

## ***MEŠANA IKT OMREŽJA ZA POTREBE AKTIVNIH OMREŽIJ ELEKTRO GORENJSKA***

TOMAŽ MAVEC, ALEŠ BLAZNIK, ALEŠ SIRNIK, DRAGO NOVAK  
ELEKTRO GORENJSKA D.D.  
tomaz.mavec@elektro-gorenjska .si

**Povzetek** – Dokument predstavlja nove pristope k IKT tehnologijam potrebnim v distribucijskih omrežjih. Od visokonapetostnega, preko srednje napetostnega do nizkonapetostnega omrežja se pojavljajo različne zahteve in različne komunikacijske tehnologije. Od optičnih omrežij na visokonapetostnem delu do večinoma radijskih omrežij po sistemu točka-več-točk v nizkonapetostnem delu distribucijskega omrežja. Glavni poudarek je dan na IKT sistemom na meji med srednje in nizkonapetostnim omrežjem od koder izvira največja količina podatkov Aktivnih omrežij. Opisano je trenutno stanje tehnike uporabljene v Elektru Gorenjska d.d.. Predstavljene so naše izkušnje z WiMAXom, digitalni radijem, optičnim omrežjem (FTTH (FTTSS)) in javnimi mobilnimi omrežji.

## ***MIXED ICT NETWORK FOR SMART GRIDS IN ELEKTRO GORENJSKA***

TOMAŽ MAVEC, ALEŠ BLAZNIK, ALEŠ SIRNIK, DRAGO NOVAK  
ELEKTRO GORENJSKA D.D.  
tomaz.mavec@elektro-gorenjska .si

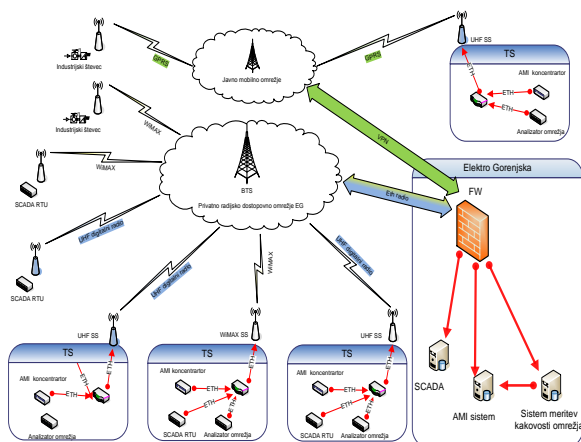
**Abstract** – This paper presents approaches to new ICT technologies seen on power distribution network. In the document several layers of ICT are described. From high voltage, through middle voltage to low voltage power systems different telecommunication requirements and technologies are used. From optical networks on high voltage level to mainly point-to multipoint radio systems on low voltage distribution network. Main stress is laid on the ICT systems on middle to low voltage transformation since the majority of Active networks data is coming from there. Current status of technologies used in Elektro Gorenjska d.d. is described. Or experience with WiMAX, digital radio, optical networks (FTTH (FTTSS)) and public mobile networks will be presented.

## I. UVOD

Upravljanje elektroenergetskega sistema, s proizvodnjo, distribucijo in porabo električne energije, je eden najkompleksnejših procesov. Sistem mora v vsakem trenutku izpolnjevati kritične zahteve po kvaliteti, varnosti in ekonomiki. Uspešno delujoč elektroenergetski sistem zahteva uporabo visoko kvalitetne sekundarne opreme, ki omogoča nadzor in upravljanje posameznih naprav. Napredek na področju računalništva in telekomunikacij je omogočil razvoj kompleksnih IKT sistemov, ki omogočajo polno upravljanje in nadzor celotnega elektroenergetskega sistema.

V Elektro Gorenjska d.d. komunikacijsko hrbtenico predstavlja optično omrežje, ki med seboj povezuje vse razdelilno transformatorske postaje. Kot nadgradnja in dopolnitev le te, pa obroč radijskih usmerjenih zvez, ki si v dveh točkah zagotavlja redundanco v optičnem omrežju.

