

## SMART GRIDS - NAPREDNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

### SMART GRIDS - ADVANCED ELECTRIC POWER NETWORK

Ivan Novosel<sup>1</sup>, Dubravko Žigman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student TVZ-a, Informatički odjel

<sup>2</sup>Tehničko veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel

#### Sažetak

Svrha i glavni cilj istraživanja u radu je detaljnije objašnjenje pojma Smart Grids, odnosno što je to pametna mreža te koje su njene mogućnosti i tehnologije kojima se koristi. Razvitak pametnih mreža krenuo je još 2006. godine od strane Europske tehnološke platforme koja se bavi električnim mrežama koje inteligentno mogu integrirati sve aktivnosti korisnika koji su priključeni na mrežu. Nadalje, razvitak pametnih mreža donosi čitav niz pogodnosti koje korisniku olakšavaju upotrebu i potrošnju električne energije i komunalija. Integracija pametnih mreža u trenutnu infrastrukturu zahtijeva opsežnu i dugotrajnu studiju, te razna testiranja i pilot projekte kojima se želi simulirati rad Smart Grids-a. Istraživanje pojma i rada pametne mreže dovodi do zaključka da sustav takve mreže dovodi do veće pouzdanosti, prilagodljivosti i efikasnosti u radu, te sigurnosti i održivosti. Kao konkretan primjer rada pametne mreže, navodi se aplikacijski protokol pod nazivom ZigBee, aplikacije malih resursa koje koriste protokole koji se brinu o korisniku, odnosno olakšavaju svakodnevni život brinući se o štedljivosti energije i vode, te energetske učinkovitosti.

**Ključne riječi:** električna energija, Smart Grids, ZigBee

#### Abstract

The purpose and the main aim of this paper is to give a more detailed explanation of Smart Grids - what a smart network is, its capabilities and the technologies used. The development of a smart grid was started in 2006 by the European technological platform dealing with electrical networks that can intelligently integrate all activities of users connected to the network.

Furthermore, the development of a smart grid provides a number of benefits for the user that make consumption of electricity and use of utilities easy. Integration of smart grids in the current infrastructure requires a comprehensive and long-term study, various tests and pilot projects aimed at simulating the work of Smart Grids. Research of the smart grid concept and work lead to the conclusion that the system of such a network ensures higher reliability, flexibility and efficiency in the work, as well as safety and sustainability. A concrete example of a smart grid, according to application protocol, is ZigBee, a small resources application using protocols that take care of customers to make their everyday life easier by saving energy and water as well as by energy efficiency.

**Keywords:** electrical energy, Smart grids, ZigBee

#### 1. Uvod

##### 1. Introduction

Smart Grids kao tehnologija naprednih elektroenergetskih mreža je ključna komponenta u polju obnovljivih izvora energije, odnosno jedan od temeljnih stupova na kojima počiva ideja obnovljivih izvora energije. Prema današnjem tempu ekonomskog razvoja i gospodarskog rasta, energija i potreba za energijom dolazi sve više do izražaja. Energija je ključan faktor u ostvarenju gospodarskih i ekonomskih ciljeva. Činjenica je da se energija i dalje dobiva iz već pomalo iscrpljenih i potrošenih, odnosno ograničenih, a ujedno i ekološki neprihvatljivih izvora fosilnih goriva. Glavni cilj u narednim godinama je, uz uvođenje napredne elektroenergetske mreže, povezivanje takve mreže s obnovljivim izvorima

energije, kao glavnog čimbenika. Obnovljivi izvori energije (npr. sunčeve zrake, vjetar, morske struje,...itd.), nalaze se u prirodi, i kao takvi oni se mogu konstantno obnavljati, bilo djelomično ili potpuno, te tako zatvarati energetske krug. Smart Grids je zapravo modernizirana električna mreža koja koristi analogne ili digitalne informacije i komunikacijske tehnologije za prikupljanje informacija, kao i daljnje djelovanje na temelju rezultata tih informacija, a te informacije mogu biti o ponašanju i djelovanju dobavljača i potrošača, u automatiziranom načinu za poboljšanje učinkovitosti, pouzdanosti, ekonomičnosti i održivosti proizvodnje i distribucije električne energije. Električne snage uređaja i kontrola proizvodnje i distribucije električne energije, vrlo su važni aspekti pametne mreže. „Smart Grids napredne elektroenergetske mreže predstavljaju skup tehnologija koje omogućavaju bolju integraciju obnovljivih izvora u elektroenergetsku mrežu te uvode nove tehnologije i tehnološke inovacije koje omogućuju da klasična mreža funkcionira na nešto drugačiji, stabilniji precizniji način nego što je sada. Nadalje, napredne pametne mreže imaju mogućnost razviti nove usluge i servise kao što je primjerice elektrifikacija cestovnog transporta.“[1] [2]

Politika Smart Grids naprednih elektroenergetskih mreža organizirana je u Europi kao Smart Grids Europska tehnološka platforma<sup>1</sup>. Naziva se još i Europska tehnološka platforma za elektroenergetske mreže budućnosti. Iskorak u Smart Grids tehnologijama podrazumijeva temeljni re-inžiniring u industrijama koje se bave električnim uslugama, iako je tipična uporaba takvog termina više usmjerena na tehničku infrastrukturu.

