

KORISNIČKE APLIKACIJE PAMETNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

Vesna Radonjić Đogatović¹, Anđela Čika²

¹Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, v.radonjic@sf.bg.ac.rs

²Roaming Networks, andjela.cika@roamingnetworks.rs

Rezime: *Pametna elektroenergetska mreža (SG, Smart Grid) je mreža koja koristi informacione i komunikacione tehnologije za automatizovano prikupljanje informacija o snabdevanju i potrošnji i postupa na osnovu istih, u cilju poboljšanja efikasnosti, pouzdanosti, ekonomičnosti i održivosti proizvodnje i distribucije električne energije. Komunikaciona infrastruktura je skalabilna i široko rasprostranjena i time presudna za izgradnju, rad i suštinski deo uspeha nove SG. Napredne komunikacione/mrežne tehnologije treba da budu integrisane u sisteme napajanja naredne generacije, kako bi se povećala njihova otpornost, efikasnost i održivost. Kroz komunikacionu infrastrukturu, pametna elektroenergetska mreža može poboljšati pouzdanost i kvalitet napajanja kako bi eliminisala nestanke električne energije. U ovom radu razmatrane su prevashodno SG aplikacije lokalne i NAN (Neighborhood Area Network) mreže.*

Ključne reči: *aplikacija, energija, pametna elektroenergetska mreža, tehnologija, uređaj*

1. Uvod

Industrija je proteklih godina prošla kroz značajnu promenu svojih informacionih i komunikacionih sistema kako bi podržala sadašnje i buduće poslovne modele rada pametnih elektroenergetskih mreža (SG, *Smart Grid*). Elektroenergetika se menja iz tradicionalnih modela poslovanja kako bi prihvatila brojne nove i unapređene tehnologije koje podržavaju buduće operacije pametne elektroenergetske mreže. Hijerarhijska i centralno kontrolisana topologija mreže postojećih elektroenergetskih sistema ostala je nepromenjena tokom dvadesetog veka. Sa druge strane, dolazi do brzog povećanja troškova fosilnih goriva, zajedno sa nemogućnošću komunalnih preduzeća da prošire svoje proizvodne kapacitete u skladu sa rastućom tražnjom za električnom energijom. Iz ovih razloga potrebno je modernizovati postojeće elektroenergetske mreže što dovodi do razvoja pametnih elektroenergetskih mreža.

Aplikacije, komunikacije i bezbednost pametne elektroenergetske mreže pokazuju da različite tehnologije imaju značajnu ulogu u izgradnji i njenom održavanju širom sveta. Cilj je otklanjanje većine nedostataka postojeće električne mreže, koja je skupa, neadekvatna i nefleksibilna, ujedinjavanjem informacionih i komunikacionih tehnologija (ICT, *Information and Communication Technology*) radi poboljšanja njenih

performansi [1]. Implementacija SG-a uključuje skup komunikacionih mreža koje omogućavaju njenim podsistemima da integrišu brojne uređaje i tehnologije sa ciljem poboljšanja elektroenergetskog sistema u pogledu pouzdanosti, efikasnosti, ekonomičnosti i životne sredine [2]. Važno je napomenuti da se SG sastoji od fizičkog sloja, odnosno fizičkih uređaja koji ga čine, komunikacionog sloja sa programskom podrškom i sloja primene odnosno upravljanja mrežom, naplate, analize i sl. [3].

Razvoj SG-a doneo je sa sobom niz pogodnosti koje korisniku olakšavaju upotrebu i potrošnju električne energije i komunalnih usluga. Integracija SG-a u trenutnu infrastrukturu zahteva opsežna i dugotrajna istraživanja, različita testiranja i pilot projekte kojima se simulira njen rad [1-4]. Veliko je interesovanje za primenu kućne mreže (HAN, *Home Area Network*) i mreže kratkog dometa NAN (*Neighborhood Area Network*).

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon uvodnog dela, u drugom poglavlju opisana je SG arhitektura za komunikacione mreže. Aplikacije lokalne mreže i njihove mogućnosti navedene su u trećem poglavlju, dok su NAN aplikacije opisane u četvrtom poglavlju. U zaključku su istaknute mogućnosti i očekivanja buduće primene SG mreže i aplikacija.

