

רשת תקשורת נתונים ארצית לחובבי רדיו



בן ציון שעל

4X1IL

מאי 2017

תקציר

מבוא

מתוכננת רשת נתונים שתתפרש בכל הארץ לאורכה ורוחבה, ומיועדת בלעדית לחובבי רדיו. מטרת המערכת לשמש כאינטראנט לחובבי ישראל, אתר פנימי ושרתי קבצים ודואר, וקשר לעולם החיצון. גיבוי מערך ה-DMR, במיוחד במיקום ללא קישור אינטרנטי, ובמקרה של נפילת תקשורת האינטרנט, או מקרה תקיפה של "מניעת שרות". המערכת תגן עלינו מפני חדירה של "האקרים", ותאפשר שילוב כמערכת חירום, והירתמות לפעולה במסגרת קהילתית.

עקרון הפעולה

המערכת מתחלקת לשניים. ציוד ציבורי המהווה את השדרה המרכזית (Backbone), ומורכב מצמתים המותקנים באתרים גבוהים לתת כיסוי מירבי. צמתים עשויים להיות מקושרים לאחד או לרבים בסביבתם. ציוד נקודות הקצה הוא פרטי ותפקידו לקשר את החובב לצומת ולרשת. הציוד המיועד פועל בתחום 13 ס"מ, בתפיסה יעודית שפותחה¹ על ידי חובבי רדיו בארה"ב. יתרונה של התוכנה היא באפשרות לבצע הערכה עצמית להעברת "חבילות" (Packets) במסלול אופטימלי, ועל כן המערכת מכונה רשת (Mesh). יתרון כאשר אחד או יותר צמתים לא פועלים.

הציוד

השימוש בתחום של 13 ס"מ מאפשר שידור בהספק מירבי לכיסוי נרחב. אין מגבלה לחיבור אנטנות חיצוניות עם שבח גבוה. כך ניתן גם לשלב טכנולוגיית MIMO ליעילות מירבית. למספר חברות ציוד מתאים שניתן להחליף את הקושחה (Firmware) בתוכנה יעודית. הציוד של חברת יוביקיטי (Ubiquiti) מסדרת איירמקס² (AirMax) נמצא כמוצלח ביותר למטרה זו, גם ציוד דומה של טיפי-לינק³ (TP Link) ו-מיקרוטיק⁴ (MikroTik) נמצא מתאים. קבוצת חובבים מחבורת AREDN⁵ פיתחה את התוכנה להסבה של מספר רב של מכשירים הן לפרוטוקול התקשורת התואם לחובבי הרדיו והן לתדרים בתחום של 2.3-2.4 גה"ץ. הציוד לצמתים הוא בעל הספק מירבי, לרוב עם חיבור לאנטנות רב כיווניות (Omni Directional), לאנטנות כיווניות או שילוב ביניהם. לטווחים קצרים קיים גם ציוד אינטגרלי הכולל אנטנת צלחת (Dish) או פרבולית (Semi Grid). לנקודות הקצה המצוי בקרבת הצמתים ניתן לבחור ציוד עם אנטנה פנימית בעל הספק נדרש לחיבור לצומת. ניתן לשלב גם טכנולוגיית MIMO. במידה והגישה בין תחנת קצה לצומת היא מרוחקת יחסית, אזי ניתן להשתמש בציוד האינטגרלי לתקשורת.

הביצוע

תפעול הרשת דורש קו ראייה בין הצמתים. למעשה אזורי התבדרות הגלים, הנקראים אזורי פרסנל (Fresnel) חייבים להיות נטולי הפרעה מהטופוגרפיה. קיימות תוכנות רבות לחישוב מסלול המאפשרות בדיקה של קיום קשר בין צמתים או בין צומת לנקודת קצה⁶ שמיקומם ידוע. הרשת פועלת הן באות קריאה של המשדר והן במרווח הכתובות 44.138.X.X שהוא יעודי לחובבים בישראל. הרישום⁷ לקבלת מספר זיהוי הוא באחריות הפרט לפני ההצטרפות. ההפעלה תעשה בתיאום עם מנהל הרשת, קביעת הערוצים הנבחרים, רוחב הפס ועוד פרטים שידרשו.

סיכום

בשלב זה נעשה על ידי צוות ההקמה לימוד להבנה הנושא וגיבוש קונספציה, לבחירת תחום תדרים, וציוד מתאים והתאמת תוכנה עבורו. נערכו בדיקות ראשוניות של אתרי צמתים וחישוב מסלולי גישה וכיסוי. מה נשאר לעשות... הרבה. הרחבת הרשת, התקנת אתר אינטראנטי, שרתי קבצים ודואר וחיבור לעולם החיצון. וכמובן, חיבור נקודות קצה על ידי משתמשים רבים שיצטרפו.

