB 3

יוחאי תבל 207235052
שיר משה 318492667

Part 1

Theoretical Questions

1. נמצא את $\gamma(path\ loss\ exponent)$ שמביא למינימום את השגיאה בין simplified model לבין המדידות.

$$f = 2.4GH_z \quad d_0 = 1_m \quad K[dB] = 20\log_{10}\left(\frac{\lambda}{4\pi d_0}\right) = -40.04\ dB \quad d = 150_m$$

$$P_t = 1mW\ (0dBm) \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{1}{8}$$

Distance from Transmitter	$M = P_r/P_t$
10m	$-65\ dB$
50m	$-75\ dB$
100m	$-95\ dB$
200m	$-105\ dB$
500m	$-135\ dB$

פונקציית ה $MMSE$:

$$F(\gamma) = \sum_{i=1}^{5}[M_{measurred}(d_i) - M_{model}(d_i)]^2$$

נחשב את $M_{model}(d_i)$ באמצעות: $Simplified\ Path\ Loss\ Model$:

$$P_r[dBm] = P_t[dBm] + K[dB] - 10\gamma\log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) = -40.04 - 10\gamma\log_{10} d_i$$

נקבל:

$$F(\gamma) = (-65 + 40.04 + 10\gamma)^2 + (-75 + 40.04 + 16.9\gamma)^2 + (-95 + 40.04 + 20\gamma)^2 + (-105 + 40.04 + 23\gamma)^2 + (-135 + 40.04 + 26\gamma)^2 = 1990.6\gamma^2 - 11805.32\gamma + 18103$$

$$\frac{dF(\gamma)}{d\gamma} = 3981.2\gamma - 11805.32 = 0 \rightarrow \gamma = 2.96$$

נחשב את ה *receive power* עם הנתונים שחישבנו:

$$P_r[dBm] = P_t[dBm] + K[dB] - 10\gamma\log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) = -40.04 - 10 * 2.96\log_{10} 150 = -104.45\ dBm$$

2. נחפש תחת אילו תנאים ה *simplified model* מתלכד עם ה *free space model*:

$$P_{r_{free\ space}}[dB] = P_{r_{simplified\ model}}[dB]$$

$$\rightarrow P_t[dB] + K[dB] - 10\gamma\log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) = P_t[dB] + 10\log_{10}\frac{G_l\lambda^2}{(4\pi d)^2} \rightarrow$$

$$10\log_{10}\left(\frac{\lambda}{4\pi d_0}\right)^2 - 10\gamma\log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) = -10\log_{10}\frac{G_l\lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

נדרוש: $\gamma = 0 \quad G_l = 1 \quad d = d_0$

3. נתון

$$p_n = -160[dBm], \quad d_0 = 1\ [m], \quad \gamma = 4, \quad P_t = 10\ [mW], \quad SNR = 20\ [dB],$$
$$K = 20\log_{10}\frac{\lambda}{4\pi d_0}, \quad f = 800\ [Mhz]$$

בדומה למקודם: $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3}{8}$,

נחשב את K : $K = 20\log_{10}\frac{\lambda}{4\pi d_0} \rightarrow K = -30.50\ [dB]$

מכיוון שידוע לנו הSNR נוכל לחשב את P_r

$$P_r - P_n = SNR \quad \rightarrow \quad P_r = -140\ [dB]$$

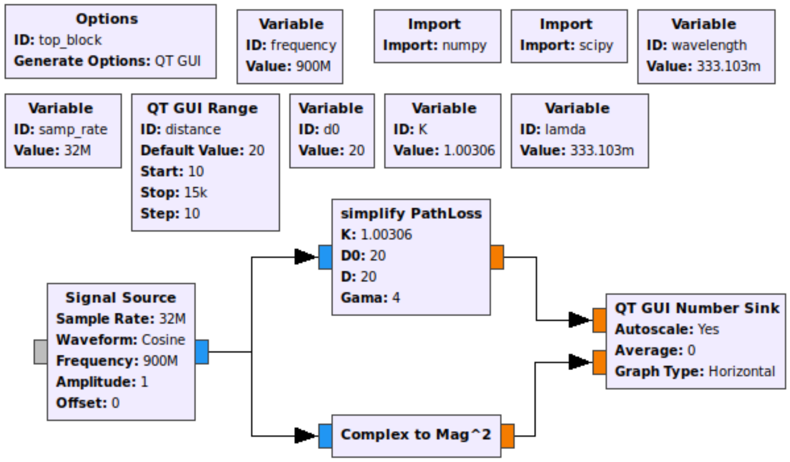
נציב בנוסחה של המודל הנתון:

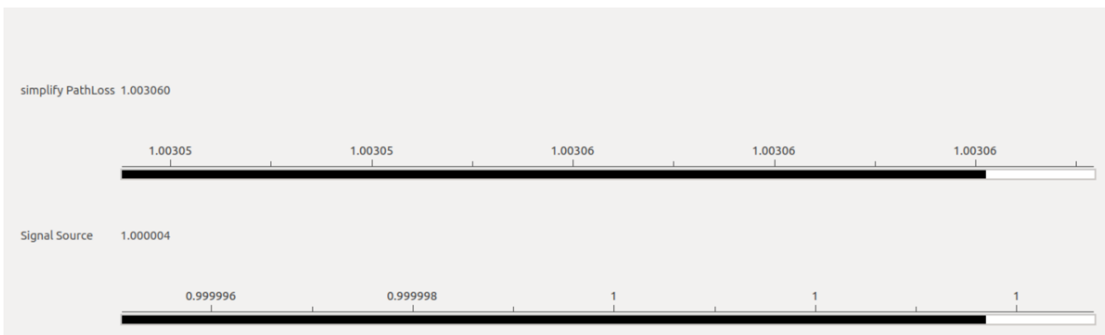
$$P_r[dBm] = P_t[dBm] + K[dB] - 10\gamma\log_{10}\left[\frac{d}{d_0}\right]$$

$$-140 = 10 - 30.50 - 10 * 4 * \log_{10}[d]$$

$$\frac{119.5}{40} = 40 * \log_{10}[d] \rightarrow \boldsymbol{d = 971.627\ [m]}$$