2. Komunikacione mreže u SG okruženju

Pametna elektroenergetska mreža sadrži:

- 1) sloj sistema za napajanje koji se odnosi na sisteme za proizvodnju, prenos, distribuciju snage, kao i korisnički sistem,
- 2) sloj za kontrolu napajanja koji omogućava funkcije nadzora, praćenja i upravljanja mrežom,
- 3) komunikacioni sloj koji omogućava dvosmernu komunikaciju u SG okruženju,
- 4) bezbednosni sloj koji obezbeđuje poverljivost podataka, integritet, potvrdu identiteta i dostupnost i
- 5) aplikacioni sloj koji pruža različite SG aplikacije korisnicima i usluge na osnovu postojeće informacione infrastrukture.

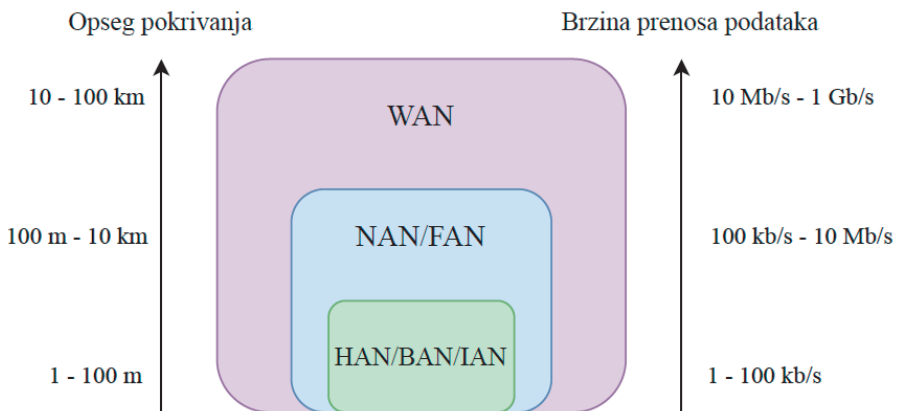
Na primer, da bi se omogućila aplikacija pametnog merenja, električna mreža mora imati sloj sistema za napajanje, odnosno sistem za distribuciju električne energije koji isporučuje električnu energiju korisnicima, sloj za kontrolu snage, koji predstavlja pametno brojiilo za praćenje potrošnje energije, komunikacioni sloj, koji je neophodan za omogućavanje prenosa informacija od korisnika do komunalnog preduzeća ili obrnuto i bezbednosni sloj, koji je neophodan za rešavanje problema privatnosti podataka [5].

Komunikacioni sloj je jedan od najkritičnijih elemenata koji omogućava rad SG aplikacija. U SG okruženju komunikaciona mreža može biti predstavljena hijerarhijskom višeslojnom arhitekturom. Ova arhitektura klasifikovana prema brzini prenosa podataka i opsegu pokrivanja obuhvata: kućne mreže (HAN), mreže zgrada (BAN, *Building Area Network*), mreže industrijskih područja (IAN, *Industrial Area Network*), mreže kratkog dometa (FAN, *Field Area Network*) i mreže širokog područja (WAN, *Wide Area Network*).

HAN/BAN/IAN aplikacije uključuju automatizaciju kuće i automatizaciju zgrada, koje su povezane sa slanjem/prijemom električnih mernih podataka iz uređaja u kontroler u prostorijama korisnika. Za ove aplikacije nije potreban prenos podataka na visokoj frekvenciji, a sve aplikacije se javljaju unutar stambenih, komercijalnih ili industrijskih zgrada. Stoga su komunikacioni zahtevi za HAN/BAN/IAN aplikacije niska

potrošnja energije, niska cena, jednostavnost i bezbedna komunikacija. Komunikacione tehnologije koje pružaju brzinu prenosa podataka do 100 kb/s sa manjim opsegom pokrivanja (do 100 m) su uglavnom dovoljne. ZigBee, WiFi, Z-Wave, PLC (*Powerline Communications*), odnosno *HomePlug*, *Bluetooth* i *Ethernet* imaju rasprostranjenu primenu za podršku HAN/BAN/IAN aplikacijama [5].