Koncept Smart Gridsa je razvijen još 2006. godine također od strane Europske tehnološke platforme za pametne mreže, a odnosi se na električne mreže koje inteligentno mogu integrirati sve akcije korisnika koji su priključeni na njih – generatore, potrošače i onih koji su

1 Smart Grids European Technology Platform (eng.) – naziva se još i ETP Smart Grids – Europski forum za kristalizaciju politike i tehnoloških istraživanja i razvitka puteva u sektoru pametnih mreža, a isto tako i veza između razine Europske Unije i već postojećih odgovarajućih inicijativa.

to oboje, a u svrhu kako učinkovito dostaviti održivu, ekonomičnu i sigurnu električnu energiju. [3]

## 2. Smart Grids napredne elektroenergetske mreže

### 2. *Smart Grids advanced electricity networks*

„Europski elektroenergetski sustav jedan je od najvećih tehničkih sustava u svijetu. Ima 430 milijuna korisnika i 584 gigavata instaliranog kapaciteta te oko 5,2 milijuna kilometara mreže visokog, srednjeg i niskog napona. Godine 2000. procijenjeno je da će do 2030. godine biti potrebno investirati u zamjenu 290 gigavata dotrajalog i izgradnju 648 gigavata novog kapaciteta, kako bi se zadovoljile potrebe za električnom energijom. Rast na strani potrošnje zahtijeva i rješavanje pitanja zagušenja mreže.“[4] Europska tehnološka platforma za pametne mreže budućnosti (ETP Smart Grids) započela je svoj rad još 2005. godine. Glavni cilj je bio formulirati i promicati viziju za razvoj europske elektroenergetske mreže do 2020. godine i dalje.

### 2.1 Misija i vizije

#### 2.1 *Mission and visions*

Vizija Smart Grids tehnologija najviše se temelji u odvažnim programima istraživanja, razvoja i demonstracije koji prikazuju pravce prema mreži elektroenergetskog napajanja koja učinkovito može zadovoljiti buduće potrebe na području cijele Europe.

Ključni elementi vizije Smart Grids naprednih elektroenergetskih mreža su:

- stvaranje alata preko dokazanih tehničkih rješenja koji se mogu brzo razvijati uz što manje troškove, a istovremeno omogućavajući postojećim mrežama da budu spremne prihvatiti novu energije iz svih energetske izvora
- usklađivanje regulacijskih i komercijalnih okvira u Europi kako bi se olakšalo prekograničnu trgovinu, tj. korištenje energija i mrežnih servisa, istodobno osiguravajući široku paletu poslovanja

- uspostava zajedničkih tehničkih standarda i protokola koji će osigurati otvoren pristup, omogućavajući razvoj opreme od bilo kojeg izabranog proizvođača
- razvijanje informacija, računalnih i telekomunikacijskih sustava koji omogućuju tvrtkama koristiti inovativne usluge koje će dovesti do poboljšanja učinkovitosti i unaprijediti njihove usluge
- osigurati operativna sučelja starih i novih dizajna mrežne opreme kako bi se osigurala interoperabilnost automatizacije i kontrole. [2]

## 2.2 Tehnologijska platforma

### 2.2 *Technology platform*

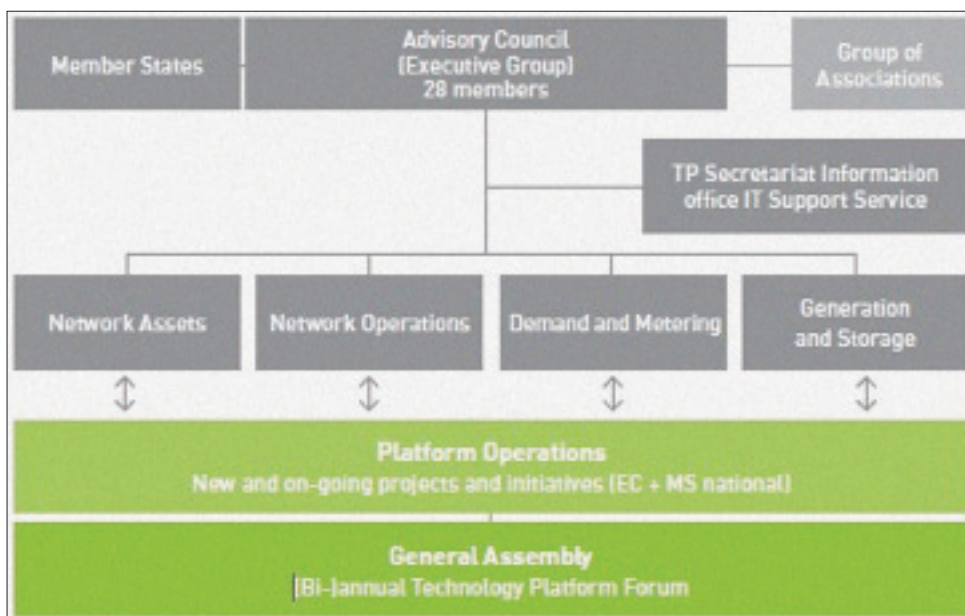
U posljednjih nekoliko godina došlo je do rasta svijesti u industriji opskrbe električnom energijom o potrebi da se redizajniraju europske elektroenergetske mreže kako bi se zadovoljile potrebe kupaca u 21. stoljeću. Mnoge države članice već su usmjerene prema ovom izazovu i surađuju međusobno s drugima u određenim područjima. Međutim, potreba za jačom povezanošću diljem Europe, prepoznata je još 2005. godine, kada je i osnovana Europska tehnologijska platforma za pametne mreže. Europska tehnologijska platforma za pametne mreže okupila je sve ključne dionike (zainteresirane strane) iz sektora elektroenergetskih mreža, među kojima same mrežne tvrtke, proizvođače, korisnike,

akademike i regulatore. Između ostaloga, njihovi glavni ciljevi su razviti zajedničku viziju za elektroenergetske mreže budućnosti koja je u potpunosti usklađena s širim europskim ciljevima politike. Također, jedan od ciljeva je identifikacija potreba istraživanja i razvijanje podrške za povećanim javnim i privatnim istraživanjem električnih mreža. Uspostava stabilnosti i paralelnosti između tekućih projekata i novih europskih, nacionalnih i regionalnih programa u prijenosu električne energije i distributivnih sustava, isto tako je jedan od ciljeva dionika iz sektora elektroenergetskih mreža. Jedan od najvažnijih ciljeva zasigurno je provedba zaključaka i preporuke za daljnje aktivnosti i provedbu strateškog plana istraživanja koja potiče angažman više neovisnih stranaka, na nacionalnoj i europskoj razini, kako bi se osigurala učinkovita inovacija po državi članici tvrtki i reklami za iskorištavanje novih znanja izvan Europe. [5]

