

"גריד-חכם" עד "בית-חכם"

אבי לוגסי

מתעוררות בעיות, ולקחת פעולות באופן אוטומטי למנוע כשל מקומי. תנאי קריטי ליצירת "גריד-חכם" היא תשתית התקשורת אמינה מתחנת הכוח עד למכשיר הקצה בבית הצרכן. גריד-חכם זקוק לאבטחת מידע באינטרנט, אבטחת מיתוג וניתוב, גישה מאובטחת עד למכשיר בבית הצרכן.

הבהרה: עד היום פורסמו אלפי מאמרים ולא פחות דיונים בנושא "גריד-חכם", מעשית אין פריסה מאסיבית של רשתות תקשורת לאורך תשתיות החשמל והדרך עוד ארוכה. ישנם פערים רבים בין מה שנכתב לבין המצאי ובנתיים "גריד-חכם" הוא בגדר חזון למועד!! במאמר זה אני שם את הפוקוס על ה"בית-החכם" בקצה "גריד-חכם".

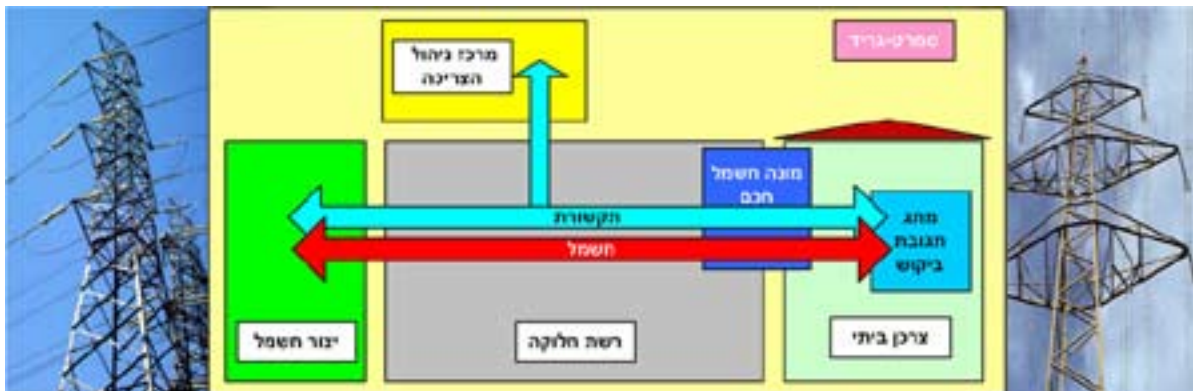
השוק לניהול אנרגיה למגורים צפוי לגדול באופן דרמטי עקב הביקוש הצרכני ויוזמות בענף, ויש לכך סיבה טובה והיא בשווקים המתעוררים כגון מוצרים חדשים צורכי אנרגיה, רכב חשמלי, והגידול בצריכת האנרגיה במזרח הרחוק ודרום אסיה המתפתחים בקצב מסחרר. "גריד-חכם" תהיה פריסה של "חיישנים חכמים" לאורך תשתיות החשמל והתקני קצה "חכמים" (הניתנים לתכנות), אשר יתחברו לרשת תקשורת אינטגרלית.

עם פריסה רחבה של מדידה חכמה, לספקי אנרגיה יש הזדמנות לבחון יותר את היתרונות של מדידת אנרגיה בצורה מדויקת ביותר, ואחת השלוחות של מדידה חכמה היא שטח הבית. מטרה ברורה של יישומי HAN (Home Area Network) עבור "גריד-חכם" יהיה לחנך את הלקוחות על דפוסי השימוש שלהם ולאפשר להם לקבל

מקורות אנרגיה בעולם ממשיכים להתכלות, קיים צורך להגדיל להגן עליהם ולייצר מקורות אנרגיה מתחדשים. בד בבד צריכת האנרגיה עולה והיא צפויה לעלות עוד יותר, צרכנים ימשיכו להשתמש במכשירי חשמל הצורכים יותר אנרגיה. שיא הביקוש הנוכחי הוא בשעות היום ועם כניסה של כלי רכב חשמלי, נקבל שיא ביקוש נוסף בשעות הערב.