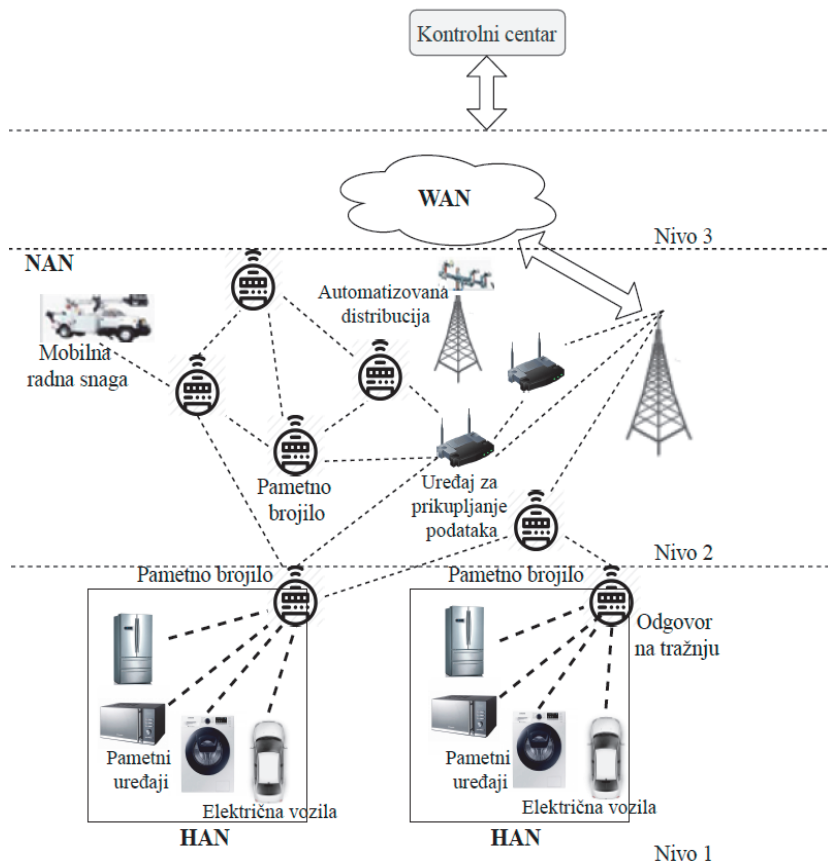
U NAN/FAN aplikacijama, kao što su pametno merenje (DR, *Demand Response*) i automatizacija distribucije (DA, *Distribution Automation*), podaci su potrebni za prenos od velikog broja korisnika/terenskih uređaja do uređaja za prikupljanje podataka/trafostanice ili obrnuto. Stoga ove aplikacije zahtevaju komunikacione tehnologije koje podržavaju veću brzinu prenosa podataka (100 kb/s – 10 Mb/s) i veću oblast pokrivanja (do 10 km). NAN/FAN aplikacije mogu se implementirati preko ZigBee mesh mreža, WiFi mesh mreža, PLC-a, kao i kablovske i bežične tehnologije za velike udaljenosti, kao što su WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), mobilna mreža, DSL (*Digital Subscriber Line*) i mreža sa koaksijalnim kablom. Zahtevi za brzinu prenosa podataka i opsegom pokrivanja za ove i ostale navedene mreže su prikazani na slici 1.



Slika 1: Zahtevi za brzinu prenosa podataka i opseg pokrivanja za SG hijerarhiju

SG platforma se sastoji od različitih domena, uključujući proizvodnju, prenos, distribuciju, korisnike, provajdere servisa, operacije i tržišta, kako bi se omogućile različite aplikacije. Područje proizvodnje odgovorno je za proizvodnju električne energije iz drugih oblika energije, npr. fosilnih goriva, vode, vetra, sunčevog zračenja i geotermalne toplote. Prenosni domen je odgovoran za prenos električne energije iz proizvodnih izvora u distributivne sisteme na velike udaljenosti kroz više podstanica. Distributivni domen je električna interkonekcija između prenosnog i korisničkog domena, koji distribuira električnu energiju od/do korisnika. Korisnički domen uključuje stambene, komercijalne i industrijske korisnike, gde se troši električna energija. Domen dobavljača usluga pruža usluge korisnicima i komunalnim preduzećima. Operativni domen upravlja prenosom električne energije i odgovoran je za rad sistema za napajanje. Tržišno područje omogućava razmenu cena i uravnoteženu ponudu i tražnju u elektroenergetskom sistemu. Svaki domen može biti interaktivan sa ostalim domenima putem različitih komunikacionih mreža kako bi se ispunili zahtevi različitih SG aplikacija [1, 5]. Postoji mnogo aplikacija kao što su DR

ili nadgledanje mreže, koje mogu da koriste HAN, NAN ili WAN mreže ili njihovu kombinaciju kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2: Višeslojna SG komunikaciona mreža sa HAN, NAN i WAN mrežama [6]

Može se reći da se većina aplikacija u SG-u, može klasifikovati u šest funkcionalnih kategorija, koje su navedene u tabeli 1. Očekuje se da će ove aplikacije imati visoku bezbednost, visoku pouzdanost i različite zahteve za kvalitetom servisa (QoS, *Quality of Service*), poput propusnog opsega i kašnjenja [6]. Iako se neki od ovih zahteva mogu adresirati samo na sloju rutiranja HAN/NAN/WAN mreža, pristupi više slojeva mogu poboljšati performanse. U svakom slučaju, dizajn protokola rutiranja je presudan za ispunjavanje većine zahteva aplikacija.

