

פרויקט RF- חם-קר מערכות מחשוב מתקדמות סתיו 2017

במסמך:

- קדימון
- צורך
- פיתרון מוצע
- תיאור הקוד
- סיכום

קדימון

במסגרת הקורס "מערכות מחשוב מתקדמות" ניתנה לנו כמשימה מסכמת, לחשוב ולממש פרויקט בעל צורך קיים אשר ניתן לפתור באמצעות הכלים אשר נלמדו במהלך הקורס.

החומרה אשר למדנו עליה הינה כרטיס "simpleLink Dual-Band CC1350-4" של חברת Texas Instrument.

כרטיס זה בעל יכולות רבות ומגוונות, בין היתר מכיל יכולות שידור RF, BLE ועוד.

קיים תיעוד מינימלי ותמיכה אינטרנטית מסוימת אך בעידן האינטרנט והopen-source מדובר בתיעוד ותמיכה חלקיים ביותר, שלא כמו בפרויקטים רבים אחרים אשר עובדים על גבי מערכות הפעלה יותר נפוצות כגון אנדרואיד או linux.

צורך

הפיתרון שלנו בא לענות על צורך בסיסי של מציאת אנשים (אך יכול בקלות להיות מותאם למציאת חפצים שונים). הפער שהצורך שלנו בא לפתור הוא במקומות בהם אין קליטה סלולרית או שאחד מבני האדם לא מחזיק במכשיר סלולרי ולכן אין דרך להשיג ולאכן אותו.

זה יכול להיות ילד שנאבד להורה במקום כמו לונה פארק או הופעה בפארק וזה יכול להיות במקום כמו סופרמרקט.

המחשת הבעיה:



פתרון מוצע

באמצעות rfa driver של כרטיס TI-RTOS ניתן למקם משדר על גבו של האוביקט אשר רוצים להיות מסוגלים לאכן אותו כך שבהינתן פתיחת המקלט, נוכל ע"ב עצמת הסיגנל המתקבל, לדעת האם אנחנו מתקרבים ליעד או מתרחקים ממנו.

המחשת הפיתרון:



תיאור הקוד

שלבי בניית הקוד:

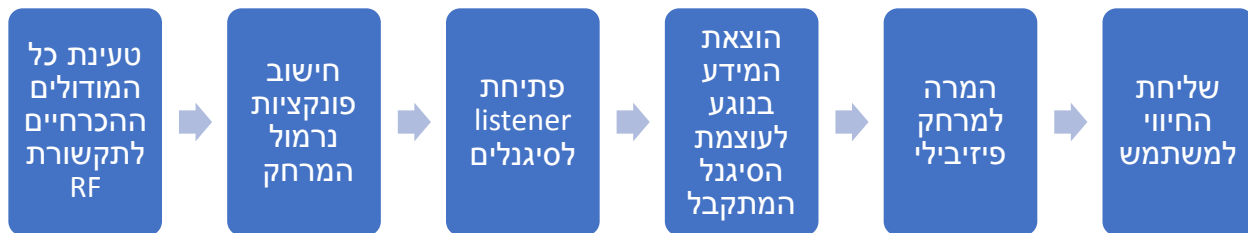
ראשית נצטרך ללמוד להשתמש בRF driver של TI-RTOS, לשם כך השתמשנו בtutorials¹ קיימים של המכשיר ולמדנו את הכלים והAPI הניתנים לשימוש כדי שנוכל לייצר יחסי מקלט-משדר בין 2 לוחות.

לאחר מכן, נלמד כיצד לעבוד עם החומרה שעל הלוח – ז"א עבודה אל מול הכפתורים (לטובת בדיקות עצמאיות של הקוד) כמו גם עם הleds שעל הלוח. יש לציין כי במהלך הקורס, יצא לנו לעבוד עם הכפתורים והleds של הלוח באופן בסיסי בפרויקטים לדוגמה של pininterrupti pwmlcd ולכן הדבר לא היה זר לנו לגמרי.

לאחר שלמדנו כיצד להפעיל ולתקשר בין הלוחות, נותר לנו לכתוב את הקוד אשר יקלוט את עצמת הסיגנל ובהתאם לעצמת הסיגנל, ישדר חייווי ל"אבא המודאג".