עודכן בתאריך 29/06/19 ע"י בן ציון שעל⁸ 4X11L. צוות ההקמה: בן ציון שעל 4X11L, רונן פינצ'וק 4Z4ZQ (מנהל הרשת) ויורם רוטבן 4Z5YR.

¹ <http://www.bbhn.org>

² <https://www.ui.com/products/#airmax>

³ <https://www.tp-link.com>

⁴ <https://mikrotik.com>

⁵ <http://www.arednmesh.org>

⁶ <https://airlink.ui.com>

⁷ <http://www.ampr.org>

⁸ benzishaal@gmail.com לקבלת מידע ופרטים נוספים, תשובות לשאלות והסברים.

הציוד

חומרה

לאחרונה, הצליחו חברי קבוצה החובבים AREDN הנזכרת לעיל לפתח את תוכנת ההסבה במספר רב של מכשירים של חברות התקשורת, יוביקויטי (Ubiquiti) מסדרת איירמקס (AirMax), טיפי-לינק (TP-Link) ו-מיקרוטיק (MikroTik) על גרסאותיהם השונות כמפורט בהמשך. ההסבה היא, הן לפרוטוקול התקשורת התואם לחובבי הרדיו והן לתדרים בתחום של 2.3-2.4 גה"ץ. כל זאת בהחלפת הקושחה (Firmware) בתוכנה יעודית. היתרון לגבינו הוא ראשית הפעלה מערכתית בנוהל של חובבים, כלומר זיהוי על ידי אות קריאה. שנית, בחירת נתיב בטכנולוגיה של רשת (Mesh). ובנוסף, השימוש בתחום של 13 ס"מ מאפשר שידור בהספק מירבי לכיסוי נרחב. אין מגבלה לחיבור אנטנות חיצוניות עם שבח גבוה. כך ניתן גם לשלב טכנולוגיית MIMO ליעילות מירבית.

רשימת הציוד שנמצא מתאים של חברת יוביקויטי הוא :

⁹AirGrid M2

¹⁰Bullet M2, Bullet M2 Titanium

¹¹NanoBridge M2G18

¹²NanoStation Loco M2**

¹³PicoStation M2

¹⁴NanoStation M2*

¹⁵NanoBeam M2-13

¹⁶Powerbeam PBE-M2-400*

¹⁷Rocket M2

¹⁸AirRouter, AirRouter HP

רשימת הציוד שנמצא מתאים של חברת טיפי-לינק הוא :

¹⁹CPE210*

²⁰CPE220*

²¹WBS210

רשימת הציוד שנמצא מתאים של חברת מיקרוטיק הוא :

²²BaseBox2

²³hAP ac lite

קיים גם ציוד הנועד להפעלה בתחום תדרי ISM של 900 מה"ץ (האסור לשימוש בארץ), וכן בתחום 3 גה"ץ (הציוד יקר), ובתחום 5 גה"ץ המותרים לנו לשידור כחובבי רדיו. לא מן הנמנע כי בעתיד ייעשה שימוש ברשת בציוד בתחום של 5 גה"ץ.

הציוד לצמתים הוא בעל הספק מירבי, לרוב עם חיבור לאנטנות לאנטנות כיווניות או רב כיווניות (Omni Directional). לטווחים קצרים בין הצמתים, קיים גם ציוד אינטגרלי הכולל אנטנת צלחת (Dish) או פרבולית (Semi Grid).

⁹ https://dl.ubnt.com/datasheets/airgridm/airGrid_HP.pdf

¹⁰ https://dl.ubnt.com/datasheets/bulletm/bm_ds_web.pdf

¹¹ https://dl.ubnt.com/datasheets/nanobridgem/nbm_ds_web.pdf

¹² https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm_ds_web.pdf

¹³ היצור הופסק.

¹⁴ https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm_ds_web.pdf

¹⁵ https://dl.ubnt.com/datasheets/nanobeam/NanoBeam_DS.pdf

¹⁶ https://dl.ubnt.com/datasheets/powerbeam/PowerBeam_DS.pdf

¹⁷ https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM_DS.pdf

¹⁸ https://dl.ubnt.com/datasheets/airrouter/airRouter_Datasheet.pdf

¹⁹ <https://www.tp-link.com/en/business-networking/outdoor-radio/cpe210/>

²⁰ <https://www.tp-link.com/en/business-networking/outdoor-radio/cpe220/>

²¹ <https://www.tp-link.com/en/business-networking/outdoor-radio/wbs210/>

²² <https://mikrotik.com/product/RB912UAG-2HPnD-OUT>

²³ <https://mikrotik.com/product/RB952Ui-5ac2nD>

לנקודות הקצה המצויות בקרבת הצמתים ניתן לבחור ציוד עם אנטנה פנימית בעל הספק נדרש לחיבור לצומת. ניתן לשלב גם טכנולוגיית MIMO. במידה והגישה בין תחנת קצה לצומת היא מרוחקת יחסית, אזי ניתן להשתמש בציוד האינטגרלי לתקשורת או בציוד לתקשורת בדומה לזה הקיים בצמתים.