Tabela 1: SG aplikacije i mrežni zahtevi [6]

Aplikacija	Mrežni zahtevi	
	Propusni opseg	Kašnjenje
AMI	10 – 100 kb/s/čvoru, 500 kb/s <i>backhaul</i>	2 – 15 s
DR	14 – 100 kb/s po čvoru/uređaju	500 ms – nekoliko minuta
Sistem za informacije o situaciji u širokom području	600 – 1500 kb/s	20 – 200 ms
Distribuirani energetske resursi i skladištenje	9,6 – 56 kb/s	20 ms – 15 s
Električni prenos	9,6 – 56 kb/s, 100kb/s je dobar cilj	2 s – 5 min
Upravljanje distributivnom mrežom	9,6 – 100 kb/s	100 ms – 2 s

3. Aplikacije lokalne mreže

Lokalna mreža, tj. HAN/BAN/IAN, nalazi se na kraju korisničke arhitekture mreže, u domenu korisnika i omogućava pristup kućnim aparatima. Podržava komunikaciju između kućnih aparata, električnih vozila i druge električne opreme u prostorijama korisnika. HAN obezbeđuje komunikaciju za kućne aparate i opremu koji mogu da šalju i primaju signale sa pametnog brojila, kućnih displeja (IHD, *In-Home Display*) i/ili sistema kućnog upravljanja energijom (HEM, *Home Energy Management*). Ove aplikacije uključuju kućnu automatizaciju, optimalne postavljene vrednosti termostata za termičke zone, optimalnu zadatu vrednost temperature rezervoara za vodu, kontrolu i upravljanje opterećenjima i obezbeđivanje ukupnih troškova električne energije. HAN takođe omogućava kontrolu aplikacija radi povećanja pogodnosti korisnicima, efikasnog upravljanja kućom i primenu DR-a. BAN i IAN se koriste za komercijalne i industrijske korisnike sa fokusom na automatizaciju zgrada, grejanje, ventilaciju i klimatizaciju (HVAC, *Heating, Ventilating, Air Conditioning*) i druge industrijske aplikacije za upravljanje energijom. Lokalna mreža povezana je sa drugim elementima pametne elektroenergetske mreže, npr. elektrodistribucijom ili nezavisnim provajderom energetskih usluga, putem pametnog brojila ili mrežnog *gateway*-a. To omogućava električnom preduzeću da pruži NAN/FAN aplikacije u stambenim, komercijalnim i industrijskim prostorijama, npr. pripejd usluge, razmenu korisničkih informacija, određivanje cena i kontrole u realnom vremenu, upravljanje opterećenjem i DR.

Kućne mreže za automatizaciju sastoje se od senzora i aktuatora za različite primene, kao što su upravljanje svetlom, daljinsko upravljanje, pametno korišćenje energije i bezbednost [7]. Na primer, aplikacija za kontrolu osvetljenja omogućava upravljanje svetlima preko bilo kog prekidača, njihovo aktiviranje daljinskim upravljačem ili automatsko uključivanje/isključivanje na osnovu informacija o sensorima ili zahteva DR od komunalnog preduzeća. Mreža zgrada/poslovnog područja (BAN) koristi se za

označavanje sličnih mreža kada se primenjuje u preduzećima, a mreža industrijskih područja (IAN) kada se primenjuje na industrijsko okruženje [6].

Bežična komunikacija u HAN/BAN/IAN je pogodnija u odnosu na žičnu, jer omogućava fleksibilno dodavanje i uklanjanje uređaja i smanjuje troškove instalacije. Štaviše, obim mreža kućne automatizacije sa velikom gustinom čvorova može žične pristupe učiniti nepraktičnim. Međutim, bežično rešenje radi u višestrukum okruženju zbog prisustva reflektujućih površina u kućnim uslovima koji su podložni smetnjama, jer u kućama postoje različiti uređaji, od bežičnih telefona preko mikrotalasnih rerni, do bežične lokalne mreže (WLAN, *Wireless Local Area Network*) itd.

