

המחלקה להנדסת תוכנה

פרויקט גמר –

כלי מעבדה חדשים לסימולציה של הפרעות בתקשורת

New Lab tools for Communication

Interference Simulation

מאת

אביה בוסקילה

הודיה דהרי

מנחה אקדמי: דר' גיא לשם

רכז הפרויקטים: דר' אסף שפנייר

אישור:

אישור:

תאריך:

תאריך:

תוכן עניינים

3	מערכות ניהול הפרויקט:	3
3	מילון מונחים, סימנים וקיצורים:	3
4	1. מבוא	4
4	2. תיאור הבעיה	4
5	דרישות ואפיון הבעיה	5
5	הבעיה מבחינת הנדסת תוכנה	5
5	3. תיאור הפתרון	5
7	מהי המערכת	7
7	תהליכים ונתוני המערכת	7
7	תיאור הכלים המשמשים לפתרון	7
8	4. תכנית בדיקות	8
9	5. סקירת עבודות דומות בספרות והשוואה	9
10	6. סיכום \ מסקנות	10
10	מסקנות ביניים:	10
10	7. נספחים	10
10	א. רשימת ספרות \ ביבליוגרפיה	10
10	ב. תרשימים וטבלאות	10
12	ג. תכנון הפרויקט	12
12	ד. טבלת סיכונים	12
13	ה. רשימת טבלת דרישות	13

#	מערכת	מיקום
1	מאגר קוד	https://github.com/Aviya-B/Final-Project
2	יומן	https://github.com/Aviya-B/Final-Project/wiki/Project-Diary
3	סרטון גיסרת אלפא	

מילון מונחים, סימנים וקיצורים

מגבר-הוא כל מתקן העושה שימוש בכמות קטנה של אנרגיה לשליטה על מקור אנרגיה גדול יותר

תוכנת מטלאב- היא שפה דור רביעי בתחום המתמטי פנימי, הכוללת שפת תכנות, ומיוצרת על ידי חברת MathWorks. התוכנה מאפשרת טיפול קל ונוח במטריצות, שימוש בפונקציות ובנתונים, מימוש אלגוריתמים על נתונים, יצירת ממשקי משתמש ויצירת קשר עם תוכנות הכתובות בשפות אחרות.

הפרעה - היא כל דבר אשר משנה, או משבש את האות כפי שהוא עובר לאורך ערוץ בין מקור לבין מקלט.

סימולציית מטלאב- בדיקת כלי שפותח ולמידה על התנהגותו באמצעות תוכנת Matlab

אות - הגודל הפיזיקלי המעביר את המידע.

נקודת גישה - התקן אלקטרוני ממוחשב המבצע את התקשורת האלחוטית בין המחשבים השונים כדי ליצור רשת אלחוטית.

OFDM- שיטה לקידוד מידע ספרתי בתחום תדרים, המחולק בצפיפות למספר תדרים בדידים רב. השיטה נפוצה בתקשורת דיגיטלית על פס רחב, ומשמשת בתחומים כמו טלוויזיה, שידור שמע, גישה לאינטרנט, תקשורת נתונים מעל רשת החשמל, וכן תקשורת סלולרית בדור הרביעי.

1. מבוא

ככלל בעולם שלנו גדל השימוש בטכנולוגיה ואנו עוברים במהירות לסביבת רשת אלחוטית. עם צמיחה זו באים גם סיבוכים ואתגרים שיש להתגבר עליהם, למשל הפרעות רשת אלחוטית (פגיעה של עוצמת האות), אשר קורה במקרים רבים. כדי להבין מה מעכב רשת אלחוטית, עלינו להבין כיצד היא פועלת?