הציוד הכי מקובל למערכות המתפקדות כצמתים שאמנם דורש חיבור לאנטנה חיצונית, אנטנה פרבולית²⁴ סמי גריד בעלת שבח של 24



ד"ב איי לתדר של 2.4 גה"ץ (תמונה השער) וההתקן הוא ה-Bullet (תמונה מס' 1). קיימת אפשרות לשימוש בהתקן Rocket שהוא כולל שתי יציאות של חיבורי אנטנה. לטווחים הקצרים יותר בין צמתים, באים בחשבון שימוש בהתקני AirGrid הכוללים אנטנת סמי גריד מובנית בשני גדלים של 16 ו-20 ד"ב איי (dbi). ציוד נוסף אפשרי הוא התקן Powerbeam הכולל אנטנת צלחת מובנית של 18 ד"ב איי. כמו כן ניתן להשתמש ביחידה דומה, NanoBridge הבאה עם אנטנה מובנית, גם כן של 18 ד"ב איי.

בתחנות הקצה מקובלים לטווח הקרוב שתי יחידות ממשפחת ה-NanoStation, התקן ה-LoCo בעל הספק ושבח אנטנה נמוכים אך מידות זעירות כלומר הנראות נמוכה (תמונה מס' 2). יחידת

תמונה מס' 1: התקן Bullet M2HP של חברת Ubiquiti לתדר של 2.4 גה"ץ

NanoStation עצמה היא בעלת הספק ושבח אנטנה גדול יותר, כוללת שתי כניסות של קו תקשורת וכמובן בולטת יותר. התקני ה"ננו" וה"פיקו" הם בעלי קיטוב אנכי. למרחקים ארוכים יותר ולכל השאר ידרשו התקנים עם אנטנות מובנות פנימיות או חיצוניות.

התקן ה-PicoStation שכנראה אינו מיוצר יותר אך ניתן להשיגו באתרי הקניית. הוא היחיד בעל אנטנה מובנית רב כיוונית. אמנם כנראה ההתקן אינו מיוצר כיום, אך ניתן להשיגו עדיין אצל מספר ספקים. טווח התקשורת הנמוך המוצהר מגדיר את ההתקן לשימוש בקרבה יתרה לצומת בלבד. יש לזכור כי קיימים שני סוגים השונים בתכונות ההספק ושבח האנטנה, אחד אמריקאי והשני אירופאי. התקני ה-NanoStation הם גם בעלי אנטנה מובנית בקיטוב אנכי, אך לא רב כיוונית, אלא מקטעית.

בתחנת קצה בקצה גבול הקליטה, ידרש התקן Bullet עם אנטנה חיצונית בעלת שבח גבוה מתאים. קיטוב האנטנות ניתן לבחירה על ידי מנהל הרשת, כלומר הן אופקי או אנכי. לא מן הנמנע כי קבוצה מקומית, המרוחקת מצומת, תחליט להתקין צומת מקומית עבורם כך שכל חברי הקבוצה יוכלו להסתפק בציוד קצה זול ובעל הספק קטן במידות זעירות שאינן בולטות בסביבה.

לצורך החלטה על בחירת הציוד עצמו לתחנת הקצה עומדים לרשותנו כלים הכוללים חיזוי וחיזוי של תשדורת בקו ראייה בין צומת לצומת, ובין נקודת קצה לצומת. זאת בהתייחס למיקום האתר גובה ההתקנה של האנטנה מעל הקרקע, שבח האנטנה ועוצמת השידור. ניתן להשתמש בכלים הללו לתכנון המסלול (הנושא יפורט בהמשך). יש להניח כי הצמתים ימוקמו באתרים בהם קיימים כבר היום הממסרים הספרתיים, ולא רק. כדי שכל תחנת קצה תוכל להקלט כראוי בצומת, מה שבאחריות החובב עצמו, ניתן להשתמש במפרטי הציוד דלעיל. במקרה של ספק ניתן לבחור בציוד בעל הספק רב יותר. לחילופין אנטנה בעלת שבח גבוה יותר או שילוב של שניהם.