### 2.2.1 Struktura tehnologijske platforme

#### 2.2.1 *Structure of technology platform*

Slijedeća slika (Slika 1) prikazuje strukturu tehnologijske platforme Smart Grids-a. U samoj središnjici (srcu) je Savjetodavno vijeće koje broji 28 članova i koje daje smjer i upravlja tehnologijskom platformom. Savjetodavno vijeće aktivno podržavaju četiri radne grupe: mrežna imovina, mrežne operacije, potražnja i mjerenja te proizvodnja i skladištenje. Savjetodavno vijeće



**Slika 1**  
Struktura  
tehnologijske  
platforme [6]

**Figure 1**  
Structure of  
technology platform  
[6]

također savjete i smjernice traži iz svoje pomoćne (tzv. Mirror grupe), koju čini vlada država članica, kako bi povezali europske i nacionalne istraživačke programe.

### 3. Mogućnosti Smart Grids tehnologija

#### 3. Possibilities of Smart Grids technology

##### 3.1 Pouzdanost

##### 3.1 Reliability

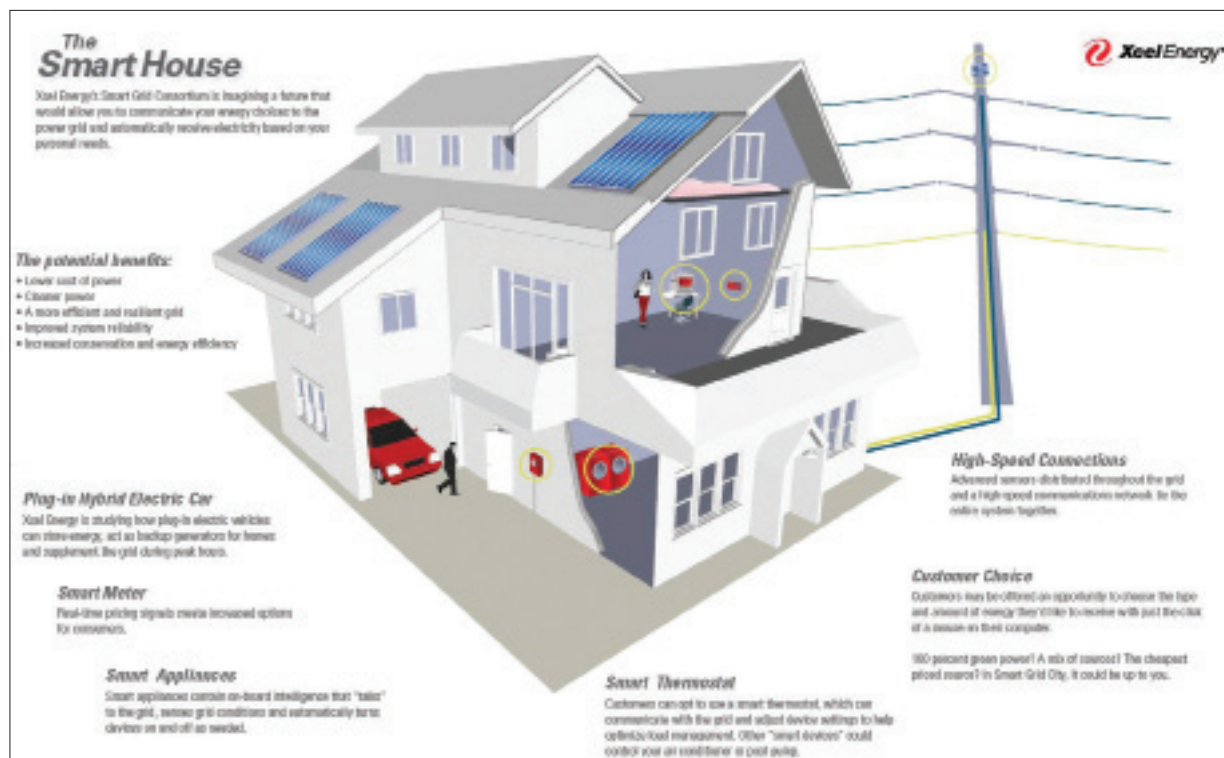
Smart Grids napredna mreža svoj nastanak temelji na informacijsko-komunikacijskim tehnologijama. Ona je samo nadogradnja na postojeći sustav koji svoje temelje bazira na ICT tehnologiji. Međutim, stručnost ljudi iz energetske grane u tehnologiji i dalje gaje određenu sumnju prema naprednim mrežama i njihovom funkcioniranju u implementaciji u postojećem sustavu. Interdisciplinarnost je u području razvoja i primjene naprednih mreža vrlo važna. Dokazano je da sustavi koji navode elektroenergetske mreže koje se baziraju na informacijsko-komunikacijskoj tehnologiji, mogu bez ikakvih problema raditi 20-30 godina. Međutim, kako Smart Grids

na sebe veže i visoki udio obnovljivih izvora energije, i to na svim razinama, to više neće biti tako jednostavno. Teži se k tome da napredne mreže imaju mogućnost „samooporavljanja“, što bi značilo, ako sustav prepozna pogrešku ili kvar, trebao bi se popraviti sam. Što bi na kraju značilo, a već je prije spomenuto, neće biti presudan ljudski faktor u rješavanju problema. Utjecaj ljudskog faktora u sustavu naprednih mreža, bio bi znatno smanjen, te bi on imao ulogu nadzora sustava mreže. [3]

##### 3.2 Efikasnost

##### 3.2 Effectiveness

Brojni doprinosi u ukupnom poboljšanju učinkovitosti energetske infrastrukture očekuju se od izgradnje Smart Grids tehnologija. Posebno se pridaje pažnja pri upravljanju, primjerice isključivanjem klima uređaja tijekom kratkotrajnog kvara u radu, zatim smanjenju napona na distribucijskim linijama, kada je to moguće. Sveukupni učinak pridonijet će manjoj zalihosti u prijenosu i distribuciji linija, te veću iskoristivost generatora, što na kraju dovodi i do niže cijene struje. Učinkovito upravljanje električnom