"גריד-חכם" נולד בגלל הצורך לשמור את מקורות האנרגיה ולייעל את הצריכה. באמצעות רשת חכמה המציעה יתרונות משמעותיים עבור ספקי האנרגיה ואת היכולת לספק אנרגיה ביעילות רבה יותר כגון לנתק מרחוק מכשירי חשמל בתוך הבית בזמני חוסר. ועבור הצרכנים זה יאפשר להם לקבל מידע בזמן אמת על צריכת האנרגיה שלהם, עם מידע של פרופיל השירות שלהם. "גריד-חכם" הוא מונח המשמש בדרך כלל כדי לתאר את השילוב של כל האלמנטים המחוברים לרשת החשמל עם שילוב של רשת תקשורת אמינה ותשתית מידע, המציעה יתרונות רבים הן עבור ספקי וצרכני החשמל. "גריד-חכם" בעתיד תהיה מערכת חשמל חכמה שמחברת את אספקת החשמל, ומערכות תקשורת אינטליגנטית אל הצרכנים. כמו כן התרחבות של "גריד-חכם" תאפשר התקנה של מערכות חשמל לניהול מקורות אנרגיה חלופיים (למשל, שמש ורוח), לשפר את האמינות הרשת, תגובה מהירה יותר במקרה של הפסקות חשמל, ולנהל את שיאי הביקוש.

איור 1: מייצג מבנה סכמטי של שילוב רשת החשמל עם רשת תקשורת, חיישנים מתקדמים, מחשבים מבוזרים, כדי ליצור אוטוסטראדת חשמל ותקשורת המסוגלת להתריע מיד כאשר



איור 1: מבנה סכמטי של "גריד-חכם" הקצה לקצה

”מתג-תגובת-ביקוש”

השלב החשוב ביישום ”גריד-חכם” הוא ה”בית-חכם” ותשתיות מדידה מתקדמות (AMI - Advanced Metering Infrastructure). רכיב מרכזי של AMI הוא מונה אנרגיה חכם, שהוא מכשיר דיגיטלי המסוגל לעבד ולדווח את נתוני צריכה לספקי האנרגיה ולמשקי הבית. ”מתג-תגובת-ביקוש” הוא תולדה של מונה חשמל דיגיטלי. איור 2 מייצג את ”מתג-תגובת-ביקוש”, וזהו אלמנט מרכזי בהפעלת ”גריד-חכם” לתוך בית הצרכן. ”מתג-תגובת-ביקוש” מכיל: מונה חשמל חד פאזי לצרכן בודד, מפסק, משדר/מקלט אלחוטי או PLC, ופתחי כניסת תקע ממכשיר חשמל.

מטרת ”מתג-תגובת-ביקוש” הוא לספק חשמל, למדוד את צריכת החשמל של עומס כלשהו המחובר דרכו לרשת החשמל, למשל מזגן, וכאשר נדרש הוא שולח את צריכת האנרגיה דרך רשת התקשורת. באמצעות אותה רשת תקשורת ”מתג-תגובת-ביקוש” מקבל פקודת חיבור או ניתוק של העומס.

”מתג-תגובת-ביקוש” מתחבר לשקע חשמל ביתי, אליו מתחבר מכשיר חשמל ביתי בודד, נתן לשליטה ולתכנות מרחוק על ידי ספק האנרגיה, ינתק ויחבר עומס בזמנים קבועים או באמצעות שליטה מרחוק.

בדומה למחשבים המחוברים לרשת תקשורת הביתית גם מכשירי החשמל יתחברו לרשת התקשורת ביתית. מכשיר חשמל המחובר ל”מתג-תגובת-ביקוש” יהיה מכשיר ברשת תקשורת מחשבים ולכן יקבל כתובת ברשת ה-HAN. באמצעות כתובות IP (Internet Protocol) נתן למפות ברשת התקשורת את מכשירי החשמל השונים. ב-”בית-חכם” עתידי ”מתג-תגובת-ביקוש” יהיה מובנה בתוך רשת החשמל הביתית. בשלב זה כש-99.99% מהבתים בעולם אינם ”בית-חכם” נצטרך להשתמש במכשירי עזר חישוביים כמו ”מתג-תגובת-ביקוש” להלן.