להפעלת הציוד נדרש התקן "מזרים הספק"²⁵ (POE Power on Ethernet). זאת לאספקת המתח להפעלת הציוד ולהעברת הנתונים לשידור וקליטה (כמו כן גם לבקרת הציוד). מתח הרשת מיושר ומוקטן בהתחשב באיבודים לאורך קו התמסורת²⁶. ההתקן מיועד לשימוש פנימי ומצריך חיבור למתח הרשת הכולל הארקה להגנה בפני נחשולי מתח סטטי העלולים להצטבר על פני סיכוך קו התמסורת. קו התמסורת עצמו הוא בתקן 10Base-T כאשר 4



תמונה מס' 2: התקן NanoStation Loco M2 של חברת Ubiquiti לתדר של 2.4 גה"ץ

²⁴ <http://www.l-com.com/wireless-antenna-24-ghz-parabolic-grid-antennas>

²⁵ https://dl.ubnt.com/datasheets/poe/PoE_Adapters_DS.pdf

²⁶ https://dl.ubnt.com/datasheets/toughcable/TOUGHcable_Datasheet.pdf

מוליכים משמשים כאמור לאספקת המתח לתפעול הציוד ושני זוגות נוספים לתקשורת. המימוש הזה מאפשר את מיקום ציוד השידור והקליטה בקרבת האנטנה. בכך נחסך הצורך לשימוש בקו קואקסיאלי, מה שהיה מנחית את האותות הנקלטים והספק השידור במידה רבה בתדרים המדוברים. בנוסף תקן התמסורת הוא בעל אורך הכבל המירבי המאפשר את הפעולה. אי לכך רצוי לבחור כבל כנאמר לעיל עם סיכוך משמעותי ואפילו כפול. עדיף שהמחברים יהיו מטיב מעולה עם חיבור לסיכוך ואטומים במידת האפשר. מעטפת הכבל נדרשת להיות "קשיחה" ועמידה בפני קרינה אולטרה סגולית מה שמבטיח פעילות נרחבת לאורך השנים.

לצורך חיבור מספר התקנים קיים מתג²⁷ בעל אפשרות לחיבור המתח הנדרש להפעלתם דרכו. המתג עצמו, שהוא חסין מזג אויר מותקן ליד הציוד ומוזן בקו תמסורת יחיד. המתג משמש לחיבור בין קו צומת בכוון אחד לקו צומת בכוון שני, או למערכת הרב כיוונית לתחנות הקצה. עיקר השימוש במתג יהיה לרוב בצמתים ולא בתחנות הקצה.

ניתן לחבר יחידה לספיגה של מתחי יתר²⁸ בטור עם קו התמסורת. היחידה המוצמדת לעמוד הנושא את ההתקן, שכמובן מוארק. או מחוברת לקיר ודורשת חיבור להארקה נאותה. בכך מגינה היחידה הזו על הציוד בהמשך הקו מפני

זליגה של מטעני חשמל סטטי. היחידה עצמה הינה אטימה לפגעי מזג אויר וגשם.

האנטנות המתחברות לציוד ה-Bullet וה-Rocket עשויות להיות משני סוגים. אנטנה כיוונית מסוג פאנל לדוגמא, עם שבח של 14 דיביאיי, בניראות צללית נמוכה בגודל של 20 ס"מ (תמונה מס' 9). לחילופין אפילו אנטנת סמי גריד (תמונה השער) עם שבח של 24 ד"ב איי, במידות גדולות יותר. ב-Rocket מובנות שתי יציאות לאנטנה חיצונית כך שניתן לתפעל טכנולוגיית MIMO באנטנות יעודיות כגון אנטנת סקטור בזווית הקפית רצויה או צלחת (Dish). וכמובן, אנטנה רב כיוונית לתקשורת לרוב לתחנות הקצה בסביבה. מחבר האנטנה בציוד הוא בהתאמה מטיפוס N-Type עם חיבור נקבה, או חיבור RP-SMA. על כן לאנטנות עצמן נדרש כבל קצר קואקסיאלי מאיכות טובה עם חיבור תואם זכר.

ההתקנים המסומנים בכוכב (*) מותרים בצו יבוא חופשי לכלל הציבור לאחר שקיבלו אישור התאמה של משרד התקשורת²⁹. ההתקן המסומן בשני כוכבים (**) מותר ליבוא כנ"ל רק עם התאמת סוג ישראלית (NanoStation Loco-M2-AV-IL). לא מן הנמנע שמשרד התקשורת כן יאשר יבוא ציוד שאינו מופיע ברשימה הנ"ל. זאת, בהתאם לנוהל המפורט³⁰ ליבוא ציוד בתחום 2.4 ו-5 גה"ץ, והאפשרות לשימוש בתדרי חובבים עם שינויים נדרשים של מערכת ההפעלה כלומר הקושחה (סעיף 5 א').

ניתן לשקול למצבי חירום להפעיל את המערכת בעזרת אנרגיה סולרית (בתאי שמש שנדון בהם בהמשך) או בשילוב בין הזנת המתח מהרשת ובין אנרגיית השמש.