אות אלחוטי שנוצר על ידי נקודת גישה (access point) ומוקרן על פני הספקטרום האלחוטי, שהוא רצף של גלים אלקטרומגנטיים. בסביבת בית (או משרד), עצמים נפוצים רבים עלולים לגרום להפרעה לאותות האלקטרומגנטיים שמקורם בנקודת הגישה. עצמים אלה כוללים בין היתר: מיקרואלים הפועלים בטווח של 10 מטרים מנקודת גישה ויכולים בדרך כלל לגרום לביצועים האלחוטיים לרדת. בנוסף גם טלפונים אלחוטיים, סלולריים, מצלמות הדיגיטליות, צגי התינוק, מכשירי הקשר או התקן אחר הפועל ברוחב פס של 2.4 או 5 GHz, עלולים לגרום להפרעות כאשר הם נמצאים בשימוש. לבסוף, חפצים מתכתיים גדולים, כגון חפצים או חפצים דקורטיביים, צריכים להישמר מחוץ לקו הראייה בין נקודת הגישה והתקני הקבלה האלחוטיים, מכיוון שאובייקטים ממתכת יכולים לפזר או להפריד את האות האלחוטי. קיים מגוון של גורמים להפרעות תקשורת:

(1) לסוג החומרים המשמשים בבנייה יכולה להיות השפעה חיובית או שלילית על הרשת האלחוטית עבור אותו בניין.

(2) מכשירים אלקטרוניים גורמים לסוג נוסף של הפרעות בתקשורת. ישנם מספר מקורות של הפרעות אשר עשויים להופיע גם בבית או במשרד ואלה כוללים לדוגמה סוגים מסוימים של צגי LCD, אשר פולטים הפרעות הרמוניות ברוחב פס של 2.4 GHz, אשר פועל בין ערוצים 11 ל-14 (הפרעה כזאת גרוע ביותר אם נשתמש במחשב נייד עם מכסה סגור), אלמנטים פנימיים מסוימים (של מחשב נייד או טלפון חכם) כגון GPS, וגם הליניאריות של הגל יכול לעכב את הביצועים של רשת אלחוטית גם כן.

אנו נתמקד בהפרעות בתקשורת נתונים בטכנולוגיית Wi-Fi. נסמלץ הפרעה בתקשורת נתונים שנגרמת כתוצאה מחומר מסוים - מתכת, כיוון שההפרעה הפוטנציאלית שלו היא מאוד גבוהה. (מתכת משבשת קליטת נתונים כמו Wi-Fi וכתוצאה מכך נגרמות הפרעות בתקשורת). נראה כיצד המערכת מתפקדת ואיך ניתן להתגבר על ההפרעה.

2. תיאור הבעיה

לכל מקמ"ש (מקלט/משדר) הנמצא בהתקן נייד יש מגבר כוח או מגבר אות גבוה (power amplifier) עם תדרים כמעט ליניאריים. במהלך עבודתו של מגבר כוח רגיל, ישנם מצבים היוצרים הרמוניות לא רצויות (עיוותים), חלק מהרמוניות הללו יכולות להתפשט לתת-מערכת אחרת (Bluetooth, Wi-Fi, GPS ...) ולגרום להפרעות בתקשורת. כמו שנאמר בפרק הקודם, לסוג החומר ישנה השפעה על הרשת האלחוטית, כמו גם לאלמנטים פנימיים מסוימים במכשירים אלקטרוניים כמו למשל GPS, הליניאריות של הגל יכולה גם כן לעכב את הביצועים של הרשת האלחוטית

דרישות ואפיון הבעיה

נסמלץ הפרעה בתקשורת נתונים שנגרמת כתוצאה מחומר מסוים - מתכת, כיוון שההפרעה הפוטנציאלית שלו היא מאוד גבוהה. (מתכת משבשת קליטת נתונים כמו WI-FI וכתוצאה מכך נגרמות הפרעות בתקשורת). נראה כיצד המערכת מתפקדת ואיך ניתן להתגבר על ההפרעה.

דרישות מהכלים המפותחים מנקודת מבטו של המשתמש:

- הכלים צריכים להיות נוחים וקלים לשימוש
- הכלים צריכים להיות בעלות לא גבוהה מידי על מנת לגרום להיקף שימוש נרחב בהם.
- הכלי המפותח צריך להיות בעל כוח עיבוד מספיק כדי לעבד את הנתונים המוזרמים אליו מהמשתמש
- הכלי המפותח צריך להיות אמין לטווח ארוך
- הכלים חייבים להיות מסוגלים לרוץ על מערכות הפעלה שונות
- הכלי צריך להיות ניתן להרחבה כך שניתן יהיה לסמלץ עליו גם הפרעות הנגרמות מסוג חומר שונה.