מכשיר חשמל בבית מתחבר ל”מתג-תגובת-ביקוש” שבאמצעותו נתן לשלוט במכשירי החשמל בבית. ”מתג-תגובת-ביקוש” מתחבר לשקעי החשמל בבית ולרשת התקשורת. HAM בהתקנתו מקנפגים לו כתובת IP אינטרנט (שתשמש את ספק האנרגיה לשלוט על מכשיר החשמל שמתחבר אליו. לספקי האנרגיה יש פרופיל של כל הצרכנים, ובהתאם למכשירי החשמל הנמצאים בשימוש. להלן דוגמאות של פרופיל צרכן בצורת טבלאות: בטבלה יש, את כתובת הצרכן, מכשירי החשמל בשימוש, וכתובת IP של כל מכשיר חשמלי.

הבהרה: כתובות האינטרנט שניתנות למכשירים בייתים הן כתובות מסוג כתובות ”פרטיות” ושאינן ניתנות לניתוב ברשת האינטרנט, ובנוסף זה בא להגן על מכשירי הבית מפני האקרים.

החלטות מושכלות כדי לחסוך באנרגיה ובחשבון החשמל שלהם, ובעוד שבעקיפים לתרום כדי לעזור להפחית את שיא-הביקוש ובכך להפחית את הצורך של פליטת גזי החממה בעולם. באמצעות תשתית מופעלת HAN ומדידה חכמה, חברת חשמל תהיה מסוגלת למדוד את האנרגיה הנצרכת על ידי כל מכשיר חשמל **בנפרד** בתוך הבית ולעקוב אחר הצריכה שלו. זה אמור גם לספק אפשרות של אמצעי תשלום תעריפים שונים עבור התקנים שונים. לדוגמה מחיר של קוט”ש נצרך על ידי תאורה יהיה שונה ממחיר של קוט”ש הנצרך על ידי מזגן וכ”ו, נתן לתמחר אתל המכשירים השונים בתעריפים שונים. המחשבה היא בעצם לקחת תעריפים מבוססי פסק זמן של היום, שם התעריף הוא כבר לא רק פונקציה של זמן צריכה בשעות היום, אלא גם חישובי צריכה של מכשירים חשמל שונים (תחשבו על זה?).

באשר לפן החברתי, השימוש ב”גריד-חכם” יכול לטפל בנושא הכלכלי על ידי הקטנת הנטל על משפחות בעלות הכנסה נמוכה, ולשחזר את האיזון בין אלה שיכולים להרשות לעצמם אורח חיים בזבזני.

רשת תקשורת

הבהרה: אני מתכוון להקדיש כתבה מיוחדת לנושא של רשתות תקשורת עבור ”גריד-חכם”, לכן בכתבה זאת אני מתאר בצורה חלקית את נושא התקשורת לאורך ”גריד-חכם”.

תקשורת אמינה מקצה-לקצה היא מרכיב קריטי לבניית ”גריד-חכם”, רשת תקשורת יכולה להיות מוקמת ממגוון רחב של חלופות טכנולוגיות, החלטה האולטימטיבי של סוג הרשת כרוכה בשיקולים של עלויות הרשת, במיוחד עלויות הפריסה והתפעול, ועלויות תחזוקה. שתי חלופות תקשורת בסיסיות: האם הרשת צריכה להיות קווית או אלחוטית, ואם צריכה להיות רשת ציבורית או פרטית? **רשת קווית**, כגון רשת סיבים אופטיים מציע רוחב פס גבוה והשהיה נמוכה, מה שהופך אותה לבחירה לרשת-משותפת התומכת באוטומציה ויישומי המשנה. רשת קווית אינה יכולה בקלות להציע את הטופולוגיה ואת הגמישות הדרושה כדי לתמוך במספר רב של מכשירים פרושים בשטח. ואם הרשת לא זמינה עלויות הפריסה יכולות להיות גבוהות ובמיוחד עבור תחנות משנה מרחוקות.

רשת אלחוטית לעומת זאת, יכולה להציע רוחב פס סביר על פי טכנולוגיה ספציפיים, ובדרך כלל רשת גמישה, יעילה וחסכונית לפריסה של מכשירים המפוזרים על פני שטח כיסוי רחב. באזורים שונים של רשת החשמל יהיו צורך לפרוש רשתות וטכנולוגיות שונות כמו: LAN (Local Area Network), HAN, Last Mile, WAN (Wide Area Network) המתחברת לענן האינטרנט בצורה קווית או אלחוטית.