Podaci generisani od svakog kućnog uređaja i zahtevi za komunikacijom svakog uređaja u HAN-u mogu se razlikovati. Uređaji se mogu klasifikovati u četiri grupe na osnovu njihovih komunikacionih potreba:

- Uređaji sa malim opterećenjem čine prvu grupu, poput sijalica, punjača za telefone i laptop računare. Upravljanje ovim uređajima neće imati značajno smanjenje profila ukupnog opterećenja. Kontrolnim centrima su potrebne samo jednostavne informacije, na primer kada su uređaji povezani ili isključeni. Stoga je dovoljna minimalna komunikacija ove grupe sa kontrolnim centrom.
- Druga grupa su nekontrolisani uređaji velikog opterećenja, poput šporeta. Šporet se koristi kad god je to potrebno i njime se ne može upravljati. Ova grupa uređaja takođe zahteva minimalnu komunikaciju sa kontrolnim centrom.
- Treća grupa su uređaji sa velikim opterećenjem koji se mogu kontrolisati, poput klima uređaja, mašina za pranje i sušenje. Kontrolni centri zahtevaju detaljne informacije iz ove grupe, kao što su očekivano opterećenje, trajanje upotrebe i trajanje dostupnosti uređaja. Za razliku od prethodnih kategorija, za početak rada ovi uređaji zahtevaju potvrdu kontrolnog centra. Stoga je ovoj grupi potrebna opsežna komunikacija između uređaja i kontrolnog centra.
- Poslednja grupa su električna vozila. Električnim vozilima je potrebno veoma veliko opterećenje i stoga je veoma važno upravljanje vremenom punjenja unapred. Ova grupa takođe zahteva opsežnu komunikaciju između električnih vozila i kontrolnog centra.

Očekuje se da će tipična pokrivenost ove vrste mreže biti stotine kvadratnih metara. Takođe se očekuje da će brzina prenosa podataka biti niska, oko 1–100 kb/s. Mogući protokoli za HAN uključuju otvorene bežične standarde, poput IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.15.4 i IEEE 802.11 i zaštićene bežične stekove, poput *Z-Wave* ili komunikacije putem PLC-a kao što je *HomePlug* [6].

4. NAN aplikacije

NAN mreža podržava protok informacija između WAN-a i lokalne mreže. Omogućava prikupljanje podataka od korisnika u komšiluku radi prenosa u elektroprivredno preduzeće. NAN se takođe može nazvati FAN kada se povezuje sa terenskim uređajima kao što su inteligentni elektronski uređaji (IED, *Intelligent Electronic Devices*). NAN/FAN omogućava niz SG aplikacija, kao što su pametno merenje, upravljanje opterećenjem, automatizacija distribucije, određivanje cena, upravljanje i obnavljanje prekida ili druge aplikacije za korisnike [7].

NAN povezuje pametna brojila sa lokalnim pristupnim tačkama na naprednu infrastrukturu za merenje (AMI, *Advanced Metering Infrastructure*). To može biti mreža

pametnih brojila koja stvaraju *mesh*, kao i deo *mesh* mreže koja se sastoji od pametnih brojila i nekih mrežnih *gateway*-a za prenos podataka. Verzija ove mreže koja je postavljena za prikupljanje podataka sa dalekovoda, mobilne radne snage, tornjeva itd. za nadgledanje elektroenergetskih mreža, kao što je spomenuto, je FAN mreža. Pokrivenost NAN-a je oko 100 m – 10 km. Brzina prenosa podataka je viša od brzine HAN-a, oko 100 kb/s–10 Mb/s [5]. Mesto NAN mreža u SG komunikacionoj mreži vidi se na slici 2.

Mogući protokoli/standardi za NAN mreže zasnivaju se na bežičnim i žičnim tehnologijama. Na bežičnoj strani, IEEE 802.11s, RF *mesh* (*Radio Frequency Mesh*), WiMAX i standardi za mobilne mreže, kao što su 3G, 4G i LTE (*Long-Term Evolution*), predstavljaju neke od boljih kandidata. Na žičnoj strani moguće opcije za korišćenje *Ethernet*-a su PLC-a ili DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*).