חשוב לציין שהפרויקט הינו POC של הרעיון ולאור מחסור בחומרה השתמשנו אך ורק בחומרה שעל גבי הלוח עצמו. ז"א שלא השתמשנו באנטנות מעבר לאלו אשר נמצאות על הלוח ולכן מרחק הקליטה והאיכות אינם אידאליים, בנוסף, אופן החיווי למשתמש בנוגע למרחק שלו מהיעד מתבצע באמצעות הנורות ולא באמצעות לוח חייווי או סאונד או כל תחליף אחר.

אבני הבניין המרכיבות את המקלט:



המשדר כאמור יחסית מנוון, כאשר כל שעליו לעשות זה לשדר באופן מחזורי אות broadcast אשר המקלט יוכל לקלוט ולנתח.

טעינת המודולים ההכרחיים לתקשורת RF-

- על מנת לשמור על חיי הסוללה, המקלט מתעורר פעם בחצי שניה ומחפש לקבל סיגנל
- על מנת להיות בטוחים שהסיגנל המתקבל הינו איכותי ונכון, אנו משתמשים בפרמטר PQT (במקרה שלנו רצף של 10101010) במילת סנכרון ולבסוף בקוד CRC. מבנה הפקטה הינו:

1

http://dev.ti.com/tirex/content/simplelink_academy_cc13x0sdk_1_12_01_16/modules/prop_01_basic/prop_01_basic.html

http://dev.ti.com/tirex/content/simplelink_cc13x0_sdk_1_00_00_13/docs/proprietary-rf/html/cc13x0/examplesusersguide/index.html

Preamble	Sync Word	Length Byte	Payload	CRC
4 byte	4 byte	1 byte	X bytes	2 bytes

- נגדיר את הפרמטרים שאנו מצפים לקבל מהמסדר.
- מבנה המכיל מידע על הפקטה המתקבלת.
- נגדיר תור לקבלת הפקטות כך שלא נאבד פקטות
- נגדיר handlers לנורות ואת הנורות עצמן.
- הפונקציות אשר אנו משתמשים בהם נתונות ע"י drivern מהדוגמאות של ti-rtos

חישוב פונקציות הנרמול:









- לאחר מספר בדיקות ושימוש במוצר smartRF, גילינו כי עוצמת הסיגנל המתקבלת איננה לינארית ודומה יותר לשינוי לוגריתמי. גילינו כי העצמה בטווח של עד מטר בודד נעה בין עוצמות של 20db- ועד 50db- בעוד שבין 5-6 מטר עוצמת הסיגנל משתנה בכ"כ 5db. בעיית איכות זו מייצרת בעיה מהותית בישומיות הפיתרון שלנו. מאחר ואין לנו כלי קליטה איכותיים יותר (אנטנות) לא יכולנו לבדוק האם נקבל מדידות איכותיות יותר כתוצאה משימוש בהם ובכך להפוך את הפיתרון לישים.
- בהינתן כלי דגימה נדרש לכייל את המרחק ולטובת זה יצרנו פונקציה אשר מקבלת 6 דגימות tuple של (db,distance) של הכיול ומייצרת פונקציה לינארית לפי חישוב משוואת ישר מתוך 2 נקודות על הישר. באופן כזה אנו יכולים להתייחס למרחק אבסולוטי בין המשדר למקלט ולהגדיר את המשום שהמשמש מקבל בהתאם למרחק אבסולוטי.

הוצאת המידע מהפקטה המתקבלת:

- למעשה המידע היחיד שמעניין אותנו לפרויקט זה הינו עוצמת הסיגנל אשר נמדד ונשמר בשדה הRSSI של הפקטה המאוחסנת.
- קיימות מספר דרכים להשיג את הפרמטר הזה, ברם חלקן מפספסות את המטרה. לאחר התעסקות מרובה באופן השגת המידע, גילינו כי לוקח זמן לחשב את ערך הRSSI ואם אנו מקבלים פקטה לפני שהספקנו להוציא את מידע הRSSI- נקבל מידע לא תקין ובכך לא נוכל להסתמך על הנתון. לטובת פתרון הבעיה, השתמשנו בשדה הRSSI המובנה במבנה הנתונים של הפקטה מתוך הפרויקט לדוגמה rfWakeOnRadioRx וביקשנו את הRSSI של הפקטה האחרונה. באופן זה, הצלחנו לבודד את הפקטות ולהוציא את המידע בזמן, לפני שהוא נדרס ע"י פאקטה חדשה.
- מתוך ניסויים שערכנו קיבלנו טווח RSSI הנע בין 21db- ועד 90db- ועובד לאורך של כ20 מטר סה"כ. נחזור פעם נוספת על העובדה שהמידע איננו יציב דיו, ובהינתן שינויים מעל פני הקרקע, עוצמת הסיגנל נעה באופן קיצוני כך שקשה מאוד להסתמך על תוצאותיה.
- לאחר שקיבלנו את עוצמת הסיגנל, נשתמש בפונקציות הממירות שלנו לקבלת מרחק אבסולוטי ובהינתן מרחק אבסולוטי נעבור לשלב הבא.