The Embedded Python Block





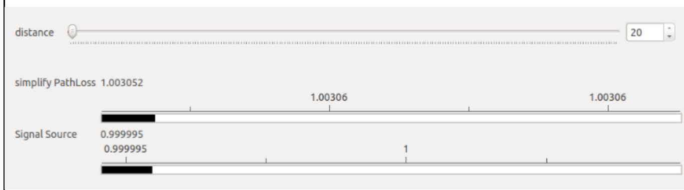
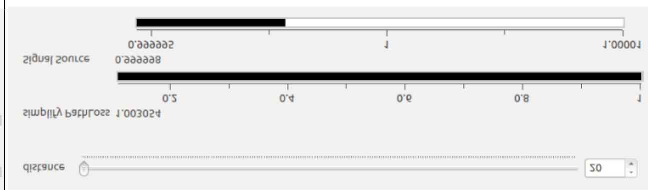
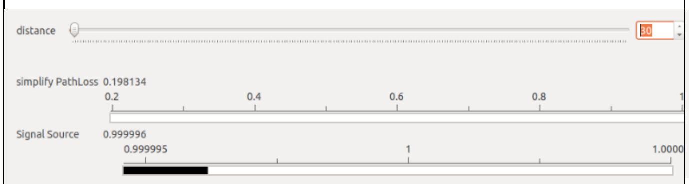
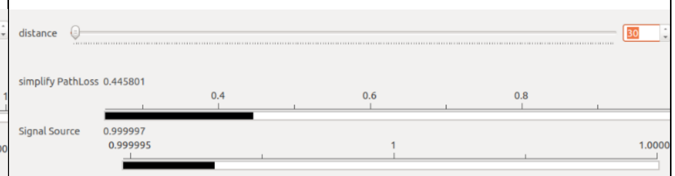
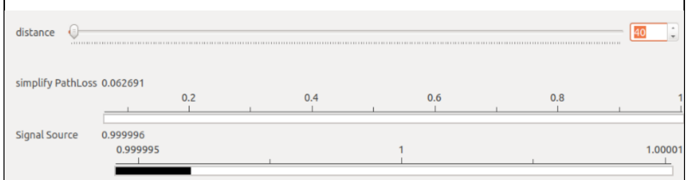
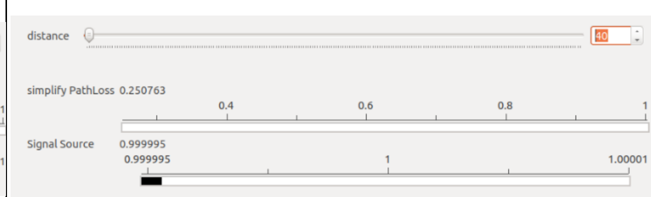
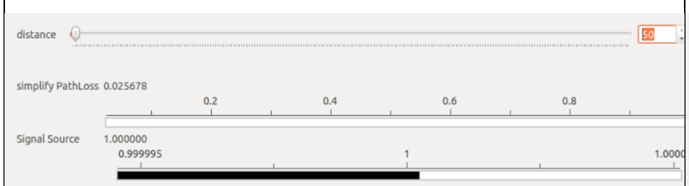
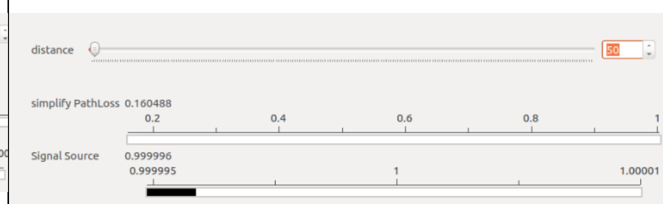
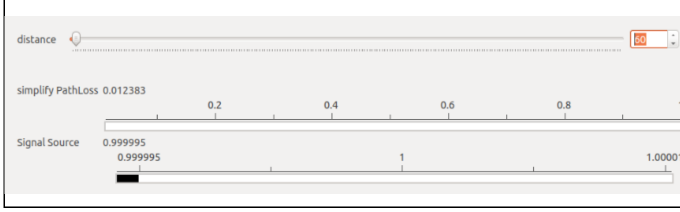
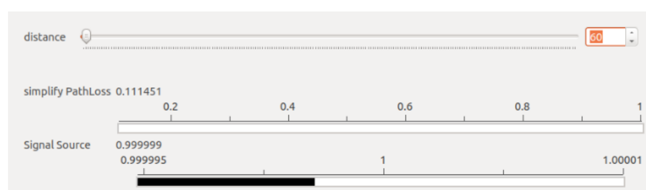
4. האמפליטודה של אות הקוסינוס המקורי היא ב volt(מתח) ע"מ לעבוד ביחידות הספק נצטרך להמיר לwatt ע"י העלאת האמפליטודה בריבוע $E = V^2$
5. d_0 הוא מרחק רפרנס, שהחל ממרחק זה נוכל להתשמש בנוסחה של simplify pathloss, במרחק קטן מזה תהיה לנו יותר אי וודאות.
6. גמא הוא האקספוננט של הנוסחה, ככל שגמא תעלה האות ידעך מהר יותר כפונקציה של המרחק.
7. עבור $\gamma = 4$

מרחק	**60**	**50**	**40**	**30**	**20**
סימולציה	0.0123	0.0256	0.062	0.198	1
חישוב ידני	0.0123	0.0256	0.062	0.1981	1.003

8. עבור $\gamma = 2$

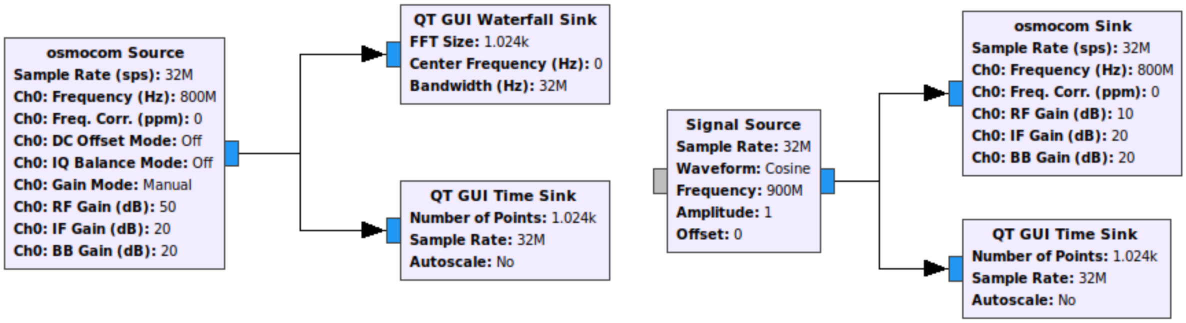
מרחק	**60**	**50**	**40**	**30**	**20**
סימולציה	0.111	0.160	0.250	0.445	1.003
חישוב ידני	0.111	0.160	0.250	0.445	1.003

נשים לב שקיבלנו במרחקים זהים ירידה באמפליטודה ככל שהאקספוננט גדל. הניחות גדל. (מתאים לנוסחה לפיה האקספוננט הוא על שבר קטן מאחד ולכן יורד).