Postoji nekoliko opcija za primenu ovih mreža i često ne postoji standard specifičan za SG u definiciji mreža. U nekim slučajevima, ove mreže mogu takođe služiti kao deo veće distributivne mreže ili može postojati jedna koja istovremeno pokriva i NAN i FAN. U zavisnosti od osnovne tehnologije, mrežna arhitektura u NAN-u može da koristi višestruke ili *single-hop* pristupe. Na primer, upotreba WiMAX-a podrazumevaće da se podaci sa pametnih brojila mogu direktno prenositi u operativni kontrolni centar ili na *backhaul* mrežu. U ovom slučaju se može pretpostaviti da će svako pametno brojilo imati WiMAX radio ili će svoja očitavanja poslati na mrežni *gateway* (putem IEEE 802.11 ili 802.15.4 standarda) koji ima WiMAX radio [6]. Međutim, u slučaju RF *mesh* rešenja, podaci mogu putovati na više mrežnih *gateway*-a pre nego što stignu do *backhaul* mreže.

NAN/FAN uključuje mernu mrežu, koja je deo AMI-a, obezbeđujući usluge kao što su daljinsko očitavanje brojila, kontrola i otkrivanje neovlašćene upotrebe. Na ovaj način omogućava se prenos informacija o korišćenju električne energije sa brojila do komunalnog preduzeća ili sistema nezavisnih proizvođača, kao i daljinsko upravljanje terenskim uređajima, npr. u aplikacijama za automatizaciju distribucije. NAN/FAN je povezan na WAN putem *backhaul* mreže, gde se podaci iz mnogih NAN/FAN objedinjuju i prenose između NAN/FAN i WAN.

SG aplikacije u NAN/FAN uključuju očitavanje brojila, automatizaciju distribucije, DR, pretplatu, električni transport, *firmware* ažuriranje i programe/konfiguraciju, upravljanje prekidom i obnavljanjem, cene TOU/RTP/PPP (*Time-of Use/ Real-time Pricing/ Critical Peak Pricing*), rad *switch* servisa, informacije o klijentima i razmenu poruka i administracije lokalne mreže [5]. Zahtevi za pokrivenost i brzinu prenosa podataka za različite NAN aplikacije mogu se razlikovati u zavisnosti od primene. Na primer, karakterističan zahtev za veličinom podataka za planirano očitavanje intervala brojila je 1600–2400 bajtova, dok je za aplikacije automatizacije distribucije 25–1000 bajtova. Karakteristične NAN/FAN aplikacije su: očitavanje brojila, aplikacije za određivanje cena, pretplata na električnu uslugu, DR, prekidač komunalnih usluga, automatizacija distribucije, upravljanje prekidom i obnavljanjem i distribucione korisničke aplikacije za skladištenje.

Očitavanje brojila omogućava komunalnom preduzeću da prikupi podatke sa brojila za električnu energiju/gas/vodu i prenese ih u centralnu bazu podataka za obračun i analizu. Pomoću AMI-a komunalno preduzeće može da vrši dvosmernu komunikaciju u realnom vremenu između brojila i centralizovane lokacije za upravljanje, čime se poboljšava tačnost očitavanja brojila i smanjuju operativni troškovi. Uz mogućnost praćenja potrošnje električne energije u realnom vremenu, korisnici mogu biti informisani o sopstvenoj potrošnji, što omogućava bolje upravljanje potrošnjom električne energije.

Mrežni zahtevi za primene očitavanja brojila variraju u zavisnosti od tipova usluga i mogu biti:

- Očitavanje brojila na zahtev – omogućava očitavanje po potrebi, na primer, kada komunalno preduzeće treba da odgovori na upite korisnika o njihovoj potrošnji ili da dopuni informacije koje nedostaju. Tipično korisno opterećenje je 100 bajtova za prenos podataka od brojila do komunalnog preduzeća sa zahtevom za kašnjenje manjim od 15 s [5].
- Planirano očitavanje intervala brojila – pruža mogućnost prikupljanja informacija o potrošnji od brojila do AMI-a nekoliko puta dnevno (npr. 4–6 puta dnevno po stambenom brojilu ili 12–24 puta dnevno po komercijalnom/industrijskom brojilu) sa variranjem intervala informacije o potrošnji od 15 minuta do 1 h. Očitavanja u intervalima se obično uzimaju i automatski skladište na korisničkoj opremi, tj. pametnom brojilu, a kasnije ih komunalno preduzeće preuzima. Prihvatljivi period isporuke podataka je kraći od 2 sata za komercijalno/industrijsko brojilo i manje od 4 sata za stambena brojila. Veličina poslatih podataka zavisi od broja očitavanja prikupljenih sa brojila u određenom trenutku.
- Grupni prenos očitavanja brojila – omogućava komunalnom preduzeću da prikupi informacije o potrošnji sa svih brojila (putem AMI-a ili sistema za upravljanje podacima brojila (MDMS, *Meter Data Management System*)) u okviru komunalnog preduzeća. Poslati podaci uključuju informacije o očitavanju brojila sa određenog broja brojila, od kojih veličina poslatih podataka zavisi od broja brojila predviđenih za očitavanje [5].