Bolj zanimiva so v zadnjem času radijska omrežja. Z uvajanjem paketnega prenosa podatkov (Ethernet), kot komunikacijskega standarda in z uporabo enotne komunikacijske poti do končnih objektov distribucijskega omrežja [5], predvsem SN/NN transformatorskih postaj, se kar sama ponujajo radijska omrežja. Nobena od, nam poznanih, cenovno dostopnih tehnologij na žalost ne izpolnjuje vseh pričakovanj. Zato se je podjetje Elektro Gorenjska d.d., po večletnih preizkušanjih, odločilo za kombinacijo različnih tehnologij, ki vsaka v zadostni meri, na svojem področju, izpolnjujejo pričakovanja. V mešanih omrežjih za potrebe Aktivnih omrežij smo tako poleg optičnih uporabili še radijske tehnologije WiMAX, GPRS, ozko pasovni dostopovni radio in v omejenem obsegu tudi javno mobilno omrežje [1].

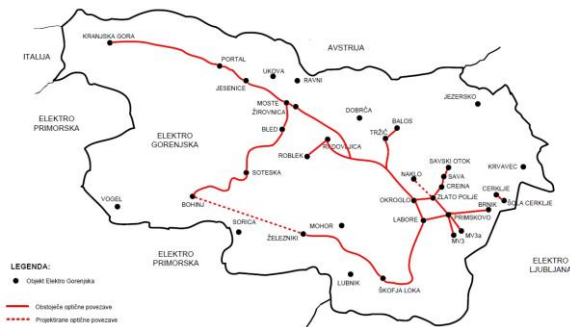


Slika 1: Mešana IKT omrežja EG

Večino svojih IKT storitev za potrebe Aktivnih omrežij namerava Elektro Gorenjska izvajati preko lastnih telekomunikacijskih omrežij, kajti le tako ima lahko vedno in v celoti nadzor nad svojim IKT omrežjem.

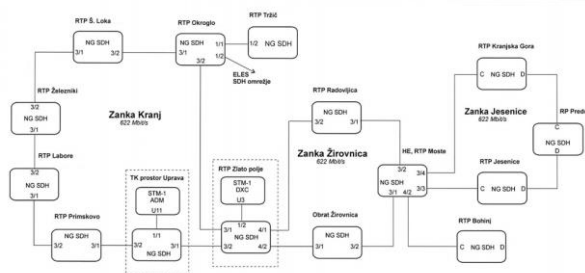
## II. OPTIČNO OMREŽJE

Optično omrežje v osnovi tvorita dva obroča, ki predstavljata hrbtenico našega IKT omrežja. Na ta dva sta priključena dva manjša obroča (obroč Kranjska gora, obroč Bohinj) in privodno omrežje. TK vozlišča, ki se nahajajo v vseh razdelilno transformatorskih postajah, so med seboj povezana z optičnimi enorodovnimi vlakni, ki ustrezajo standardu ITU-T G.652 in tako omogočajo tudi optično multipleksiranje.



Slika 2: Optično omrežje

Trenutno v optičnem omrežju obstaja samo ena fizična zanka na področju Kranja. Na vseh ostalih področjih so uporabljene ploske zanke, ki tako zagotavljajo vsaj delno redundanco. Z izgradnjo daljnovoda med Bohinjem in Železniki, bo večina razdelilno transformatorskih postaj povezanih preko fizičnih zank.



Slika 3: NG-SDH omrežje

Na optično omrežje je vpeto NG-SDH omrežje, nivoja prenosa STM 4 (622 Mbit/s). ADM STM-4 multiplekserji imajo vgrajene Ethernet vmesnike. ADM multiplekserji omogočajo preslikavo TDM in IP prometa v TDM ali IP podatkovni pretok in so preko STM-4 vmesnikov povezani v posamezne obroče. Vsa TK vozlišča so opremljena z Ethernet

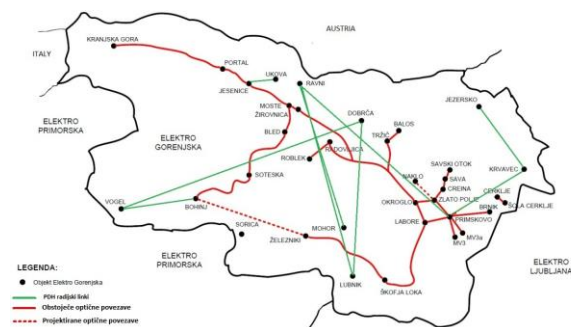
stikali. Za združevanje uporabniških vmesnikov (G703, G704, ISDN, ATA, ATC, RS232) je v vozliščih vgrajen Fleksibilni multiplekser, ki se na ADM multiplekser povezuje na nivoju 2 Mbit/s.