הצבת הציוד שדורש קו ראייה בין המרכיבים השונים נחלק לשניים. בטווח הקצר בו ניתן לראות בעין את הצומת אליה רוצים להתחבר, ולטווח הארוך בו קיים כאמור קו ראייה אך לא ניתן לזהות את הצומת בעין. בשני המקרים ניתן להיעזר בנוריות לד על גב ההתקנים המבטא את עוצמת האות הנקלט. במקרה הראשון, יש להתקין את הציוד בערך לכוון המסוים ולכוון במדויק על פי עוצמת הקליטה. ניתן לרכוש מחבר מיוחד להתקני ה-NanoStation במידה ונדרשת הטייה אנכית. בכל ההתקנים האחרים ההטייה האנכית היא מובנית. בכוון לטווח ארוך בו לא ניתן לזהות בעין את הצומת, אפשר להיעזר במצפן ולכוון בהתאם לאזימוט מחושב, ולאחריו כוון עדין בעזרת מד העוצמה על גבי ההתקן.

קושחה

על מנת להפעיל את הציוד ברשת החובבית יש להסב את מערכת ההפעלה הטעונה בזכרון ההתקן. התוכנה המקובלת ביותר כיום היא אוסף קבצים תואמי Open WRT שפותחה על ידי קבוצת AEDN. המערכת היציבה כיום היא גירסא 3.19.3.0 ולכן המומלצת ביותר לשימוש. באתר קבוצת AEDN נמצאים גם תוכנות מעבר (nightly builds) המתקנות כשלים זעירים במערכת היציבה, אם כי לא נבדקו סופית. מומלץ לחבר את המחשב עליו שמרנו את הקובץ המתאים והנדרש להסבה, דרך מתג (אפילו "טיפש") לכניסת ה-LAN של מזרים ההספק (זאת מסיבת תזמון העברת המידע).



את הסבת התוכנה במערכת כלומר הטענת הקושחה (boot loader) ניתן לעשות בשני³¹ אופנים. לכל התקן או קבוצת התקנים קיים קובץ מתאים. את הרשימה ניתן להוריד מאתר הקבוצה, ולבחור את הקובץ הנדרש. דרך אהת לטעינת הקובץ יכולה להיעשות באמצעות ממשק המשתמש (UI) במערכת הפנימית בדף האדמיניסטרטור בפרק ההתקנה. זאת, להתקנים מכל היצרנים שעליהם כבר מותקנת תוכנת AEDN כל

²⁷ https://dl.ubnt.com/datasheets/NanoSwitch/NanoSwitch_DS.pdf

²⁸ https://dl.ubnt.com/datasheets/ETH-SP/Ethernet_Surge_Protector_DS.pdf

²⁹

https://www.gov.il/BlobFolder/service/approval_of_wireless_equipment_imported/he/approved_comm_commercial_import_2018-01-01.xlsx

³⁰ https://www.gov.il/BlobFolder/service/approval_of_wireless_equipment_imported/he/importing_announcement-2018-4-8.doc

³¹ <https://www.arednmesh.org/content/current-software>

שהיא. במקרה כזה יש להטעין את הגירסא המתאימה להתקן עם קובץ sysupgrade (יש לשים לב לעובדה שציוד יוביקויטי מספק כתובת למערכת ההתקנה, ולכן המערכת חייבת להיות מוגדרת כ-DHCP ולא סטטית). האופן השני, להתקנים חדשים של יוביקויטי שלא הוסבו, ועליהם מותקנת התוכנה המקורית של היצרן, ידרשו להשתמש בתוכנת TFTP³² להתקנה ראשונה של תוכנת AREDN עם קובץ factory המתאים, התקנים חדשים של טיפי-לינק שלא הוסבו, ועליהם מותקנת התוכנה המקורית של היצרן, ידרשו להשתמש בתוכנת PharOS (שהיא הקושחה המקורית של טיפי-לונק) להתקנה ראשונה של קובץ factory המתאים להתקן. להתקני מיקרוטיק³³ שלא הוסבו, ועליהם מותקנת התוכנה המקורית של היצרן, ידרשו להשתמש בתוכנת ELF (שהיא הקושחה המקורית של מיקרוטיק) להתקנה ראשונה ולאחריה יש להתקין את קובץ sysupgrade המתאים להתקן.

השלב הבא הוא הפעלת המערכת הראשונית. יש לאתחל את ההתקן ולחבר את המחשב לכניסת ה-LAN של מזרים ההספק. ניתן לגלוש להתקן בהקשת הכתובת: <http://localnode>. כך יראה המסך הראשוני:



NOCALL-22-15-88

Location Not Available

[Help](#) [Refresh](#) [Setup](#) [Select a theme ▼](#)

This node is not yet configured.
Go to the setup page and set your node name and password.
Click Save Changes, even if you didn't make any changes, then the node will reboot.