Slika 2 Efikasnost Smart Grids-a - pametna kuća [3]

Figure 2 Smart Grids Effectiveness – smart house [3]



energijom nudi veliki potencijal uštede. Danas, gotovo 80% primarne energije se gubi u prijenosu to potrošača. Takav potencijal zahtijeva optimalne procese elektrana, učinkovite prijenose i distribucijske sustave, te tehnologije koje će unaprijediti učinkovitost samog korištenja energije. Zaštita klime znači i uštedu energiju gdje god je moguće, pritom izbjegavajući sav mogući nepotrebnii otpad. Transformacija primarne energije u mehaničku, a potom u električnu energiju, proizvodi određene količine toplinske energije, koja se rijetko koristi u većini današnjih elektrana. Jednom generirana električna energija mora se transportirati i distribuirati. Takvi procesi prouzrokuju gubitke od 5-10%. Potrošnja električne energije u industriji, trgovini i kućanstvima također uzrokuje gubitke. Neučinkovitost motornih sustava i korištenje zamjenskih motora u industrijama, najčešće su glavni izvori gubitaka u industriji. Energetsko upravljanje zgradama nudi veliki

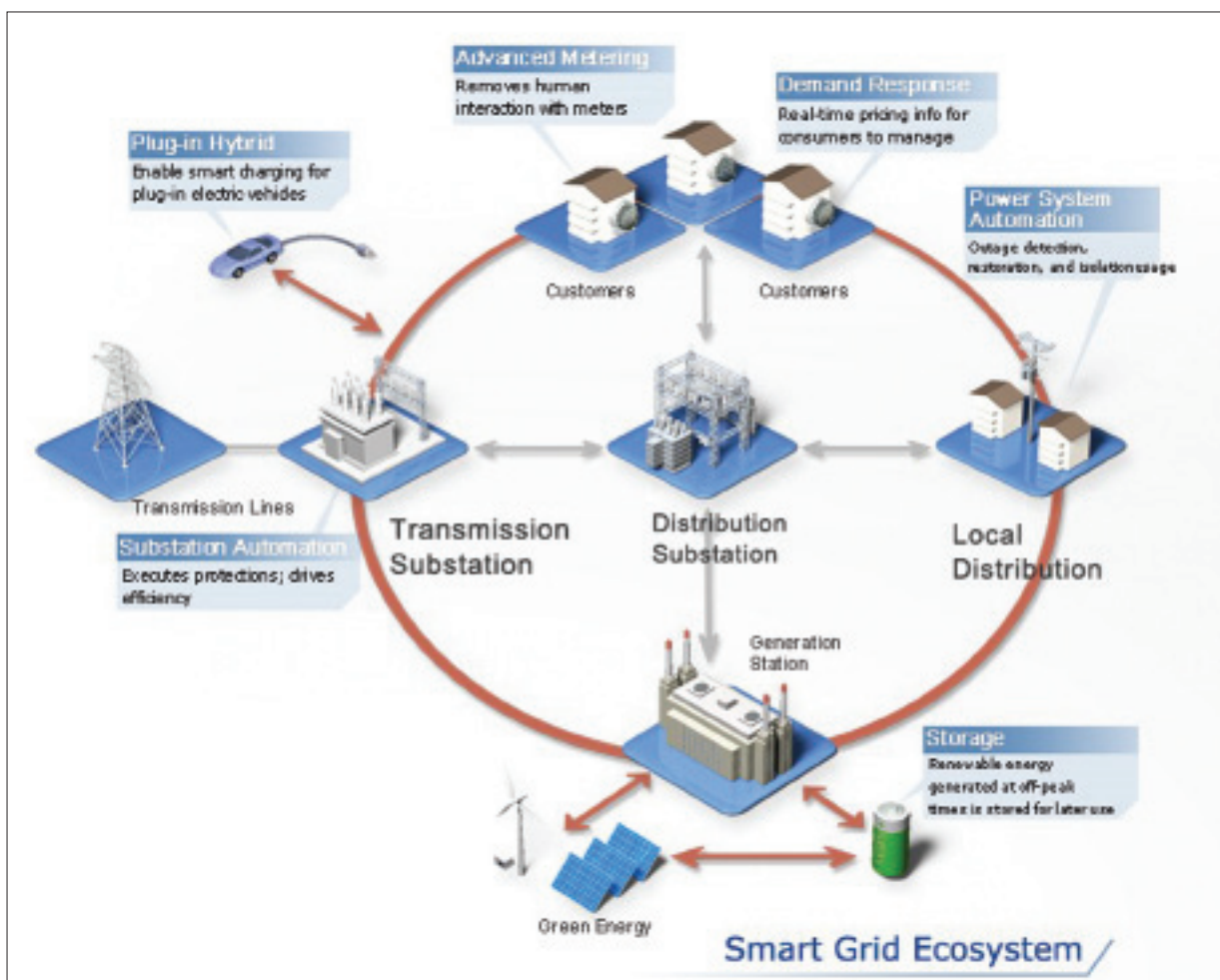
potencijal za uštedu energije u komercijalnim i stambenim područjima. (Slika 2) S uštedom energije dolaze i razne ekonomske koristi. Također, ako bi generatori pružali potrošačima više informacija (pametni generatori), potrošači bi bili u stanju razviti plan korištenja električnom energijom, smanjiti troškove potrošnje, te emisije ugljičnog dioksida.