Aplikacije za određivanje cena podrazumevaju emitovanje informacija o cenama na brojila i uređaje, npr. pametne uređaje, priključna hibridna električna vozila (PHEV, *Plug-in Hybrid Electric Vehicles*) i uređaje za kontrolu opterećenja, u prostorijama korisnika. Oni su obično povezani sa sledećim programima:

- Programi određivanja vremena upotrebe (TOU) omogućavaju korisnicima da smanje račune za električnu energiju, sve dok su u stanju da svoju potrošnju električne energije preusmere na neaktivne sate. Korisnici koji učestvuju u ovom programu obično prihvataju različite rasporede cena za različite vremenske periode [5].
- Programi za određivanje cena u realnom vremenu (RTP) krajnjim korisnicima nude kratkoročne informacije o cenama koje se razlikuju u vremenu, npr. svakih 5 minuta, 30 minuta ili 1 h. Korisnici mogu da koriste ove informacije za smanjenje računa za električnu energiju upravljajući svojom potrošnjom.
- Programi za određivanje kritičnih vršnih cena (CPP) se obično koriste u vreme velike vršne tražnje. Komunalno preduzeće treba da smanji opterećenje i brzo pošalje CPP poruke upisanim korisnicima radi radikalnog smanjenja opterećenja. U ovim programima korisnicima se naplaćuje viša cena tokom nekoliko sati, a tokom preostalih sati im se daje popust [5].

Karakteristična veličina podataka za takve aplikacije za određivanje cena je 100 bajtova, a zahtev za kašnjenje podataka je manji od 1 minuta.

Pretplata na električnu uslugu omogućava korisnicima da unapred plate komunalne usluge, odnosno snabdevanje električnom energijom, gasom ili vodom. Ove usluge su dostupne korisnicima sve dok brojilo ima minimalno ili pozitivno stanje kredita. U tradicionalnoj primeni, pretplaćeno brojilo meri potrošnju električne energije/gasa/vode

i odbija kredite prema tarifi programiranoj za korisnike u realnom vremenu. Brojilo izdaje upozorenja, npr. zvuk alarma, kada kredit dostigne prag ili nulu. Tada se usluga prekida u unapred određenom vremenu. Korisnici moraju da dopune kredit unutar svojih pipejd brojila da bi ponovo koristili uslugu.

5. Zaključak

Digitalna tehnologija koja omogućava dvosmernu komunikaciju između komunalnog preduzeća i korisnika predstavlja osnovu pametne mreže. Postoji veliki broj mogućnosti koji će olakšati korišćenje energije, praćenje potrošnje i kvaliteta i koji će uticati na poboljšanje efikasnosti rada mreže. Pametne elektroenergetske mreže mogu pružiti brojne prednosti, kao i održive i profitabilne načine rada. SG je nova tehnologija distribucije električne energije u kojoj su korisnici uključeni u optimizaciju elektroenergetskog sistema više nego ikada ranije. Tradicionalni sistem zbog svoje pasivnosti više nije prikladan za zadovoljavanje potreba današnjih korisnika. U nastojanju da se postigne stabilniji, bezbedniji i efikasniji sistem, ugrađuju se pametni senzori i uređaji kako bi postojeću mrežu učinili boljom. Senzori se s vremenom sve više razvijaju, a razvojem elektronike oni postaju sve kompaktniji, efikasniji i jeftiniji.