WiFi address	192.168.2.1 / 24	firmware version	3.19.3.0
LAN address	none	configuration	not set
WAN address	none	system time	Fri Mar 01 2019 07:56:50 UTC
default gateway	none	uptime	5 min
SSID	N/A	load average	0.08, 0.41, 0.24
Channel	11	flash	= 1552 KB
Bandwidth	Mhz	free space	/tmp = 13912 KB memory = 5488 KB
		OLSR Entries	Total = 0 Nodes = 0

תמונה מס' 4: תמונת המסך בהפעלה הראשונה לאחר ההסבה (AREDN)

כעת יש להזין את פרטי הכניסה להתחברות הניהולית עם ההתקן. אישורי האימות המסופקים כברירת מחדל הם:

שם משתמש: root

סיסמה: hsmm

לחיצה על Setup יביא את הדף Basic Setup (הגדרות בסיסיות), כפי שמוצג להלן (תמונה מס' 5). על מנת להפעיל את הצומת החדשה שלך באוויר, יש להקליד את הפריטים הבאים:

שם ההתקן

יש להזין את אות הקריאה המיועד לשם ההתקן, ואחריו מידע מזהה ייחודי לפי בחירה. השמות יכולים להכיל עד 63 אותיות, מספרים ומקפים, אך לא ניתן להתחיל או לסיים עם מקף. אין להשתמש בקווים תחתונים, רווחים או תווים אחרים. השמות אינם תלויי רישיות, אך המקרה יישמר בתצוגת מצב הצומת. כמפעילי תחנות חובבי רדיו אנו נדרשים להזהות בכל שידור. על כן, שם ההתקן משודר אוטומטית כל חמש דקות, כך ששם ההתקן חייב להכיל את אות הקריאה. שמות מומלצים לבחירה, לפי התבנית של אות קריאה (-תווית), כגון 4X1IL או 4X1IL-1 ולחילופין 4X1IL-MOBILE.

³² <https://www.arednmesh.org/content/tftp-firmware-installation>

³³ <https://www.arednmesh.org/content/installation-instructions-mikrotik-devices>

[Help](#)
[Save Changes](#)
[Reset Values](#)
[Default Values](#)
[Reboot](#)

Node Name: NOCALL-22-15-88
Password:

Node Description (optional):
Verify Password:

Mesh RF

Enable: ☒

IP Address: 10.22.15.88

Netmask: 255.0.0.0

SSID: AREDN

Channel: 1 (2412)

Channel Width: 20 MHz

Active Settings

Tx Power: 26 dBm

Distance to FARTHEST Neighbor: 0 miles / 0 kilometers / 0 meters

Apply

LAN

LAN Mode: 5 host Direct

IP Address: 10.176.122.193

Netmask: 255.255.255.248

DHCP Server: ☒

DHCP Start: 194

DHCP End: 198

WAN

Protocol: DHCP

DNS 1: 8.8.8.8

DNS 2: 8.8.4.4

Advanced WAN Access

Allow others to use my WAN: ☐

Prevent LAN devices from accessing WAN: ☐

תמונה מס' 5: תמונת מסך להקלדת נתוני הצומת

סיסמה

יש להגדיר סיסמת ניהול חדשה עבור ההתקן. יש להזין אותו שוב בתיבה Retype Password כדי לאמת אותו. בפעם הראשונה ההתקן יחייב לשנות את הסיסמה. יש הקפיד לזכור או לרשום את הסיסמה החדשה, כך שתאפשר להשתמש בה עבור כל המשימות הניהוליות העתידיות בו.

תיאור ההתקן

זה לא שדה חובה, אבל זה מקום טוב לתאר את התכונות או הפונקציה של המכשיר הזה. מפעילים רבים משתמשים בשדה זה כדי לציין את פרטי הקשר שלהם, את מודל הרדיו ואת מפרט האנטנה, או את המטרה הטקטית של ההתקן. אין הגבלות תווים בשדה, אך האורך המרבי המותר הוא 210 תווים.

הרשת (Mesh RF)

השדות שכתובתם IP, Netmask ו-SSID מחושבים באופן אוטומטי עבור ההתקן בהתבסס על כתובת ה-MAC הייחודית שלו. נא לא לשנות את ההגדרות אלה, הרשומות כולן תחת עמודות LAN ו-WAN. ניתן להשאיר אותם ללא שינוי לעת עתה.

מספר ערוץ ורוחב ערוץ

צמתים מתקשרים רק עם צמתים אחרים המשתמשים באותו ערוץ ובאותו רוחב ערוץ. ניתן לקבוע את ההגדרות הנכונות על ידי שיחה עם מפעילי צומת מקומיים אחרים כדי לברר אילו הגדרות נדרשות להצטרפות לרשתות שלהם.