Smart Grids tehnologija, kao budućnost električnog sustava može postići svoj puni potencijal ako se poboljša učinkovitost svake „karike“ u lancu energetskog sustava, te se ukupna vrijednost električne energije značajno poboljša i unaprijedi.[3]

### 3.3 Održivost

#### 3.3 Sustainability

Poboljšana fleksibilnost pametne mreže dopušta veću penetraciju vrlo promjenjivih izvora



Slika 3 Ekosustav Smart Grids-a [3]

Figure 3 Smart Grid Ecosystem [3]

obnovljive energije kao što su solarna energija i energija vjetra, čak i bez dodatka za pohranom energije. Trenutno, mrežna infrastruktura nije izgrađena kako bi omogućila distribuirane točke napajanja, ali, iako i poneke točke, odnosno mjesta napajanja su moguća na lokalnoj (distribucijskoj) razini, infrastruktura na razini za prijenos energije takvo što ne može primiti. Brze promjene i utjecaji na distribuiranje proizvodnje energije, kao što primjerice može biti oblačno ili vjetrovito vrijeme, predstavljaju značajne izazove za inženjere energetike koji trebaju osigurati stabilne razine snage kroz više različitih izlaza upravljivih generatora, kao što su plinske turbine i hidroenergetski generatori. Smart Grids tehnologija je pritom nužan uvjet za velike količine obnovljive električne energije na mreži. [3]

## 4. Tehnologija Smart Grids-a

### 4. Smart Grid Technology

#### 4.1 Integrirana komunikacija

##### 4.1 Integrated communication

Pojedine vrste komunikacija su do danas vrlo razvijene i konstantno se nadograđuju i ažuriraju. Međutim, nisu sve univerzalne, ponajviše jer su se razvijale na inkrementalan način. U krajnosti to vodi u nepotpunu integriranost. U većini slučajeva, podaci se prikupljaju putem modema, a ne mrežnim vezama. Područja u kojima postoje mogućnosti za poboljšanja sustava su automatizacijske trafostanice, vremenski odaziv, automatizacija distribucije, kontrola nadzora i prikupljanja podataka, tzv. SCADA, zatim sustav za upravljanje energijom, bežične mesh2 mreže, komunikacijska snaga vodova te optička mreža. Takav integrirani komunikacijski sustav u naprednim mrežama, omogućit će kontrolu mreže u realnom vremenu, informacije i razmjenu podataka kojima je cilj optimizirati pouzdanost sustava, te korištenje imovine i sigurnosti. [2]

<sup>2</sup> mesh mreža je vrsta komunikacijske mreže koju karakterizira da svaki čvor u mreži služi kao prijenosnik na druge čvorove, što bi značilo da ne postoji središnji, odnosno glavni čvor.

## 4.2 Pametna brojila

### 4.2 Smart meters

Pametna brojila su elektronički uređaji koji bilježe potrošnju električne energije u razmacima od sat vremena ili manje i razmjenjuje tu informaciju na dnevnoj bazi s alatom za praćenje i naplatu. Ovakvi uređaji omogućuju dvosmjernu komunikaciju između mjerne postaje ili točke i središnjeg sustava.



Slika 4 Pametno brojilo [7]

Figure 4 Smart meter [7]

U tehnologiji Smart Grids-a, pametna brojila s digitalnim mjerenjima zamjenjuju analogna mehanička brojila. Takva brojila su u mogućnosti bilježiti mjerenja potrošnje u realnom vremenu (real-time). Pametna brojila pružaju se na dužini od elektrana pa sve do kućanstva ili ureda - utičnica (pametne utičnice) (Slika 12) ili ostalih uređaja koji podržavaju Smart Grids tehnologije i kompatibilni su s njima. Pametna utičnica je također jedna od tehnologija koja se veže uz Smart Grids. To je inteligentna i sofisticirana utičnica koja korisnicima omogućuju kontrolu potrošnje električne energije, veću zaštitu od električnog udara, uvid u trenutnu količinu potrošnje struje te mnoge druge mogućnosti. Po izboru kupca, takve uređaje je moguće ugaziti za vrijeme najveće potražnje za strujom. [2]

## 5. Implementacije Smart Grids-a

### 5. Smart Grid Implementations

Prvi primjer implementacije Smart Grids tehnologija je Enel, jedan od najranijih, ali i najvećih primjera pametne mreže, izgrađen u

Italiji, a konstruirao ga je Enel S.p.A iz Italije. Dovođen 2005. godine, projekt Telegestore vrlo je neobičan u svijetu komunalija jer tvrtka sama dizajnira i gradi svoja mjerila, odnosno djeluje kao vlastiti integrator sustava, te razvija svoje vlastite softverske sustave. Projekt Telegestore je široko cijenjen kao prvi komercijalni projekt korištenja Smart Grids tehnologija kod kuće, te donosi godišnju uštedu od 500 milijuna eura, dok cijeli projekt košta 2,1 milijardu eura.

Slijedeći primjer je u SAD-u, Odjelu za energetiku pod nazivom ARRA Smart Grids projekt. Jedan je od najvećih implementacija programa koje financira ARRA u svijetu do danas. Ovakav program zahtijeva financiranje iz pojedinačnih usluga ili komunalija. Ukupno je preko 9 milijardi dolara uloženo u javne i privatne fondove u sklopu ovog programa. Tehnologije uključene u infrastrukturu pametnog mjerenja (AMI), uključujući više od 65 milijuna naprednih pametnih mjerila, sučelja sustava kupaca, distribuciju i automatizaciju trafostanica, optimizacijske sustave, dinamičke linije, projekata računalne sigurnosti, naprednih distribucijskih sustava, pohranu energije i integracija projekata obnovljivih izvora energije. Ovaj program sastojao se od investicijskih odobrenja, demonstracijskih projekata, studija prihvatanja potrošača i radnika obrazovnih programa. Izvješća iz svih pojedinačnih programa, kao i izvješća cjelokupnog utjecaja, trebao bi biti dovršen do drugog tromjesečja 2015. godine.

U državi Massachusetts, jedan od prvih pokušaja implementacija pametne mreže je odbačen 2009. godine. Tvrtka pod nazivom Northeast Utilities' Western Massachusetts Electric Co. je zapravo pokušavala stvoriti Smart Grids program pomoću javne subvencije koja će potrošača slabijeg imovinskog stanja prebaciti iz post-pay u pre-pay plaćanje, korištenjem pametne kartice, uz uvođenje posebnih rata premija za korištenje električne energije prema unaprijed određenim količinama. Takav plan je odbijen od strane regulatora jer je ugrožavao kupovnu moć potrošača s niskim prihodima.