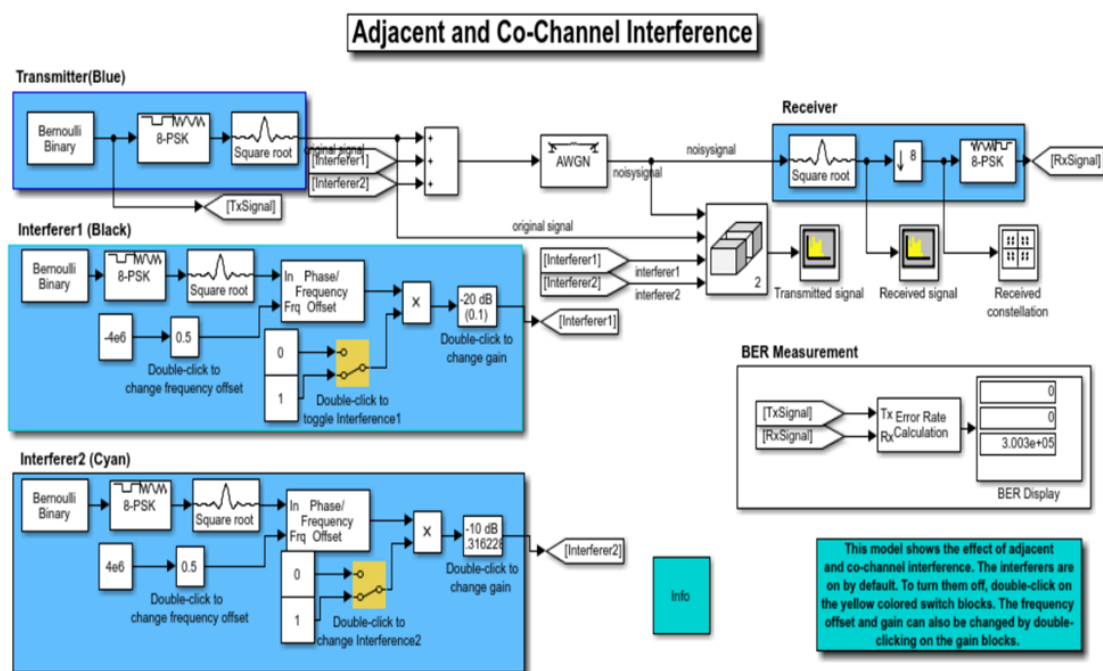
הבעיה מבחינת הנדסת תוכנה

ראשית נצטרך ללמוד אודות הפרעות שונות במכשירים אלקטרוניים על מנת להבין איך המערכת פועלת ואת ההפרעות השונות.
בפרויקט זה נפתח כלים המדמים הפרעות בתקשורת הנגרמות כתוצאה ממתכת במימוש שפת MATLAB.
העבודה גם תדרוש מאתנו לימוד שפת מטלאב, הכלים שהיא מספקת ואיתם נעבוד.
ולימוד של סימולציות מטלאב שונות.

3. תיאור הפתרון

על מנת לגלות דרכים חדשות להתגבר על הפרעות בתקשורת, אנו מפתחים כלים חדשים המסוגלים לכמת ולהעריך הפרעות בתקשורת.
פיתוח התקנים חדשים (למשל נתבים) המבוססים על כלים אלה והפרעות התקשורת השונות יובאו בחשבון.
בפרויקט זה נעבוד על מודל סימולציה חדש עבור הפרעות תקשורת שנגרמו על ידי חומרים מתכתיים. דוגמא למודל שמשמעותו הפרעות בתקשורת הוא: "מודל הפרעות צמודות וערוץ