Zaradi velikosti omrežja in načina delovanja sta za krmiljenje opreme vgrajena dva PRC-ja (primarna referenčna ura) z metodo master-slave sinhronizacije.

Seveda se pojavljajo nove generacije naprav tako za hrbtenična omrežja, kot tudi za radijska omrežja. Vsa nova tehnologija (Carrier Ethernet in Ethernet Radio) bazira na Ethernet tehnologiji, in omogoča višje prenosne kapacitete (1/10/40/100GB odvisno od sistema), na naprednem upravljalnem sistemu za upravljanje prometa in kvalitete storitev (zahteve standarda IEC 61850-5(6)).

### III. RADIJSKO HRBTENIČNO OMREŽJE

Nadgradnjo optičnega omrežja predstavlja sistem usmerjenih radijskih zvez. Osem baznih postaj je med seboj povezanih z PDH usmerjenimi radijskimi linki.



Slika 4: Radijsko in optično hrbtenično omrežje

Radijski obroč je v Bohinju in Kranju povezan z NG-SDH omrežjem. Večino linkov podpira hitrost prenosa do 16x2Mb/s. Sistem omogoča poleg PDH tudi prenos Ethernet prometa.

Na ta način je zagotovljeno celovito in zanesljivo hrbtenično omrežje tako za potrebe radijskega dostopnega omrežja, kot tudi za potrebe sistemov radijskih govornih zvez in daljinskega vodenja.

Trenutno nameščena IKT oprema v hrbteničnem omrežju izpolnjuje zahteve, ki jih prednjo postavlja dostopno omrežje.

### IV. DOSTOPOVNO OMREŽJE

Uvajanje storitev, ki jih uvrščamo v Aktivna omrežja na mejo med srednje in nizkonapetostnim omrežjem (AMI, obratovalne meritve, odčitavanje industrijskih števec, daljinsko upravljanje) ali celo v nizko napetostno omrežje (upravljanje s porabo pri odjemalcih, upravljanje razpršenih virov, odčitavanje

industrijskih števec) postavlja pred IKT omrežja nove zahteve.

Elektro Gorenjska se je že pred nekaj leti odločila za Ethernet, kot odprt komunikacijski protokol. Poleg tega smo zaradi optimizacije iskali tehnologije, ki bi lahko zagotavljale enotno komunikacijsko pot do končnih objektov, ki jim je potrebno zagotoviti IKT podporo za različne storitve.

Upoštevati je bilo potrebno zahteve po:

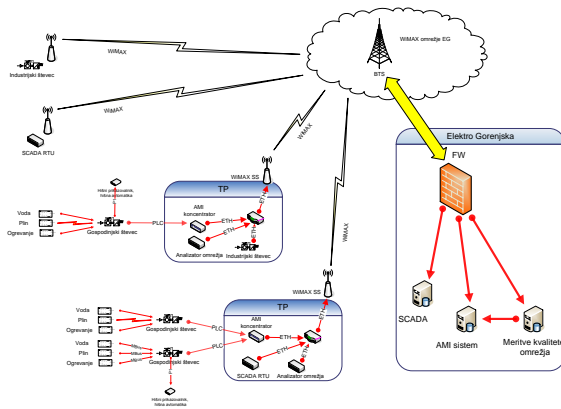
- zagotavljanju kvalitete storitev
- prioritizaciji prometa
- segmentacija prometa
- zagotavljanju primerne časovne sinhronizacije končnih naprav
- zadostnih hitrostih prenosa podatkov
- pokritosti področja z IKT omrežji
- zanesljivosti delovanja
- podpori »energetskih IKT protokolov«
- varovanju podatkov
- licenciran frekvenčni spekter
- cenovni sprejemljivosti
- SNMP nadzorljivosti
- možnosti daljinskega programiranja in spreminjanja konfiguracij

Na osnovi večletnih preizkušanj različnih tehnologij smo se odločili za WiMAX, kot osnovo IKT tehnologijo v dostopnem omrežju (po standardu IEEE 802.16e).