Primjer implementacije nalazi se i u Austinu, u državi Texas, u Sjedinjenim Američkim Državama. Texas je radio na izgradnji nacionalne pametne mreže još od 2003. godine, kada su

prema programu, zamijenili trećinu klasičnih mjerila sa pametnim (inteligentnim) mjerilima koja su komunicirala preko bežičnog signala. Njihova mreža upravlja s oko 200.000 real-time uređaja (pametna mjerila, pametni termostati, senzori, itd.), a do 2009. godine broj takvih uređaja je narastao na pola milijuna (500.000), pritom opskrbljujući milijun potrošača i oko 43.000 poduzeća. [3]

## 6. ZigBee kao primjena Smart Grids tehnologija

### 6. ZigBee as the application of Smart Grids technology

#### 6.1 Pojam ZigBee

##### 6.1 ZigBee

ZigBee je u načelu bežični komunikacijski protokol koji omogućuje da uređaji, bilo oni za kućnu ili poslovnu upotrebu, međusobno funkcioniraju i razmjenjuju podatke. ZigBee protokol je osmišljen i ratificiran od strane tvrtki članica grupacije ZigBee Alliance u kojoj članstvo imaju više od 300 tehnoloških tvrtki i raznih proizvođača. Kao takav, ZigBee protokol je dizajniran i planiran da omogući bežične prijenose podataka između uređaja karakteriziranim sigurnošću i pouzdanošću. Osmišljen je još 1998. godine, zatim je standardiziran 2003. godine, a revidiran 2006. godine.



Slika 5 ZigBee [20]

Figure 5 ZigBee [20]

Ciljane primjene tehnologije ZigBee su aplikacije koje su zadužene za umrežavanje velikog broja uređaja, te prijenos podataka u malim količinama i slabu potrošnju energije te veliku razinu sigurnosti. [8]

## 6.2 Način rada

### 6.2 Mode

ZigBee je specifikacija za pakete na visokoj razini komunikacijskih protokola koji se koriste za stvaranje osobne računalne mreže (PAN) izgrađene od malih, niskoenergetskih stanica. ZigBee tehnologija se temelji na IEEE 802.15.4 standardu. Takva tehnologija koristi malu snagu koja ograničava daljine granica prijenosa između 10-100 metara line-of-sight<sup>3</sup>, ovisno o izlaznoj snazi i karakteristikama okoliša. ZigBee uređaji mogu prenositi podatke preko velikih udaljenosti propuštanjem podataka putem mesh mreže intermedijarnih uređaja. Obično se koristi u aplikacijama niskih brzina prijenosa koje zahtijevaju dugotrajan rad baterije i sigurno umrežavanje. Brzina pri prijenosu podataka definirana je na 250 kbit/s, jer takva brzina najbolje odgovara za povremene prijenose podataka od senzora ili nekih ulaznih uređaja. Aplikacije mogu uključivati bežične prekidače za svjetlo, električne uređaje za mjerenje s ekranom, sustave upravljanje prometom i razne druge potrošače i industrijsku opremu koja zahtijeva kratki domet te niske brzine bežičnog prijenosa podataka. Tehnologija specificirana po ZigBee načelima namijenjena je da bude jednostavnija i jeftinija od drugih bežičnih osobnih računalnih mreža. (WPAN)

ZigBee je low-cost bežična mesh mreža male snage čiji su standardi usmjereni na široki razvoj dugog trajanja baterije u bežičnoj kontroli i praćenje programa. ZigBee uređaji imaju nisku latenciju, što dodatno smanjuje prosječnu potrošnju struje. ZigBee čipovi su obično integrirani s radio i mikrokontrolerima koji imaju između 60-256 KB flash memorije. Tehnologija ZigBee djeluje u takozvanom industrijskom, znanstvenom i medicinskom frekvencijskom rasponu (ISM), pa tako primjerice u većini zemalja u svijetu radi na frekvencijskom području

od 2,4 GHz, dok u Kini radi na 784 MHz, 868 MHz u Europi i 915 MHz u SAD-u i Australiji. Prijenosi podataka variraju od 20 kbit/s (područje 868 MHz) do 250 kbit/s (područje 2,4 GHz). [9]

## 6.3 Sigurnosna arhitektura

### 6.3 Security architecture

ZigBee arhitektura koristi 128-bitne ključeve za implementaciju svojeg sigurnosnog mehanizma. Ključ može biti povezan s mrežom, te biti koristan i na ZigBee sloju i na MAC pod sloju, ili na linku stečenog kroz pred instalaciju, dogovorom ili prijenosu. Uspostava veze ključeva temelji se na glavnom ključu koji kontrolira vezu korespondencije ključeva. U konačnici, početni glavni ključ se mora dobiti putem sigurnog medija (prijenosom ili pred instalacijom) jer sigurnost kompletne mreže ovisi o tome. Veza i glavni ključ su vidljivi samo na aplikacijskom sloju. Različite usluge koriste različite jednosmjerne varijacije ključeva na vezi kako bi se izbjeglo curenje informacija i sigurnosne rizike.