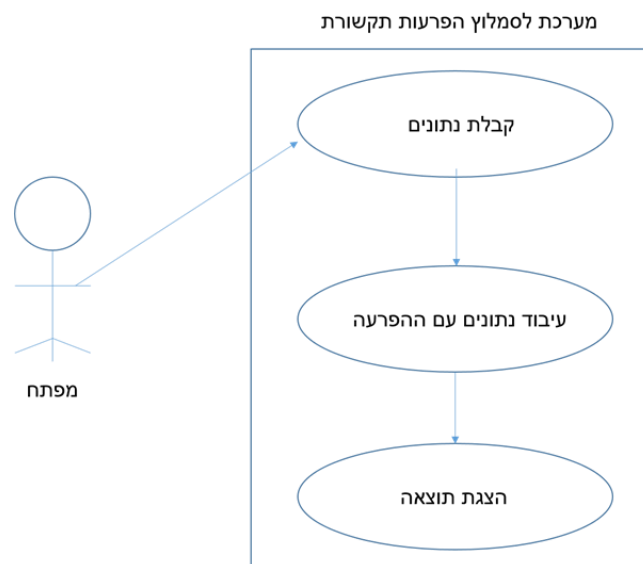
משותף" ב MATLAB - המראה את ההשפעות של הפרעות סמוכות וערוכות על אות PSK מאופנן.



נשנה את מודל זה כך שיתאים לדרישה שלנו, נרצה שיפעל על OFDM ולא על אות PSK ונריץ את המערכת יחד עם ההפרעה.

מהי המערכת

תרשים ה Use Case הבא מתאר את ארכיטקטורת המערכת ממבט כללי, מהם הפעולות שהמערכת תבצע ומיהם שחקני המערכת.



תהליכים ונתוני המערכת

המערכת תהיה מורכבת מ-3 תהליכים עיקריים:

1. המפתח יזין נתונים למערכת הסימולציה של מטלאב. הנתונים יכללו למשל תקשורת נתונים כלשהי בטכנולוגיית Wi-Fi יחד עם הפרעה מסוימת הנגרמת כתוצאה מחומר מסוים, למשל מהחומר שממנו עשוי המכשיר האלקטרוני שהוא במקרה שלנו- מתכת.
 2. המערכת תקבל את הנתונים שהוזנו יחד עם ההפרעה ותעבד אותם.
 3. המערכת תציג את תוצאת הסימולציה. ז"א – בניסיון להעביר נתונים כלשהם/ליצור תקשורת מסוימת של נתונים- מה מאותם נתונים הועבר בשלמות/הועבר בצורה חלקית או משובשת או לא הועבר כלל
- לאחר התהליך הנ"ל המפתח יראה כיצד השפיע החומר המסוים על תקשורת הנתונים ומה ניתן לעשות על מנת לייעל את התקשורת ולגרום להפרעה קטנה יותר או להתגבר לגמרי על ההפרעה שנוסחה.

תיאור הכלים המשמשים לפתרון

בפרויקט נשתמש בתוכנת מטלאב ובמערכת הסימולציה שהיא מספקת- Simulink.

נשתמש בסימולציות מטלאב מוכרת וידועות מראש, נשתמש בכלי של חקר ביצועים שמטלאב מספקת. ונצל את העובדה שמטלאב יכולה לתקשר עם אמצעים אלקטרוניים ממוחשבים.

נשתמש במשדרים ובמקלטים. המשדרים ייצרו אותות אלקטרומגנטיים בעלי מאפיינים מוגדרים מראש שיכילו נתונים יחד עם הפרעות והמקלטים יפענחו את האותות ששודרו מהמשדר ויחלצו את המידע שמעוניינים להעביר.

למקלטים ולמשדרים נוסף רכיבים שישפרו ביצועים או שיגרמו למערכת להתנהג אחרת וכך נחקור את השפעת ההפרעה על המערכת.

נשתמש ברכיבים שונים ביניהם נתבים שנוסף למערכת על מנת לסמלץ מערכות שונות עם הפרעות שונות בתקשורת נתונים, בין היתר ב נשתמש ב OFDM.

4. תכנית בדיקות

בדיקות מקיפות של כל פונקציות המערכת ע"מ לוודא נכונות, מקרי קצה, מקרים חריגים וכו'.

בדיקות פונקציונליות:

- רלוונטיות המידע המתקבל
- האם המידע משודר למערכת באופן תקין

בדיקות מערכת:

- אינטגרציה נכונה של כל השלבים במערכת
- האם המערכת מתפקדת בזמן אמת
- האם המערכת אינה קורסת כשיש עומס של מידע

בדיקות תאימות:

סנכרון בין המערכת למכשיר אלקטרוני מחובר

בדיקות תחזוקה (Maintainability):

- האם ניתן לעדכן או לתקן את הכלים המפותחים לאחר הוצאתם לאור
- האם הקוד כתוב בצורה פשוטה, ברורה ומתועדת.