<table>
<tr><th>$\gamma = 4$</th><th>$\gamma = 2$</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

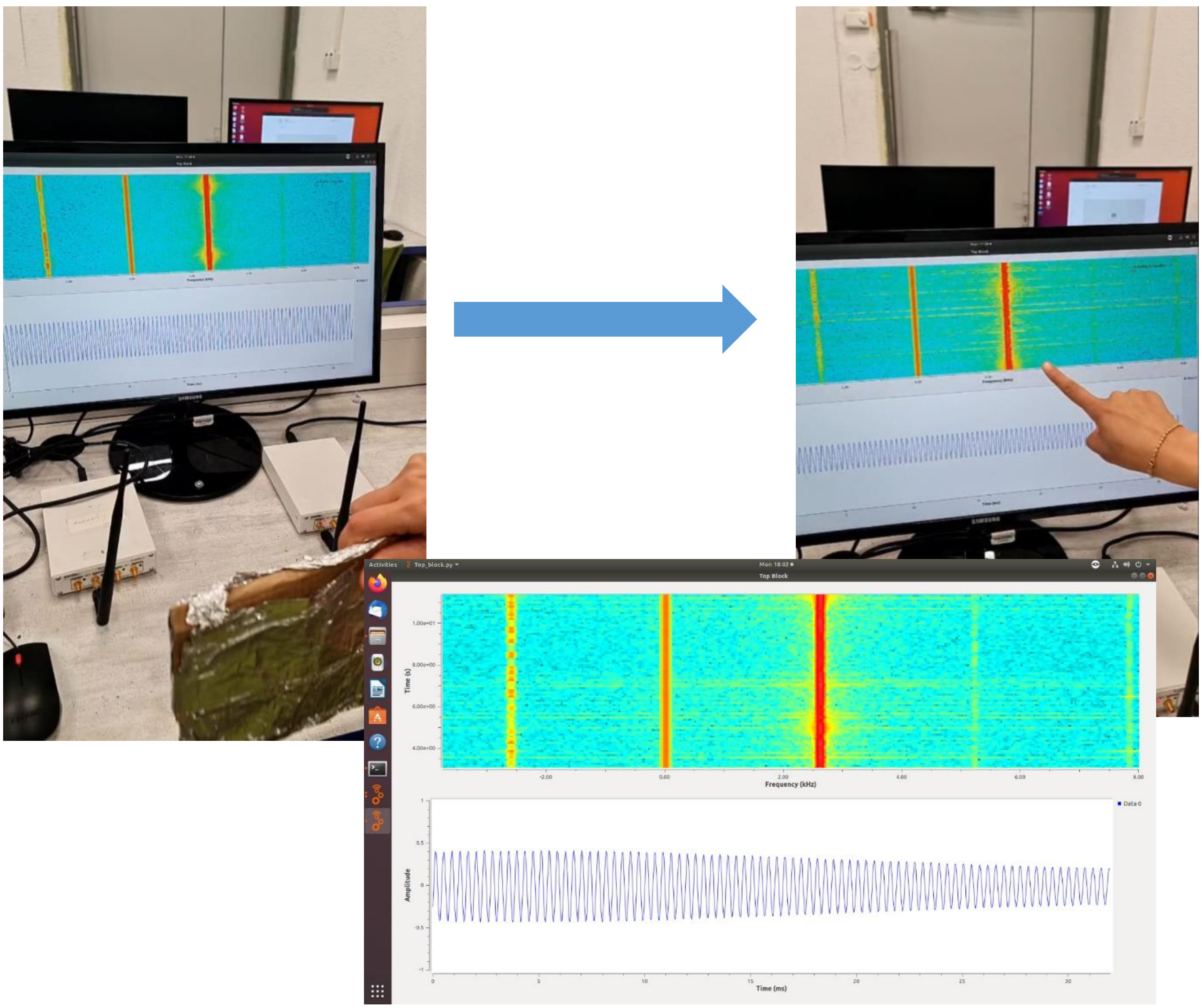
Part 2 – Doppler Simulation- Practical experiment

9. שלחנו אות קוסינוס מהמשדר, וקלטנו אותו במקלט.



