

# מודל כללי של הרשת החכמה

פרופ' גדי גולן

- בספרות ניתן למצוא מודלים שונים של תאימות. המודל האמריקני כולל שלש שכבות:
- תאימות טכנית: דגש על תבנית המידע והתמקדות באופן ייצג המידע על אמצעי התקשורת.
- תאימות המידע: דגש על היבטים סמנטיים של תאימות (interoperation), התמקדות בסוג המידע ומשמעותו.
- תאימות ארגונית: דגש על ההיבטים העסקיים ומדיניות משק החשמל בדגש על ניהול משק החשמל.

## מודל כללי של הרשת החכמה

- קיימות גישות שונות לתיאור הרשת החכמה. הגישה הכללית שפותחה בארה"ב - NIST, כוללת מודל המורכב מאוסף של תת רשתות. חוקרי NIST חילקו את הרשת החכמה לשבעה תחומים כמוצג בטבלה מס' 1:
- צרכנים, שווקים, ספקי ונותני שירות, מנהלי הרשת, יצרני החשמל, מוליכי חשמל והמפיצים.
- המודל הוא מודל כללי המאפשר לאתר ולסווג את הקבוצות העיקריות והקשר שביניהן, בתוך הרשת החכמה. המודל לא קובע כללים להגדרת המערכת והוא מהווה כלי לתיאור הרשת ומרכיביה. המרכיבים העיקריים של המערכת הם:

Domain	Actors in the Domain
Customers	The end users of electricity. May also generate, store, and manage the use of energy. Traditionally, three customer types are discussed, each with its own domain: home, commercial/building, and industrial.
Markets	The operators and participants in electricity markets
Service Providers	The organizations providing services to electrical customers and utilities
Operations	The managers of the movement of electricity
Bulk Generation	The generators of electricity in bulk quantities. May also store energy for later distribution.
Transmission	The carriers of bulk electricity over long distances. May also store and generate electricity.
Distribution	The distributors of electricity to and from customers. May also store and generate electricity.

טבלה מס' 1 - התחומים העיקריים והשחקנים הרלוונטיים ברשת החכמה

- תחום (Domain): כל אחד ממרכיבי הרשת המתוארים בטבלה לעיל בתיאור הכללי של הרשת.
- קבוצות מוגדרות בהתאם ליעדים או בשימושים דומים. תחומים יכולים לכלול גם תתי תחומים.
- שחקנים (actors): מכשיר, מערכת מחשב, תוכנה, האיש או הארגון המשתתף ברשת החכמה.

הרשת החכמה - Smart Grid מהווה נדבך מרכזי בבניית רשת החשמל העתידית. רשת זו מתרכזת בצורך להגדיל את יעילות ייצור החשמל, בשילוב עם מקורות אנרגיה מתחדשת, במטרה להפחית את פליטת גזי חממה בתהליך ייצור החשמל.

הרשת החכמה משלבת מספר גישות של תקשורת ושירותים ספרתיים המשתלבים עם תשתית רשת החשמל הקיימת. מטרת המערכת הנה ניהול ייצור החשמל תוך שיפור יכולות תקשורת ובקרה הדדיים של גורמי הייצור והצרכנים.

- מאפייני הרשת החכמה הנם:
- אבטחת מערכות המחשוב.
- שימוש מוגבר בטכנולוגיות מידע ספרתיות בשילוב מערכות פיקוד, על מנת לשפר את האמינות והיעילות של רשת החשמל.
- אופטימיזציה דינאמית של פעולות הרשת ומשאביה.
- פריסה ושילוב של משאבים מתחדשים ומשאבים מבוזרים.
- בצד הביקוש, שיפור יכולת התגובה לפי דרישה, ופיתוח משאבי אנרגיה יעילים.
- פריסה של טכנולוגיה חכמה למדידה, תקשורת ואוטומציה של הרשת.
- שילוב של מכשירים חכמים במתקני צרכנים לצורך סגירת מעגל התקשורת והבקרה.
- פריסה ושילוב של אמצעי אחסון חשמל מתקדמים, תמיכה בטכנולוגיות של כלי רכב חשמליים, ושאר צרכני אנרגיה יעילים.
- אפשרות שליטה יעילה בזמן אמת על צריכת המשתמשים.
- פיתוח התקנים עבור תקשורת ופעילות משולבת של מכשירים וציוד המחובר לרשת החשמל, כולל תשתית המשמשת את הרשת.

היישום של טכנולוגיות ספרתיות מתקדמות, תוך שימוש במיקרו-מעבדים למדידה, פיקוד ותקשורת בין רכיבי המערכת, צפויים לשפר במידה רבה את מדדי הרשת ובהם: אמינות, רמת אבטחה, יכולת הפעולה ההדדית, יעילות רשת (ייצור והולכה) החשמל, צמצום ההשפעות הסביבתיות ומכאן עידוד הצמיחה הכלכלית של המדינה. המורכבות של הרשת החכמה, נגזרת מהטופולוגיה המבוזרת שלה, וכוללת מספר עצום של יישומים והתקנים הפועלים בנקודות שונות של הרשת. שילוב על מרכיבי המערכת מחייב יישום ארכיטקטורה פתוחה המבוססת על תקנים ופרוטוקולים שיאפשרו קישוריות של היישומים ותמיכה במערכות המידע.