ניתוח תוצאות:

בדיקות מקיפות וניתוח תוצאות הניסוי האם המידע אכן התקבל במערכת ונשלח ליעד בצורה מדויקת ושלימה או שהגיע חסר

5. סקירת עבודות דומות בספרות והשוואה

Wi-Fi היא טכנולוגיה המאפשרת למכשירים אלקטרוניים להעביר נתונים באופן אלחוטי באמצעות גלי מיקרו שהם חלק מספקטרום הקרינה האלקטרומגנטית. ארגון ה-Wi-Fi קבע שהוא מתייחס לכל רשת אלחוטית במרחב המקומי (Wireless LAN), אך לרוב מבוססות רשתות אלה על תקני IEEE 802.11 ו-Wi-Fi מהווה שם נרדף להן. תקני 802.11 מאפשרים פריסת רשת תקשורת שבה משודרות חבילות נתוני IP בין הצרכנים השונים, למרחקים של כמה עשרות מטרים. טעות נפוצה היא שמקור השם Wi-Fi הוא בקיצור הביטוי Wireless Fidelity, על משקל הכינוי Hi-Fi שניתן בעבר למערכות סטריאו. רשת Wi-Fi פועלת באחד משני מצבים:

רשת תשתית - (Infrastructure) מצב בו הרשת מנוהלת על ידי נקודת גישה אחת או יותר. נקודת הגישה בדרך כלל משולבת בנתב ואחראית על התקשורת במרחב. כל התחנות משדרות לנקודת הגישה ורק אליה והיא מנתבת את החבילות כנדרש. רשת אד-הוק - (Ad-Hoc) מצב המתאר רשת בלתי מנוהלת שבה כל הצרכנים (מחשבים, מכשירים סלולריים התומכים בפרוטוקול וכן הלאה) מתקשרים בינם לבין עצמם ללא תשתית מאורגנת. כל אחת מהתחנות עשויה לשדר באותו זמן, אך היות שכולן מממשות את הפרוטוקול, על פי רוב נמנעות הפרעות הדדיות. יתרונה הגדול של רשת Wi-Fi הוא בפשטות חיבור הצידוד (אין צורך בפריסת כבלים והגדרות פרוטוקול מורכבות במחשב) ובמחירו הזול. מחשבים ניידים רבים נמכרים כשהם מכילים כרטיסי Wi-Fi כך שניתן לחבר אותם בקלות לרשתות אלחוטיות.

מנקודת מבט של תשתית הרשת, רשתות שונות שייכות לשכבות שונות (למשל, שכבת הפצה, שכבה סלולרית, שכבת נקודה חמה, שכבת רשת אישית ושכבה קבועה / חוטית) המספקים רמות שונות של כיסוי וקישוריות למשתמשים. מכיון שכיסוי של רשת מסוימת אינו זמין בכל מקום, ומכיון שרשתות שונות עשויות להיות מותאמות לשירותים שונים, רצוי שמכשירי משתמש יתמכו במספר רשתות גישה רדיו באותה פלטפורמת התקן. ככל שהביקוש לתקשורת אלחוטית ממשיך לגדול, התקני תקשורת אלחוטית כגון טלפונים סלולריים, מחשבי כף יד, מכשירי כף יד חכמים, מחשבים נישאים, מחשבי לוח וכו', נמצאים יותר ויותר עם מקלטי רדיו מרובים.

בשל רגולציה של ספקטרום, טכנולוגיות שונות עשויות לפעול בספקטרום רדיו חופף או צמוד. לדוגמה, מצב LTE / LTE-A TDD פועל לעתים קרובות במהירות של 2.3-2.4 GHz, Wi-Fi פועל לעתים קרובות במהירות של 2.400-2.483.5 GHz, ובדרך כלל פועל BT במהירות של 2.402-2.480 GHz. פעולה סימולטנית של מספר רב של מכשירי רדיו הממוקמים באותו מכשיר פיזי, לפיכך, עלולה לסבול השפלה משמעותית,

כולל הפרעה דו-משמעותית משמעותית ביניהם בגלל ספקטרום הרדיו החופף או הסמוך. בשל הקרבה הפיזית ודליפת הספק של הרדיו, כאשר שידור נתונים עבור מקלט רדיו ראשון חופף עם קליטת נתונים עבור מקלט רדיו נוסף בתחום הזמן, קליטת רדיו המשדר השני עלולה להיפגע, עקב הפרעה ממעבר המשדר הראשון של הרדיו. כמו כן, שידור נתונים של מקלט הרדיו השני יכול להפריע לקליטת נתונים של מקלט הרדיו הראשון.