בקרה למשתמש:

- כפי שנכתב מעלה, השתמשנו בנורות שעל גבי הלוח על מנת לתת חייוי.
- קיימות 2 נורות ולכן בחישוב בינארי מהיר זה נותן לנו 4 אופציות בקרה:

- קרוב מאוד  
- קרוב  
- רחוק  
- רחוק מאוד  

- חלוקה זו לא הספיקה לנו מכיוון שרצינו לתת למשתמש חיווי מדויק יותר של מרחק ולכן נדרשו עוד אופציות חיווי. כפיתרון, החלטנו שלכמות הבהובים תהיה משמעות – ז"א שעבור הבהוב בודד ו-6 הבהובים תהיה משמעות אחרת ומכיוון שמדובר בהבדל שניתן להבחין באמצעות ראייה אנושית – זה יענה על הפער.
- בצורה זו, הצלחנו להרחיב את רזולוציית הבקרה שלנו ל-10 אופציות כאשר לכל אחת מ-3 האופציות שלפחות נורה אחת דולקת הוספנו עוד 2 אפשרויות- 3 הבהובים ו-6 הבהובים. ככל שיש יותר הבהובים כך תדע שאתה קרוב יותר.

סיכום

הצלחנו להגיע למצב בו אנו מסוגלים לקבל כיוון כללי של מרחק כתוצאה מעוצמת הסיגנל המתקבל. כפי שנכתב בפתיח, הפרויקט הינו הוכחת היתכנות בלבד ולא היו ברשותינו הכלים לבצע בדיקות איכותיות יותר לטובת קבלת רזולוציה גבוהה יותר של עוצמת הסיגנל ומרחקים גדולים יותר. הקוד נכתב כך שבהינתן חומרה כזו, קיימים שינויים מינוריים אשר באים לידי ביטוי בכיול המדידות פעם אחת על מנת לתת מענה רחב וטוב.

בפרויקט לא התייחסנו לרעשים הנובעים משידורים מרובים של אותות RF נוספים, אך על פי מבנה הפקטה, ניתן לייצר ביטי סנכרון שונים כך שכל סיגנל יקלט אך ורק המקלט המיועד לו.

ניתן לבצע הדגמה של פעולת המכשירים.