### WiMAX

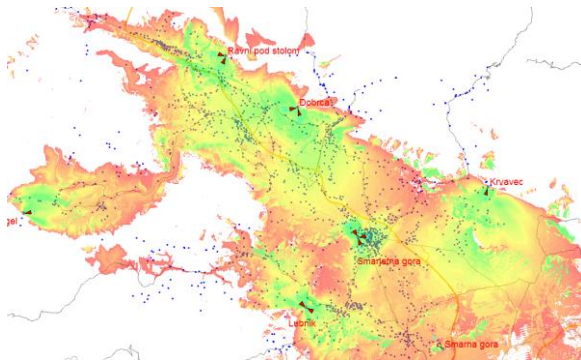
Šest baznih postaj smo v letu 2012 opremili z WiMAXom in do začetka aprila 2013 namestili 175 naročniški naprav na končne objekte. Preko enotne komunikacijske poti in Ethernet protokola se tako prenašajo podatki za potrebe:

- AMI konzentorjev
- analizatorjev omrežja v transformatorskih postajah
- industrijskih števec
- RTUjev daljinskega vodenja
- lokalnih SCADA sistemov po RTPjih
- VoIP telefonije
- delavcev na terenu



Slika 5: WiMAX omrežje

Meritve opravljene na 40% transformatorskih postaj so pokazale, da WiMAX zagotavlja pokritost v več kot 80%. Je pa potrebno priznati, da meritve pokritosti še niso bile opravljene na manj pomembnih transformatorskih postajah razvrščenih glede na moč, število odjemalcev in število razpršenih virov. Izračuni radijskega planiranja so pokazali, da lahko pričakujemo približno 70% pokritost področja Elektro Gorenjska z WiMAX signalom, kar potrjujejo tudi opravljene meritve na terenu.

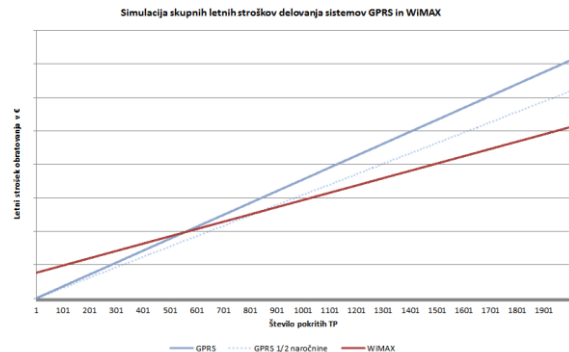


Slika 6: Radijsko planiranje (efektivna moč signala DL)

Podatkovni tokovi so bili oblikovani na osnovi zahtev posameznih aplikacij in s pomočjo ustrezne segmentacije omrežja (VLAN) in zagotavljanja kvalitete storitve (QoS), kar standard 802.16e omogoča. Za zagotavljanje čim večje zanesljivosti je bila uporabljena »mobility« funkcionalnost WiMAXa. Na ta način je bila zagotovljena redundantna komunikacijska povezava v primeru izpada posamezne bazne postaje [2].

Sistem zgrajen na osnovi omenjenega standarda v največji možni meri izpolnjuje večino zahtev. Največjo omejitev predstavlja frekvenčno področje. V Sloveniji je, med licenciranimi frekvenčnimi področji, na razpolago edino frekvenčni pas v razponu med 3.410 MHz in 3.600 MHz. Ta pa za pokrivanje ruralnih področij ni najprimernejši.

Cenovno sistem predstavlja precejšen investicijski zalogaj. Postanejo pa stroški obratovanja z rastjo števila naročniških enot sprejemljivi in nad določenim številom celo primerljivi s stroški uporabe javnih mobilnih omrežij, tudi ob upoštevanju plačila za uporabo radijskih frekvenc. Simulacija [4] je bila izvedena ob upoštevanju stroškov za omejeno mesečno količino prenesenih podatkov in ni upoštevala prednosti, ki jih ima WiMAX pred javnimi mobilnimi omrežji.