השונים היושבים בענן הרשת. התחומים כוללים: הולכה, חלוקה, לקוחות, שווקים, מבצעים, וספקי שירות. לכל תחום דרישות התקשורת המיוחדות לו. בתוך כל רשת, קיים מבנה היררכי המורכב משלל טכנולוגיות רשת: רשתות ביתיות, רשתות אישיות, רשתות אלחוטיות, רשתות מקומיות, ורשתות WAN. על בסיס דרישות תפקודיות של הרשת החכמה, הרשת צריכה לספק את היכולת לאפשר לאפליקציה בתחום מיוחד להתקשר עם אפליקציה בכל תחום אחר מעל רשת המידע, עם ניהול נכון ושליטה. מכשירים ואפליקציות הם נקודות הקצה של כל אחד מתחומי הרשת. לדוגמה בתחום הלקוח יכול להיות מונה חכם, מכשיר חשמלי ביתי, תנור, רכב חשמלי וכו'. אפליקציות בתחום המבצעים יכולים להיות מחשבים או מערכות הצגה במרכז הבקרה.

דרישות נוספות למערכות המידע ברשת החכמה הן:

- יכולת ניהול רשתות, פעילויות רשת, ומכשירי רשת, הכולל ניטור הסטטוס, תקלות, בידודן וריפויין.
- הכרה ביכולת של מרכיבי הרשת.
- יכולת ניתוב לכל הרשתות וציוד הקצה.
- יכולת שליטה ברוחב הפס ואיכות השירות של כל אחד ממרכיבי הרשת.

רשתות התקשורת עושות שימוש רב בפרוטוקולי תקשורת. לאור השימוש הרחב של רשתות מבוססות פרוטוקולי IP נהוג לבסס את פרוטוקולי הרשת על פרוטוקול ה-IP. למרות השימוש ב-IP בצידוק הקצה אינו נדרש, שימוש במשפחת הפרוטוקולים המוצע מאפשר מענה זמין לדרישות שהוגדרו לרשת חכמה.



Figure 2. Smart Grid Domain

איור 1. מרכיבי הרשת העיקריים

- לשחקנים היכולת לקבל החלטות ולהחליף מידע עם שחקנים אחרים.
  - שחקן כניסה (Gateway actors): שחקן המקושר עם שחקנים בתחומים אחרים או ברשתות אחרות. שחקני כניסה יכולים להשתמש במגוון פרוטוקולי תקשורת.
  - רשת: קבוצה של מחשבים ואמצעי רשת המחוברים ביניהם בתקשורת מחשבים.
  - הרשת החכמה מורכבת מסוגים שונים של רשתות. הרשתות מאפשרות העברת אינפורמציה ושליטה במרכיבי הרשת החכמה.
  - נתיבי תקשורת (Communications Path): הצגות החלופות ההגיוניות של נתונים בין שחקנים או שחקנים ורשתות.
- הרשת החכמה מחייבת תקשורת בין מרכיבי הרשת, הן בתוך הקבוצה והן בין הקבוצות. במצב הקיים, השירותים ברמות השונות מבוססים על אפליקציות ומערכות מידע ייעודיות שאינן מאפשרות העברת מידע בין המרכיבים השונים. הרשת החכמה מחייבת שיפור הקישוריות בין רכיבי הרשת השונים. הצורך לנטר, לבקר ולנהל את הרשת, מחייב שיפור יכולת התקשורת והעברת המידע בין רכיבי הרשת. מאחר והרשת החכמה לא מורכבת ממערכת בתוך מערכת אלא גם מרשת של רשתות מידע, נדרש ניתוח מלא של הרשת ודרישות התקשורת של כל אחד מתתי הרשת. ניתוח זה צריך להבדיל בין הדרישות הנגזרות מאפליקציות הרשת, השחקנים והתחומים. בניית מרכיבי הרשת יש לתת דגש לאבטחת ומיגון הרשת. הרשת החכמה היא רשת של מערכות רבות שלהן תתי מערכות, ורשת של רשתות. כלומר מערכות בעלות תפקידים והגדרות שונות הצריכים לתקשר עם מערכות אחרות לצורך שליטה על בקרי הקצה. מערכות המידע ברשת חכמה מחייבות קישוריות ברמות שונות. רשתות תקשורת מקשרות בין מערכות המידע והתחומים (domain)

**פרופ' גדי גולן**



נשיא המכון הטכנולוגי בחולון. סיים את לימודי הדוקטורט בשנת 1990 באוניברסיטת תל אביב ומאז משמש כסגל אקדמי במכון הטכנולוגי חולון. חוקר במיקרואלקטרוניקה ושכבות דקות בהתמקדות על תאי שמש.

הקים בעבר שלושה מיזמי הזנק בתחום חיישנים תעופתיים. כיום שוקד על מיזם חדש – פיקסולר – ובמרכזו תא שמש סיליקוני עם יעילות המרה גבוהה ועלות ייצור נמוכה. עומד בראש מסלול הלימודים "אנרגיה חלופית" שבפקולטה להנדסה במכון הטכנולוגי חולון.