מסקנות והצעות לשיפור הפרוייקט –

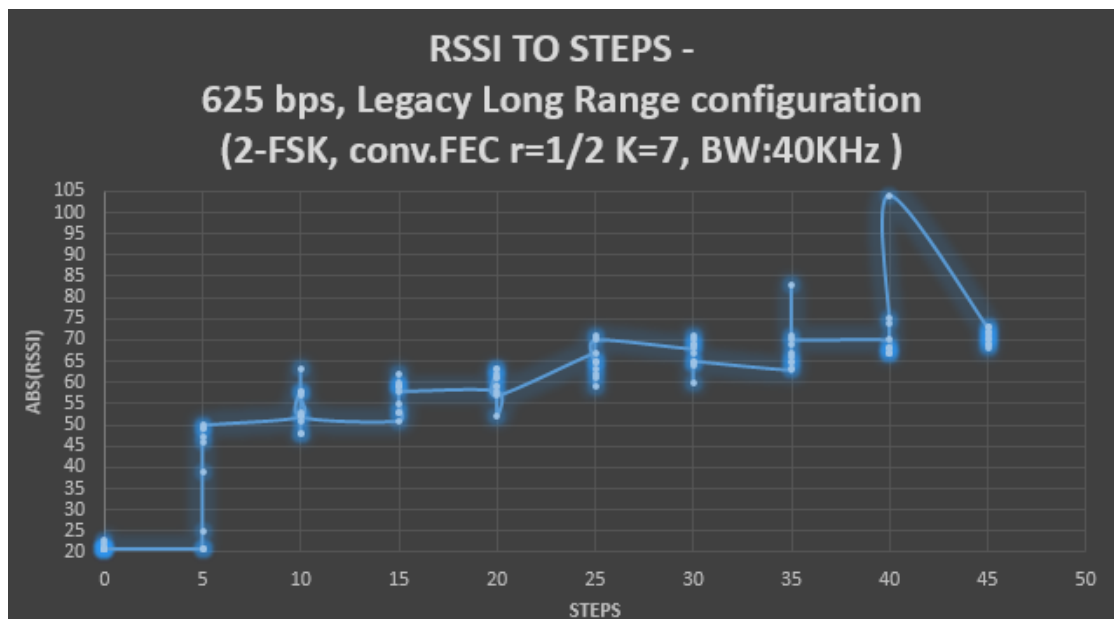
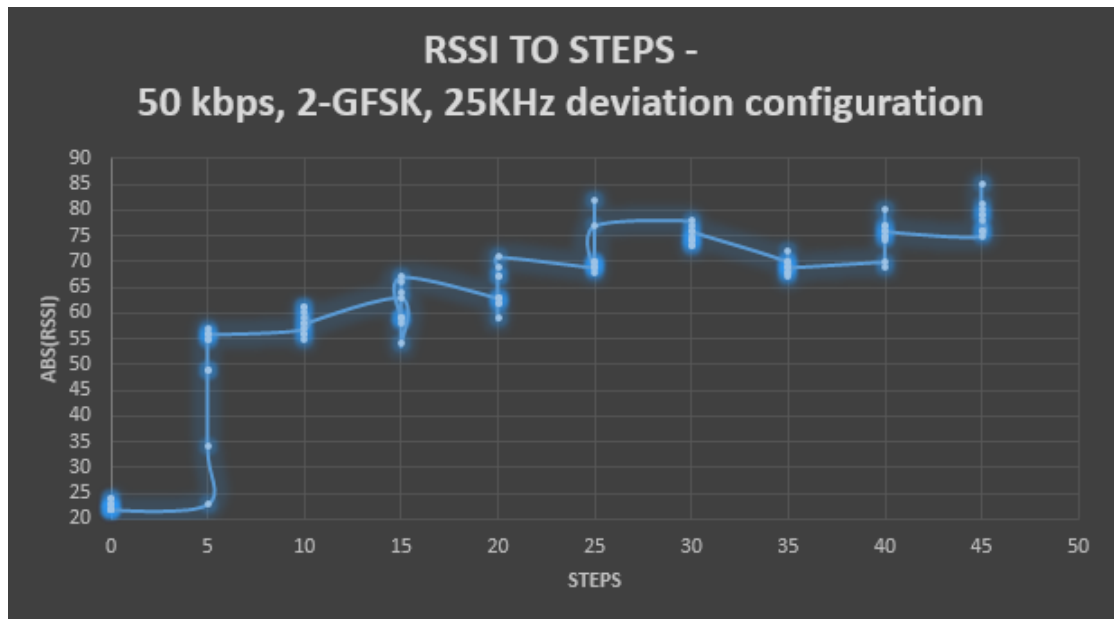
עם תום הניסוי ראינו כי התוצר שקיבלנו לא מספיק טוב ועולה השאלה מדוע?