Distribucija ključeva jedan je od najvažnijih funkcija mreže. Sigurna mreža će odrediti jedan posebni uređaj koji ostalim uređajima na mreži „vjeruje“ da mogu distribuirati ključeve. U idealnom slučaju, uređaji će imati povjerljivu centralnu adresu i pred instaliran početni glavni ključ. Tipične aplikacije će za komunikaciju bez neke posebne potrebe za sigurnosti, koristiti mrežni ključ izdan od povjerljivog izvora. [9]

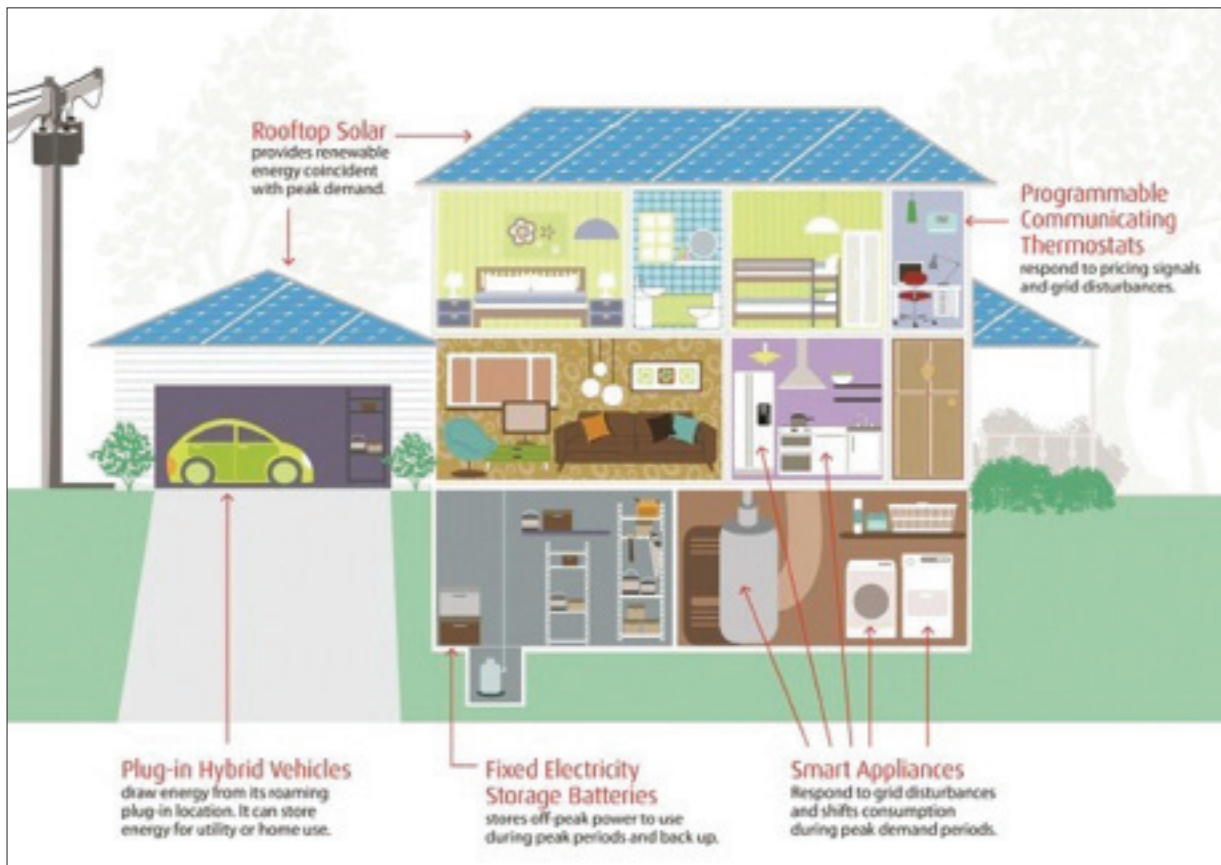
## 6.4 Primjena ZigBee

### 6.4 ZigBee Application

ZigBee protokol namijenjen je ugrađenim aplikacijama koje zahtijevaju nisku potrošnju energije i toleriraju niske brzine prijenosa podataka. Nastala mreža koristi vrlo male količine energije. Što bi značilo da pojedinačni uređaji moraju imati baterije koje mogu trajati najmanje dvije godine kako bi prošle ZigBee certifikat. Tipična područja u kojima se primjenjuje su kućna kontrola i zabava, početna automatizacija, pametne rasvjete, zatim napredne kontrole regulacije temperature, kod sigurnosti, filmova i glazbe ZigBee radi za svoje korisnike, može ispitivati temperaturu, kontrolu svjetla, čak i otvaranje i

3 Ravnna linija između izvora i cilja.





*Slika 6 Kućna mreža [7]*

*Figure 6 Home network [7]*

zatvaranje zavjese, pružajući maksimalnu udobnost i sigurnost. Sustav je posložen kako bi pružio kompletnu kontrolu nad stvarima koje korisnik želi nadzirati. ZigBee sustav je jednostavan za korištenje kako bi se detaljno približio korisnicima. Ima mogućnost kontrole iz daljine, gdje korisnicima nudi kontrolu vlastitog doma s druge strane svijeta. Ovakva vrsta tehnologije koristi snagu iz mreže za povezivanje svakog proizvoda sa svakim, što bi značilo, ako i jedan uređaj prestane raditi, drugi će i dalje komunicirati bez prekida. ZigBee u svojem radu standardizira sve od osnovne komunikacije pa do toga kako proizvod radi. Također, omogućuje uređajima trajanje godinama na jednoj bateriji, a uz značajku Green Power, ili zelena energija korisnici ne trebaju bateriju uopće koristiti u uređajima. Može se reći da je ZigBee jezik za razne uređaje pametne kuće kojima tvrtke mogu isporučivati integrirani ekosustav kućnog praćenja, upravljanja energijom, grijanje i hlađenje te sigurnost i praktičnost uređaja. ZigBee korisnicima omogućava jednostavnu kontrolu nad svim svojim

LED svjetiljkama, žaruljama, zatim daljinskih prekidača i upravljača. Takav sustav upravljanja i kontrole smanjuje potrošnju energije te znatno čini okolinu i domove u kojima korisnici žive zelenijima, odnosno čistijima. [8]

## 6.5 ZigBee 3.0

### 6.5 ZigBee 3.0

ZigBee verzija 3.0 predstavlja ujedinjenje vodećih tržišnih standarda ZigBee Alliance grupe u jedan standard. Ovaj standard je trenutno u razvitku i u fazi testiranja, a pristup njemu imaju samo korisnici ZigBee Alliance grupe. Također, ZigBee 3.0 pružit će besprijekornu interoperabilnost među najširim rasponom pametnih uređaja te dati svojim korisnicima i tvrtkama pristup inovativnim proizvodima i uslugama koje će raditi zajedno te poboljšati svakodnevicu.