SG se sastoji od kontrolora, računara, automatizacije i novih tehnoloških rešenja koji funkcionišu kao jedna celina. U ovom slučaju ove tehnologije će raditi sa električnom mrežom kako bi digitalno odgovorile na električnu tražnju koja se često menja. SG se ne odnosi samo na komunalne usluge i tehnologije, već daje informacije i alate potrebne za donošenje odluka o potrošnji energije. Omogućava u većoj meri učešće korisnika u sistemu, gde oni mogu imati jasnu i pravovremenu sliku o stanju mreže. Pametna brojila i drugi mehanizmi obezbediće uvid u potrošnju električne energije, vreme korišćenja i troškove. U kombinaciji sa cenama u realnom vremenu, na ovaj način će se postići uštede smanjenjem korišćenja energije u periodima kada je ona najskuplja. Iako se potencijalne prednosti pametne elektroenergetske mreže obično razmatraju u kontekstu makroekonomije, nacionalne bezbednosti i ciljeva obnovljive energije, pametna elektroenergetska mreža ima potencijal da podrži redukciju troškova krajnjih korisnika pomažući upravljanje potrošnjom električne energije i odabiranjem najpovoljnijeg perioda za korišćenje električne energije.

Od velikog broja aplikacija, koje koriste HAN ili NAN, se očekuje da će imati visoku bezbednost, pouzdanost i različite zahteve za QoS, kao što su propusni opseg ili kašnjenje. PLC komunikacije, kada su u pitanju žične komunikacije u SG sistemima, nude pogodnosti zbog upotrebe dalekovoda za prenos podataka, kao što su niski troškovi primene i u vlasništvu su komunalnog preduzeća, te pružaju određeni nivo bezbednosti i nije im potreban dodatni komunikacioni kanal kao kod bežičnih komunikacija. Za bežične komunikacije fokus je na WMN mrežama. Veliku pažnju privukle su mreže zasnovane na HAN-u i NAN-u.

Očekuje se da će se u budućnosti živeti u pametnim kućama koje će same brinuti o potrošnji električne energije, uključivati i isključivati uređaje i slično. Ovakav način olakšavanja življenja je primer implementacije SG tehnologije, gde korisnik može da upravlja komunalnim uslugama koristeći različite aplikacije. Primena SG-a doprinosi i očuvanju životne sredine, na taj način da se primenom električnih vozila umesto automobila koji koriste fosilna goriva smanjuje emisija štetnih gasova koja je već sada na zabrinjavajućem nivou.

Literatura

- [1] U. Cali, M. Kuzlu, M. Pipattanasomporn, J. Kempf, L. Bai, "Smart Grid Applications and Communication Technologies", *Digitalization of Power Markets and Systems Using Energy Informatics*, Springer, 2021.
- [2] I. Mikalauskas, „Economic, Social and Environmental Benefits of Smart Grid“, *European Journal of Interdisciplinary Studies*, Bucharest Academy of Economic Studies vol. 7, pp. 30–39, 2015.
- [3] A. Bari, J. Jiang, W. Saad, A. Jaekel, „Challenges in the Smart Grid Applications: An Overview“, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, SAGE, pp. 1–11, 2014.
- [4] I. Colak, S. Sagioglu, G. Fulli, M. Yesilbudak, C. F. Covrig, "A survey on the critical issues in smart grid technologies", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 54, pp. 396–405, 2016.
- [5] M. Kuzlu, M. Pipattanasomporn, S. Rahman, "Communication network requirements for major smart grid applications in HAN, NAN and WAN", *Computer Networks*, Elsevier, vol. 67, pp. 74–88, 2014.
- [6] N. Saputro, K. Akkaya, S. Uludag, "A survey of routing protocols for smart grid communications", *Computer Networks*, Elsevier, vol. 56, no. 11, pp. 2742–2771, 2012.
- [7] O. A. Alimi, K. Ouahada, "Security Assessment of the Smart Grid: A Review focusing on the NAN Architecture", *2018 IEEE 7th International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST)*, pp. 1-8, 2018.

Abstract: *Smart Grid is a power grid which uses information and communication technologies to automatically gather information about power supply and usage, and behave based on the information it gathers, all in purpose of improving efficiency, reliability, economy and sustainability in producing and distributing electricity. The communication infrastructure is scalable and widely distributed and thus crucial for the construction, operation and essential part of the success of the new SG. Advanced communication/network technologies should be integrated into power system of next generation to boost their resistance, efficiency and sustainability. Through communication infrastructure, smart grid can boost reliability and quality of power supply so that it eliminates deficiencies of electric energy. The focus of this paper are SG applications of local and NAN (Neighborhood Area Network) networks.*

Keywords: *application, device, energy, Smart Grid, technology*

SMART GRID USERS' APPLICATIONS

Vesna Radonjić Đogatović, Anđela Čika