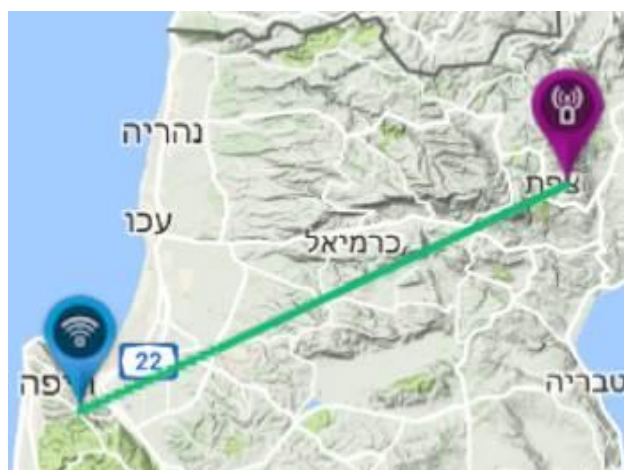
הגדרות הפעילות

יש להשתמש ברשימה הנפתחת כדי לבחור את הספק השידור המרבי עבור התקן זה. זכור כי תמיד צריך להשתמש בכמות המיזערית הדרושה ליצירת קשר עם תחנות אחרות.

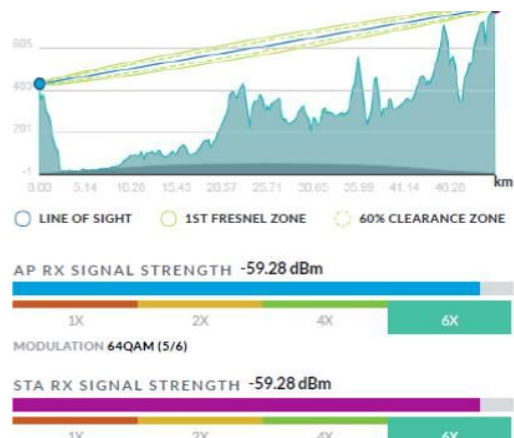
יש להשתמש במחווין כדי לבחור את המרחק המרבי המוערך בין הצומת שלך לבין צמתים אחרים. להתקנים מסוימים יש רמות הספק מרבי שמשתנות בהתאם לערוץ או לתדר בשימוש, ובמקרה זה רמת המקסימום עשויה להשתנות כאשר ישמרו ההגדרות. עוצמת הפלט תהיה כתומה ברמה המקסימלית הנתמכת על ידי החומרה עבור תדר זה. לאחר שהגדרות אלה הותאמו, יש ללחוץ על הלחצן החל (Apply).

הגדרות נוספות

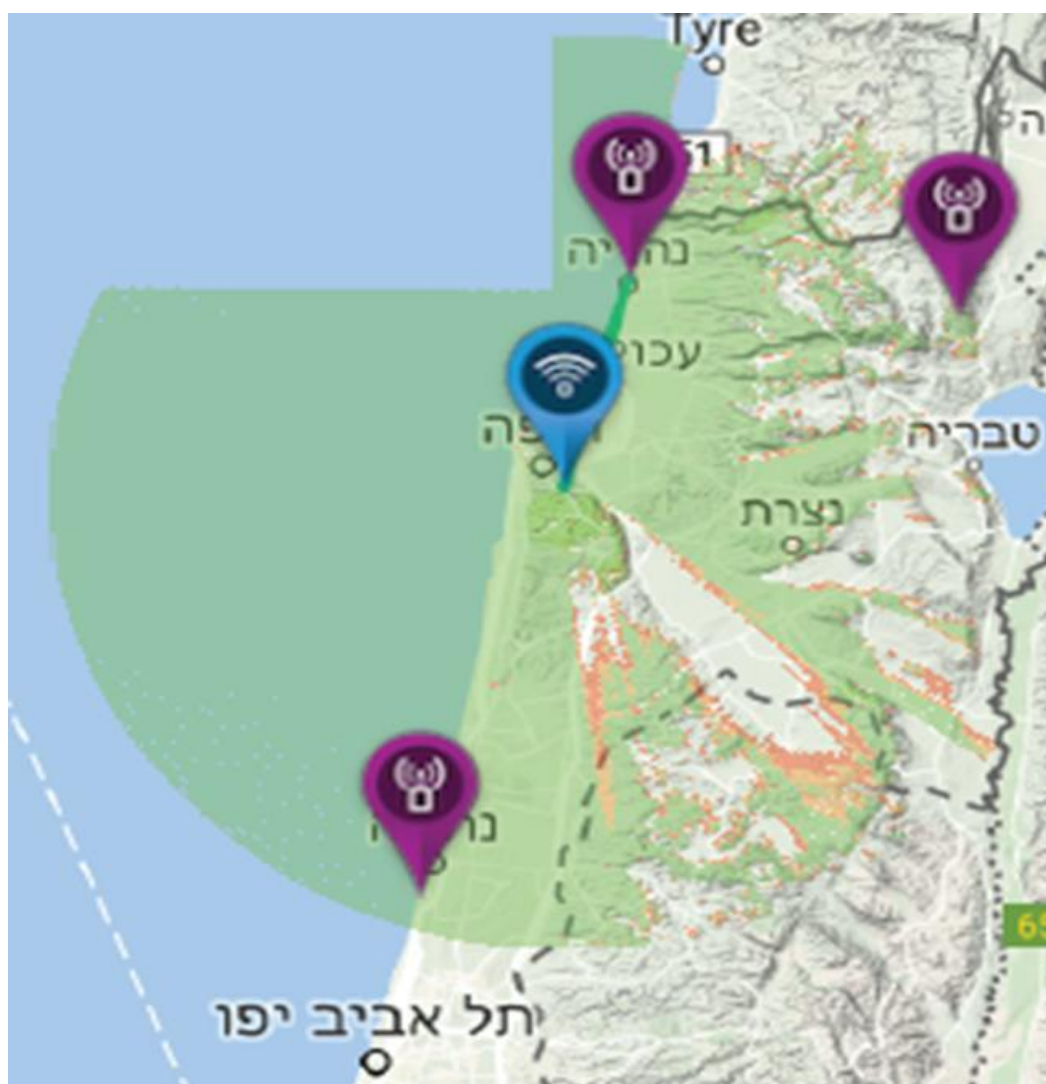
בשלב הזה ניתן להזין את קו הרוחב ואת קו האורך של הצומת שלך, וכן את מיקום הריבוע של הרשת. יש ללחוץ על הלחצן החל הגדרות מיקום לאחר הזנת מידע זה. יש אפשרות גם לשנות את אזור הזמן עבור זמן המערכת של ההתקן. לאחר ההקלדה, יש לודא שהגדרות הצומת אכן נכונות, וללחוץ על הלחצן "שמור" על מנת לשמר את השינויים. ההתקן ירשום את הגדרות התצורה החדשות ויאתחל מחדש את עצמו באופן אוטומטי.