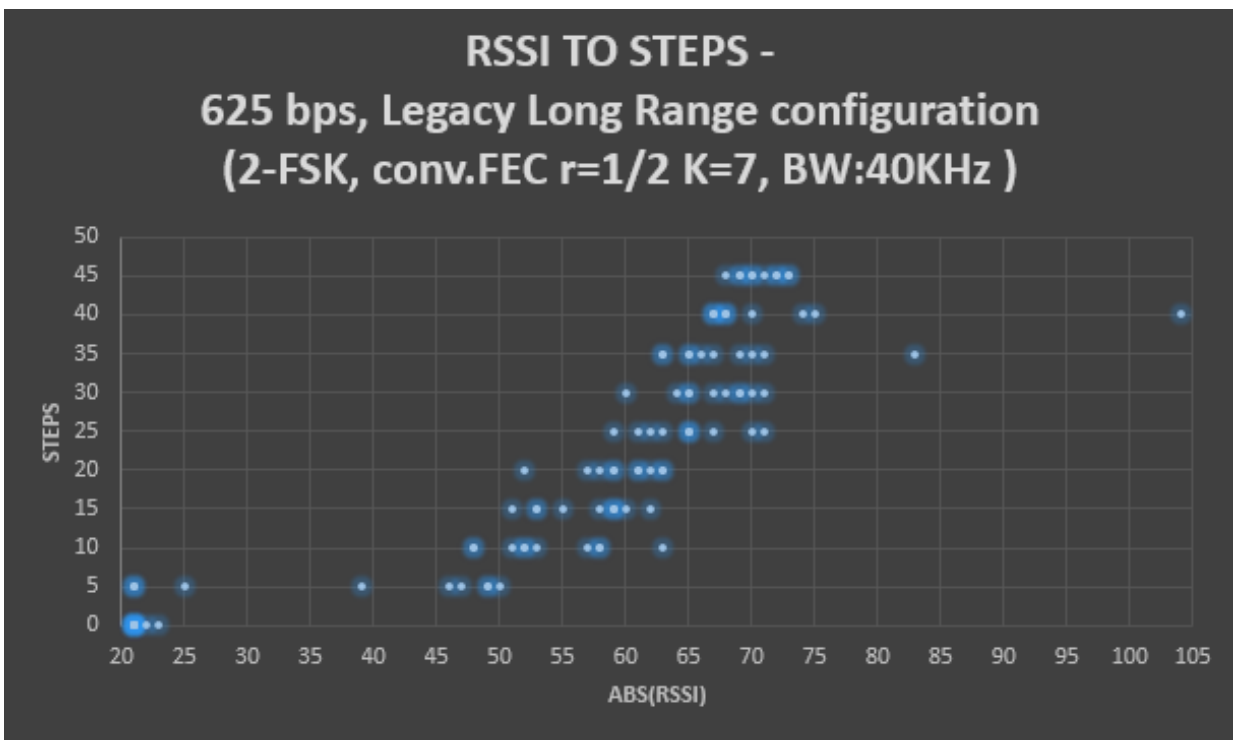
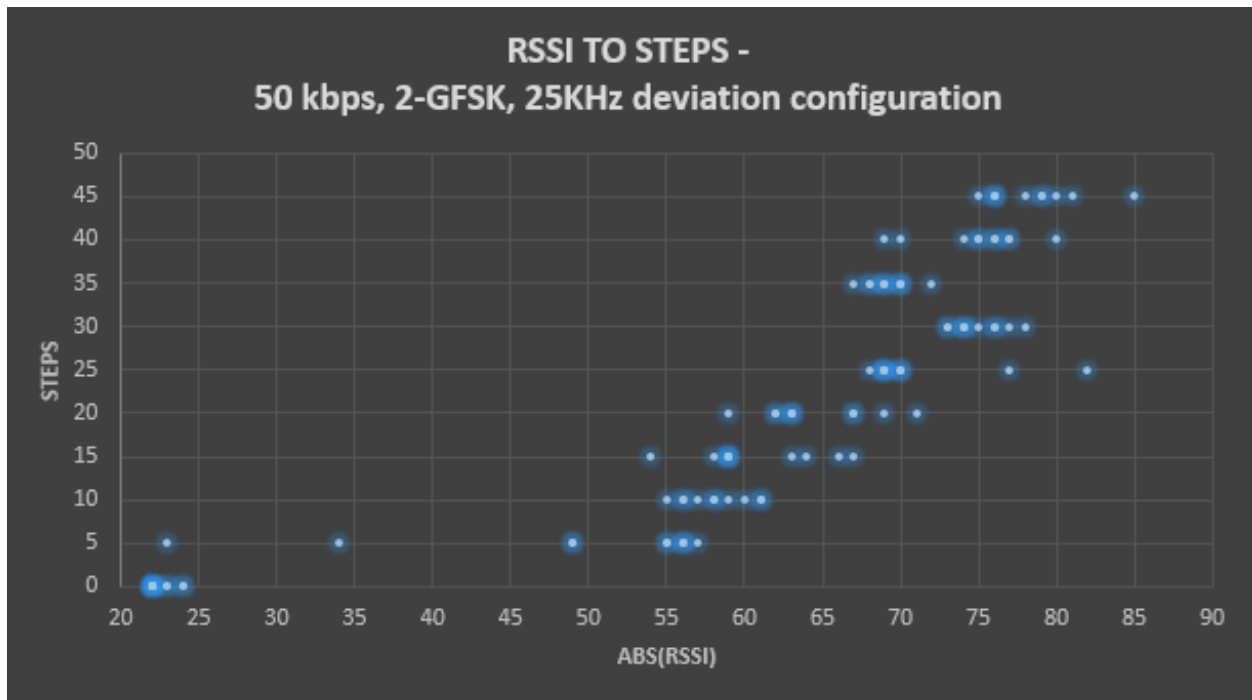
דרך אחת לשיפור התוצאות הינה להפוך כל אחד מהרכיבים למקמ"ש (מקלט- משדר), באופן הבא: תחילה אף אחד מהרכיבים לא ישדר. ברגע שההורה יבין כי הוא איבד את הילד וברצונו להתחיל לחפש אותו עליו ללחוץ על כפתור הרכיב ולשדר הודעה לרכיב של הילד. הרכיב שאצל הילד יקלוט את ההודעה מההורה ויתחיל לשדר בתדירות גבוהה. מכאן התהליך ימשיך כפי שמימשנו אותו – ההורה יעזר בחווי הנורות (צבע וכמות הבהובים) על מנת להבין מה הכיוון בו עליו ללכת על מנת למצוא את ילדו האבוד.