6. סיכום \ מסקנות

מסקנות ביניים:

1. פרויקט מחקרי דורש המון זמן לחקירת המוצר והמשאבים לפני שמתחילים לכתוב קוד ולפתח.
2. עבודה מסודרת ותיעוד משבחים את העבודה וממהרים את קצב העבודה.

7. נספחים

א. רשימת ספרות \ ביבליוגרפיה

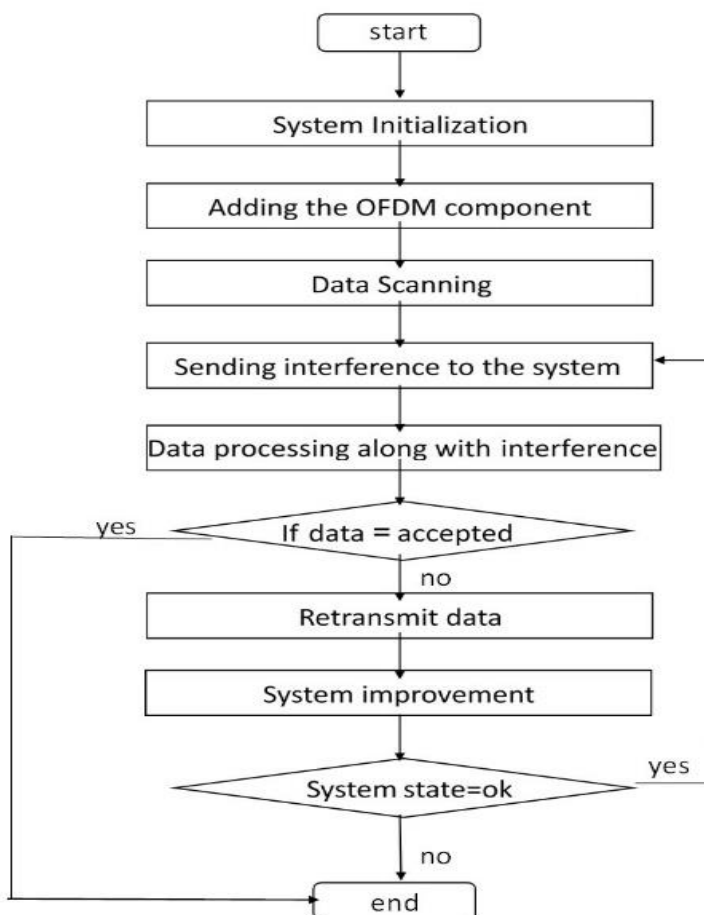
- * Zheng, Y., Yang, Z., Yin, J., Wu, C., Qian, K., Xiao, F. and Liu, Y., 2018, July. Combating Cross-Technology Interference for Robust Wireless Sensing with COTS WiFi. In 2018 27th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN) (pp. 1-9). IEEE.
- * Yun, S. and Qiu, L., 2015, April. Supporting WiFi and LTE co-existence. In Computer Communications (INFOCOM), 2015 IEEE Conference on (pp. 810-818). IEEE.
- * Tariq, M., Anjum, M.R. and Amjad, M., 2018. Design of Simulation System for LTE-U Using 5 GHz Band in MATLAB. Wireless Personal Communications, 100(4), pp.1661-1676.
- * Fu, I.K. and Plumb, W., MediaTek Inc, 2016. Method of in-device interference mitigation for cellular, bluetooth, WiFi, and satellite systems coexistence. U.S. Patent 9,246,603.