הרשת הסלולארית היא סיבה עיקרית ומקבלת תשומת לב רבה כל כך בימים אלה, והיא בדרך כלל השיטה המתאימה ביותר במקומות שאין תשתית קווית זמינה. עבור אזורים מרוחקים מאוד ללא תשתית תקשורת, הלוויין עשוי להיות הפתרון הטוב ביותר להחליף את ה-GPRS, אך הוא יקר ביותר לשימוש.



איור 2: ”מתג-תגובת-ביקוש” אלמנט מרכזי של ”גריד-חכם” עד הבית

"בית-חכם" בחיבור רשת תקשורת קווית

איור 4: מייצג בית חכם בודד המהווה הרחבה טבעית של "גריד-חכם", חלק ממכשירי החשמל בבית הצרכן מחוברים אל "מתג-תגובת-ביקוש" ברשת תקשורת HAN מסוג Wi-Fi. באמצעות "מתג-תגובת-ביקוש" ספק האנרגיה יכול לשלוט מרחוק על כל מכשיר בתוך בית הצרכן. בית הצרכן מחובר לרשת גישה (Last Mile) קווית מסוג ADSL ומשם מתחברת לרשת האינטרנט עד למרכז הרשת של ספק האנרגיה. בסוג זה של רשת תקשורת לספק האנרגיה יש יכולת גישה ישירה לכל בית ולכל מכשיר חשמל בתוך הבית.

"בית-חכם" בחיבור רשת מקומית מסוג PLC

איור 5: מייצג בית בודד מחובר ל "גריד-חכם", חלק ממכשירי החשמל בית הצרכן מחוברים דרך "מתג-תגובת-ביקוש". רשת



איור 4: רשת HAN (ביתית) מכשירי החשמל מחוברים ל-"מתג-תגובת-ביקוש" בתקשורת Wi-Fi בתוך הבית



איור 5: רשת HAN (ביתית) מכשירי החשמל מחוברים ל-"מתג-תגובת-ביקוש", מבוסס תקשורת PLC בתוך הבית

כתובת IP של המכשיר בתוך הבית	סוג מכשיר חשמל	רח' הרצל 17 דירה 3 נתניה
17.171.192.168	מזגן	
17.172.192.168	מקרר	
17.173.192.168	מכונת כביסה	
17.174.192.168	מדיח כלים	
17.175.192.168	בריכת שחייה	

טבלה 1: טבלת צרכן מס. 70

כתובת IP של המכשיר בתוך הבית	סוג מכשיר חשמל	רח' הפרגים 12 דירה 6 נתניה
18.171.192.168	מזגן	
18.172.192.168	מקרר	
18.173.192.168	מכונת כביסה	
18.174.192.168	מדיח כלים	

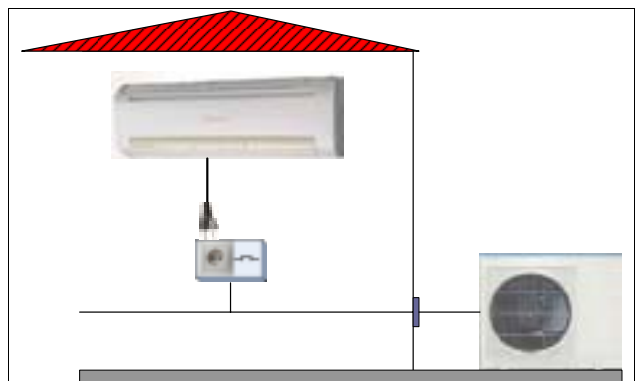
טבלה 101: טבלת צרכן מס. 171

"בית חכם"

על מנת לנוע לעבר רשת "גריד-חכם" עד הבית יש צורך להחליף את כל מוני החשמל האלקטרו-מכניים במוני החשמל אלקטרוניים מתקדמים, כמו כן התקנת רשת תקשורת HAN בתוך הבית. התקנת חיישנים ואלמנטים להשלת עומסים. "גריד-חכם" יכול להיות כלי רב עוצמה לסייע לצרכנים להפחית את עלויות האנרגיה שלהם, אך על מנת למקסם את ה"גריד-חכם" צריך קודם לחנך את הצרכנים על היכולות ויתרונות הברורים על מנת לגרום להם לשלב את יכולות הרשת לתוך סגנון החיים שלהם. כאמור לתמיכה בבית חכם נדרשים:

- מונים חכמים ותשתיות מדידה מתקדמות
- רשתות תקשורת לקישור מכשירים חכמים ומערכות נבונות
- רשתות תקשורת לאורך ה-"גריד-חכם" עד הבית

איור 3: מייצג חיבור בודד של מזגן ב"בית-חכם" המתחבר ל"מתג-תגובת-ביקוש" ברשת תקשורת מסוג PLC (ידוע שהמזגן הוא מכשיר ש"זולל" אנרגיה לכן מהווה יעד עיקרי לשליטה מרחוק) באמצעות "מתג-תגובת-ביקוש" ורשת התקשורת HAN ספק האנרגיה יכול לשלוט מרחוק על ניתוק או חיבור של המזגן.



איור 3: רשת HAN (ביתית) חיבור מזגן ל"מתג-תגובת-ביקוש" עם תקשורת על קווי המתח בתוך הבית

את היעילות של רשת החשמל, הגדלת התפוקה וצמצום יצור האנרגיה על ידי עיצוב פרופיל של צריכת האנרגיה. ישנם פערים רבים ובנתנים הסתפק ב"גריד-חכם" שהוא בגדר חזון למועד!!



אבי לוגסי

בעל תואר ראשון (BSc.) למדעים בהנדסת חשמל מטעם הטכניון חיפה. מהנדס מו"פ ב "רפאל", במחלקת תקשורת RF לאחר מכן עבדתי בחברת "Fibronix", חברה בתחום של "תקשורת נתונים על סיבים אופטיים" כמהנדס תכנון.

מנהל הפרויקט בחברת "טלדטה תקשורת בע"מ" (עכשיו ADC) בתחום של טלפוניה. מייסד וסגן נשיא למו"פ והנדסה ב-NAMS חברה בתחום של מונים אלקטרוניים ותקשורת AMR על קווי המתח (PLC Power Line Communication). חבר GAP (Global Advisory Panel) ועדה בינלאומית לתיבת תקנים בתחום המדידה האלקטרונית ו AMR (Automatic Meter Reading). סגן נשיא לפיתוח בחברת HOLLEY (חברה בסין). מנהל שיווק בחברת Gconnect (ADC) קבוצת פיתוח בתחום של תקשורת אינטרנט. היום עוסק במו"פ ויועץ לחברות לאומיות ובינלאומיות כמו: Reallin, ITF-FROSCHL ועוד.

התקשורת HAN היא מסוג (Power Line Carrier) PLC. באמצעות "מתג-תגובת-ביקוש" ספק האנרגיה יכול לשלוט מרחוק על כל מכשיר בתוך בית הצרכן. בית הצרכן מחובר לרשת גישה (Last Mile) בתקשורת על קווי המתח עד השנאי השכונתי, ליד השנאי מותקן המאגד או gateway. המאגד המשמש כממיר פרוטוקולים הוא מקבל את הנתונים מרשת התקשורת על קווי המתח וממיר אותו כך שניתן יהיה לשלוח אותה למרכז תפעול הרשת דרך תקשורת סלולארית GPRS. המאגד השכונתי מתחבר באמצעות תקשורת GPRS עד למרכז הרשת של ספק האנרגיה. בסוג רשת זה ספק האנרגיה רואה רשת ענן LAN, - LPC, ניהול הצרכנים מתבצע על ידי המאגד gateway/ השכונתי. המאגד מתוכנת לבצע פעולות בצורה אוטומטית וכשנדרש, ספק האנרגיה יכול להפסיק את פעולתו האוטומטית ולהפעילו ב"פעולה" ידני "לבצע פעולה מסוימת. יש לשים לב שלספק האנרגיה אין גישה ישירה לבית או למכשיר בתוך הבית כל הפעולות מתבצעות באמצעות "מתווך" שהוא המאגד/gateway.

סיכום

בעשור האחרון, גדלו השקעות ברחבי העולם בתחום ה"גריד-חכם" על ידי הוספת ניתוח, ניטור, יכולות תקשורת מלאה למערכת אספקת החשמל. ההשקעה ב"גריד-חכם" מתבקשת על מנת להגביר