השיפורים במימוש זה –

- מימוש זה מאפשר חיסכון בסוללה כל עוד ההורה והילד יחדיו ולא מנסים לאתר זה את זה הרכיבים נמאים בהאזנה ומחכים ל-interrupt ולא משדרים.
- ברגע שההורה מחפש את הילד הרכיב של הילד ישדר בתדירות גבוהה (כל שניה או חצי שניה) ויאפשר להורה חיווי כמעט רציף, ובכך נמסך אי הרציפות והחריגות של ה-RSSI.

דרך נוספת הינה להבין טוב יותר את התנהגות ה-RSSI, ממה הוא מושפע וכיצד אפשר לאפסם (מלשון אופטימיזציה) אותו. לצורך כך ביצענו שני ניסויים – בשניהם חיברנו את המקלט ל-SmartRF Studio והוצאנו לוג של 100 פקטות, כאשר את המשדר הרחקנו כל חצי דקה בכ-5 צעדים (כ-2.5 מטר). הניסוי הראשון היה עם קונפיגורציית שידור של - **50 kbps, 2-GFSK, 25KHz deviation**, כלומר הקונפיגורציה המינימלית, ואילו השני היה עם קונפיגורציית שידור מקסימלית - **625 bps, Legacy Long Range configuration (2-FSK, conv.FEC r=1/2 - K=7, BW:40KHz)**.





איילת טל 203766795
ליאור שניידר 302814355

בשני הניסויים ניתן לראות את מגמת ההתקדמות בכיוון הנכון, כלומר ככל שמתרחקים ה-RSSI גדל. כמו כן, ניתן לראות כי ברגע שמחכים באותו מקום מספר שניות אז דגימות ה-RSSI מתכנסות ומקבלים RSSI יחסית יציב. עם זאת ניתן לראות שמבעברים בין המרחקים ישנן קפיצות גדולות, וכלל שמתרחקים הקפיצות האלה חריגות יותר. על מנת להתמודד עם השפעות אלו אפשר לנסות לקחת ממוצע על RSSI של כמה פקטות ביחד, או אולי לזרוק את שתי התוצאות החריגות ביותר ואז למצע.

נוסף על כך, ראינו כי ישנם גורמים נוספים המשפיעים על קליטת האות, למשל אם חוסמים את האות בכפות הידים, או שמים את המשדר מעבר לגוף (למשל על הגב של הילד) אז חלק מהאות נבלע בגוף וה-RSSI מושפע בהתאם וגדל בערכו מוחלט. עוד ראינו כי במעבר בין תדרים שונים, אפשר למזער רעשים מהסביבה ולקבל תוצאות קצת יותר טובות.

אם כך, אנו מבינים כי יש פרמטרים שונים ומגוונים המשפיעים על קליטת האות ויש לקחת אותם בחשבון על מנת להוציא מוצר באיכות גבוהה עם אחוזי דיוק גבוהים יותר, ולאפשר להורה ולילד להיות רגועים ולהנות מההופעה בפארק בידיעה כי אם יאבדו זה את זה יוכלו בקלות למצוא אחד את השני.