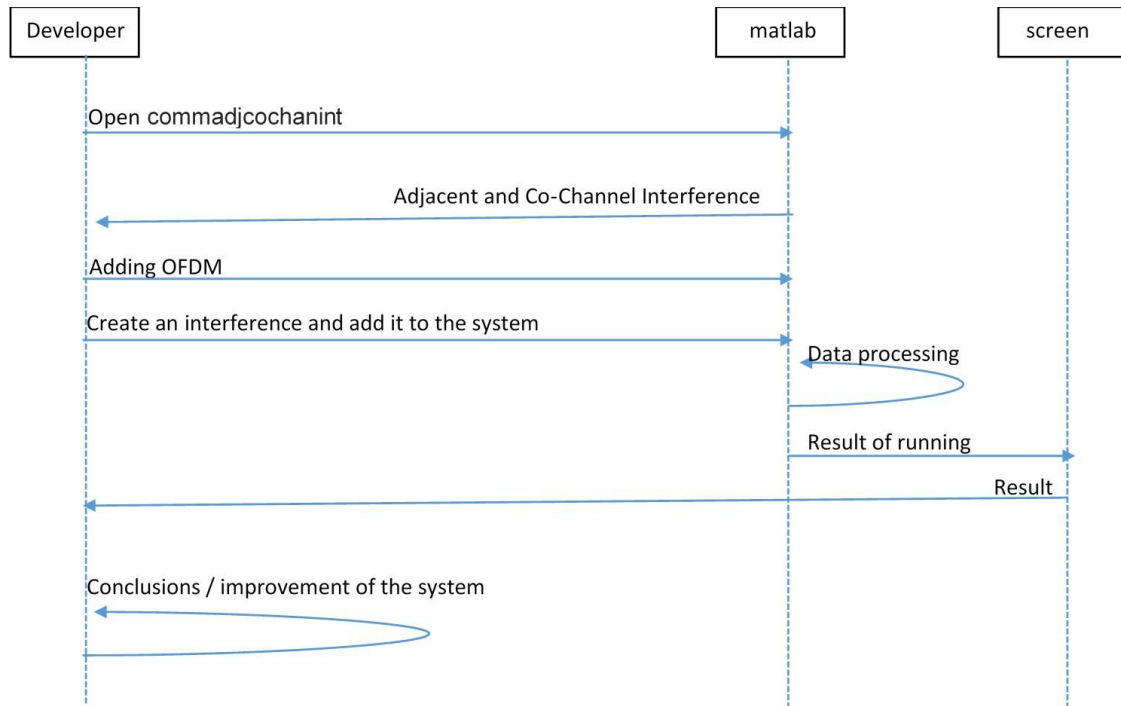
ב. תרשימים וטבלאות

מסכים (אם לא למעלה)

תרשימי תיכון כגון דיאגרמת רכיבים \ הפצה (UML), דיאגרמת ישויות

טבלאות במסד נתונים





ג. תכנון הפרויקט

01.12.18	איסוף מידע נדרש: התקנת מטלוב על המחשב האישי ולמידה של סביבת העבודה, למידת סימולציות מטלוב שונות שיכולות לעזור לנו בפיתוח שלנו ולמידה וחקר של הפרעות בתקשורת נתונים במכשירים אלקטרוניים
01.02.19	יישום: שלב הפיתוח (בשפת מטלוב) סימולציות של הפרעות WIFI ע"י מערכת הסימולציה של מטלוב.
01.05.19	בדיקות: התחלת שלב הבדיקות

ד. טבלת סיכונים

#	הסיכון	חומרה	מענה אפשרי
1	בניית מערכת שלא תואמת כלל את הדרישות	נמוכה	מעקב שבועי עם מנחה הפרויקט על ההתקדמות בפרויקט. לערב ככל הניתן



2	פיתוח אלגוריתם עם סיבוכיות מידי גבוהה כדי להגיע לאלגוריתם חכם וכולל	גבוהה	להיצמד לדרישות תוך חשיבה על יעילות לכל אורך הפיתוח
3	שפת תכנות לא מוכרת (MATLAB)	גבוהה	למידה עצמית
4	אי דיוק במערכת הסימולציה שנבנתה	בינוני	בניית תכנית מדויקת

ה. רשימת טבלת דרישות

טבלת דרישות (User Requirement Document)

מס' דרישה	תיאור
1	כלי נוח וקל לשימוש
2	כלים אמנים לטווח ארוך
3	עלות סבירה של הכלים המפותחים
4	יכולת ריצה על מערכות הפעלה שונות