תמונה מס' 7: תוואי מסלול התקשורת מהר הכרמל לצפת



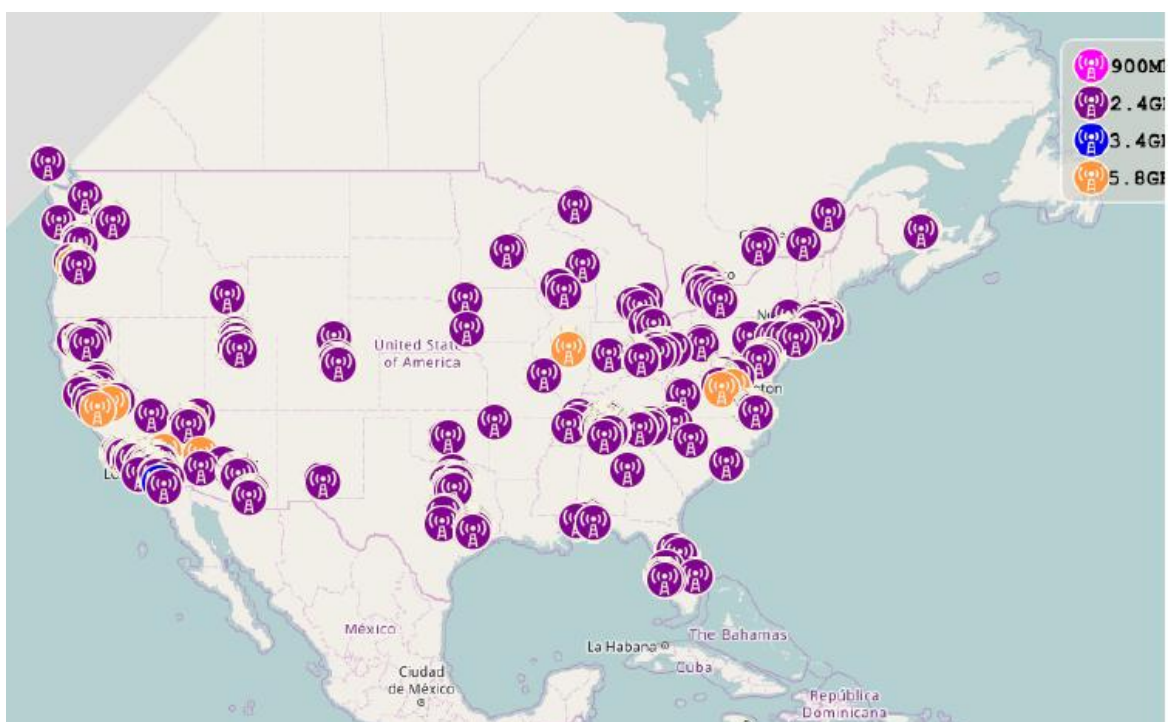
תמונה מס' 6: חתך הקרקע לאורך מסלול התקשורת מהר הכרמל לצפת וחוזק האות הנקלט



תמונה מס' 8: שטח הכיסוי של צומת בהר הכרמל



תמונה מס' 9 : אנטנת פאנל בעלת שבח של 14 ד"ב איי לתדר של 2.4 גה"צ³⁴



תמונה מס' 10 : פריסת המערכת הרשתית של AREDN בארה"ב