Ova verzija pojednostavljuje izbor za programere koji stvaraju takozvani „Internet of Things“ proizvode i usluge, što bi značilo, spojiti uređaja što je više moguće kako bi se oni mogli koristiti

zajedno u neke nove svrhe i načine. Primjerice, kada je termostat uključen da grije, to bi moglo uključiti drugi sustav za automatsko zatvaranje zastora tako da toplina ne pobjegne iz prostora. Današnji sustavi koji tako rade se implementiraju odvojeno te koriste različite profile i ne rade na zajedničkoj mreži, a preko ZigBee 3.0 oni bi komunicirali direktno. No, najveća korist od ZigBee 3.0 bit će svijest korisnika, smatraju stručnjaci, jer će ZigBee biti jedan ZigBee, gdje korisnici neće trebati provjeravati kompatibilnosti proizvoda. To što proizvod na polici ima ZigBee logotip na ambalaži, ne znači da je kompatibilan s drugim proizvodima s tim istim logotipom. Međutim, nakon pronalaska logotipa, korisnik bi morao provjeriti koji ZigBee uređaj je naveden za to. Uprave takve probleme će riješiti verzija ZigBee 3.0. [8][10]

## 7. Zaključak

### 7. Conclusion

Smart Grids pametne elektroenergetske mreže, kao mreže budućnosti, u sebi nose široku paletu mogućnosti, kojima će se na neki način olakšati korištenje energije, istovremeno i poboljšati efikasnost, te voditi bolje evidencije o potrošnji struje i njezinoj kvaliteti. Isto tako, uvođenjem pametne mreže, kao glavne energetske mreže budućnosti, poticat će se i razvoj obnovljivih izvora energije, te njihovu integraciju u mrežu. Takav razvoj događaja znatno doprinosi i očuvanju i zaštiti okoliša, jer se znatno smanjuju štetni utjecaji na okoliš pri proizvodnji električne energije. Uvođenje pametnih brojlara, te raznih ostalih „inteligentnih“ komponenti koje vode brigu

o funkcioniranju mreže, doprinijet će i razvoju softverske industrije koja takve uređaje proizvodi. Automobili na fosilna goriva, zamijenit će se električnima, te će se napajati električnom energijom iz središnjih izvora. Ovakva primjena tehnologije naprednih mreža znatno doprinosi očuvanju okoliša, jer su sadašnje količine emisije štetnih plinova automobila, na vrlo zabrinjavajućoj razini.

Vrlo je vjerojatno da će se u budućnosti živjeti u takozvanim pametnim kućama, koje će same voditi brigu o potrošnji električne energije, isključivat će i uključivati pojedine uređaje ovisno o potrebi, te isto tako regulirati paljenje i gašenje svjetiljki, uređaja u kućanstvu, itd. Pametna kuća će sama regulirati energiju, bez da ljudi koji žive unutar nje, to znaju ili osjete. Razni zamrzivači, perlice i sušilice, hladnjaci, televizori, i razni drugi uređaji u kućanstvu pametno će se kontrolirati. Svaki korisnik, moći će za reguliranje tih uređaja koristiti jednostavan daljinski, ili čak mobitel.

Upravo su jedan od takvih praktičnih primjera implementacije Smart Grids tehnologija, gdje se korisniku olakšava upravljanje komunalijama i ostalim stvarima koje su mu svakodnevno potrebne, malene aplikacije koje koriste protokole koji se brinu o korisniku, odnosno olakšavaju svakodnevni život brinući se o štedljivosti energije i vode, te vodeći računa o energetske učinkovitosti. Jedna od takvih tehnologija, koja se upravo temelji na pametnoj energiji, te se implementira u pametnu energetske mrežu, a koristi vrlo malo resursa i dizajnirana je da bude bliska korisniku i jednostavna za uporabu – ZigBee tehnologija, odnosno ZigBee protokol kojeg koriste pametni uređaji.

## 8. Reference

### 8. References

- [1] <http://www.energetika-net.com/specijali/intervju-mjeseca/masovna-implementacija-naprednih-mreza-za-nekoliko-godina-postaje-obaveza-u-eu-16173> , (04.05.2015.)
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Smart\\_grid](https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid) (04.05.2015.)
- [3] <http://nared.org/energy-efficiency/smart-grid/> , (05.05.2015.)
- [4] [http://www.zelenazona.hr/home/wps/wcm/connect/zelenazona/gospodarstvo/zelene\\_tehnologije/smart-grids-napredne-elektroenergetske-mreze](http://www.zelenazona.hr/home/wps/wcm/connect/zelenazona/gospodarstvo/zelene_tehnologije/smart-grids-napredne-elektroenergetske-mreze), (05.05.2015.)
- [5] European Technology Platform, Smart-Grids, Strategic Research Agenda, Update of the SmartGrids SRA 2007 for the needs by the year 2035, European Commission,

2012. <<http://www.smartgrids.eu/ETP%20Documents>>, (05.05.2015.)
- 6] European Technology Platform, Smart-Grids, Strategic Research Agenda for Europe's electricity Networks of the Future, European Commission, 2007. <<http://www.smartgrids.eu/ETP%20Documents>>, (05.05.2015.)
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Smart\\_meter](https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_meter)
- [8] <http://www.zigbee.org/> (03.08.2015.)
- [9] <https://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee> (07.08.2015.)
- [10] <http://www.pcworld.com/article/2849172/zigbee-30-promises-one-standard-for-many-uses.html> (12.08.2015.)

## **AUTORI · *AUTHORS***

**Dubravko Žigman** – nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 1, No. 1, 2013.

**Korespondencija:**  
dzigman@tvz.hr