בעזרת לוח מתכת (נפנף) ששובר את הקרניים בין המקלט למשדר אך מבלי לחסום את ה LOS.

בעקבות כך קיבלנו שינוי בספקטוגרמה למשך זמן מסוים ואז האות חזר לצורתו המקורית.



10. ראשית ע"מ למצוא את המהירות נשתמש בנוסחאות של אפקט דופלר מההרצאה:
נשלח קרן בתדר f שתפגע באובייקט ותחזור אלינו בחזרה. נמדוד את התדר של הקרן החוזרת f_{total}
ונמצא את f_d לפי נוסחה: $f_{total} = f + f_d$
ואת המהירות נמצא לפי: $f_d = v\frac{cos\theta}{\lambda}$

עבור המרחק נשתמש בנוסחה $x = vt$ כאשר t זה הזמן שנמדוד מרגע שידור הקרן עד לקבלת הקרן החוזרת. v נגדיר להיות בקירוב מהירות האור. נקבל שהמרחק d הוא:
$$2d = vt \;\rightarrow\; d = \frac{vt}{2}$$

11. ראשית נבחר תדר קבוע ידוע מראש, ע"מ שנוכל לחשב את f_d, בנוסף מכיוון שאנו מקבלים בחזרה תדר המורכב מ $f + f_d$ נצטרך לבחור בחכמה את התדר כך שהמקלט יוכל לקלוט את התדר החוזר.

12. נדאג לשלוח את האות בעוצמה מספיק גבוהה, משום שכשאר האות עובר מרחק גדול הוא עובר ניחות- עוצמתו יורדת, ולכן ע"מ שנוכל לקלוט אותו היטב נצטרך לשאוג לעוצמה מספיקה בשליחה.

Theoretical Questions

13.

a) נחפש את המרחק בו לא נוכל לזהות את המטוס. נגדיר מרחק זה כאשר התדר $f_d > 500Hz$ ע"מ שנחרוג מטווח התדרים שיכולה התחנה לגלות.
גובה המטוס ביחס לקצה תחנת השידור $height_{plan} - height_{tower} = 3000m$
הזווית בין המטוס למגדל ביחס לקרקע:
$$f_d = v\frac{cos\theta}{\lambda} > 500 \;\rightarrow\; \frac{\lambda 500}{v} < cos\theta \;\rightarrow \frac{c}{fv}500 < cos\theta \;\rightarrow$$
$$\frac{3*10^8*3.6}{978*10^6*700}500 < cos\theta \;\rightarrow\; 0.778 < cos\theta \;\rightarrow\; \theta > 37.91°$$
משיקולי גאומטריה נחשב את המרחק במשולש שנוצר:
(המרחק מהמטוס לקצה המגדול בקו ישיר)
$$d = \frac{height_{plan} - height_{tower}}{sin\theta} > 4882.63\,m$$

b) לפי הנוסחה $f_d = v\frac{cos\theta}{\lambda}$ ניתן להבחין שכשאר הזווית תהיה 90 מעלות נקבל ש f_d מתאפס.

לכן נבחר מסלול שיחוג מעל קצה האנטנה בזווית קרובה מאוד ל90, וכן נקבל תדר דופלר אפסי.

14. נשתמש בנוסחה לחישוב אפקט דופלר:
נתונים: $c = 3*10^8\frac{m}{s}$ $\quad f = 5GHz = 5*10^9Hz$ $\quad v = 140\frac{km}{h} = 38.88\frac{m}{s}$
נחפש את הזווית θ :
$$tan\theta = \frac{50}{283.55} \rightarrow \theta = 10°$$
נציב את כל הנתונים ונקבל:
$$f_d = v\frac{cos\theta}{\lambda} = \frac{vf}{c}cos\theta = 38.88*5*\frac{10^9\cos(10)}{3*10^8} = 638.154\;\; Hz$$