Slika 7: Primerjava letnih stroškov delovanja

### Javna mobilna omrežja

Analiza obstoječih tehnologij je tudi pokazala, da imajo obstoječa mobilna omrežja 2G/3G in tudi 4G generacije nekaj slabosti in tako ne ustrezajo zgoraj navedenim kriterijem. Trenutna mobilna omrežja so zgrajena za govorni in podatkovni promet, ki je načrtovan v skladu z operaterjevim poslovnim modelom. Z drugimi besedami; operaterji v svoja omrežja investirajo le toliko, da zadovoljijo potrebam določenega kroga naročnikov. Prav tako je model zagotavljanja kvalitete storitev v mobilnih omrežjih drugačen, kot v elektroenergetskih omrežjih. V izrednih razmerah (potres, poplava, snegolom..) so zanesljive komunikacije vitalnega pomena za nadzor energetskega omrežja. Zahteve distribucijskih podjetij in mobilnih operaterjev za vzpostavitev normalnega delovanja komunikacijskega omrežja, se mnogokrat zelo razlikujejo od potreb distribucijskih podjetij. Mobilni operaterji, bodo verjetno najprej vzpostavili svoje omrežje v krajih z veliko gostoto prebivalcev, v distribuciji pa so potrebno komunikacijske povezave tudi z napravami, ki so locirane nekje na obrobju. Poleg tega vsaj 2,5 in 3G omrežja, niti po standardu, ne morejo zagotavljati želenega nivoja storitev (QoS) kar pa posledično onemogoča tudi primerno sinhronizacijo končnih naprav. [3]

Našteto pa v popolnosti ne izključuje uporabe javnih mobilnih omrežij. Na vseh lokacijah, kjer ne moremo zagotoviti lastnih komunikacijskih storitev in kjer ni potreb po »mission critical« komunikacijah, vsekakor



vključujemo tudi naročniške naprave, ki za svoje delovanje uporabljajo 2,5G ali 3G javna mobilna omrežja.

### Ozkopasovni dostopni radio

Področja, ki jih z WiMAXom, ob razumnem številu baznih postaj seveda, ne moremo pokriti in ki zahtevajo visoko zanesljivost delovanja, nameravamo pokrivati z ozkopasovnimi radijskimi sistemi, ki delujejo v frekvenčnem pasu pod 1GHz, po sistemu točka-več-točk. Izpolnjevali naj bi večino postavljenih zahtev. Kot najpomembnejše naj bi s temi sistemi zagotavljali telekomunikacijske sisteme za potrebe daljinskega vodenja. Enotna komunikacijska pot in paketni prenos podatkov pa posledično potegneta za seboj tudi prenos ostalih informacij preko istega sistema.

Daljinsko vodenje SN mreže preko radijskih sistemov se je pričelo uvajati v letu 1996 in se je kasneje tudi nadaljevalo z uvedbo avtomatizacije, tako da danes obratuje preko 200 končnih točk v SN omrežju, ki so daljinsko vodene preko teh sistemov. Komunikacija poteka preko analognih radijskih postaj z hitrostmi 2,4 kbit/s in po zaprtem (MDLC) protokolu.

Zaprtost protokola in doseganje majhnih prenosnih hitrosti je neprimerno za uporabo enotne komunikacijske poti in paketnega prenosa do posameznih končnih točk (transformatorskih postaj), kjer je poleg vodenja, potrebna komunikacija tudi za potrebe AMI in kvalitete električne energije.

Trenutno na trgu obstajajo naprave, ki na 450MHz frekvenčnem področju podpirajo paketni prenos podatkov, vendar na žalost le z največ 19,2 kbit/s. Takšne prenosne hitrosti pa na žalost težko izpolnjujejo vsa pričakovanja.

Proizvajalci v letošnjem letu napovedujejo opremo, ki naj bi bila zmožna izpolnjevati dodatne zahteve za izbiro radijskih naprav za dostop do končnih točk, ki so izven dosega WiMax dostopnega sistema:

- frekvenčno področje v sub-giga področju, po možnosti področju 450 MHz
- širina radijskega kanala 25 kHz
- prenosne hitrosti do 120 kb/s
- adaptivna modulacija
- avtentikacija in kriptiranje na radijskem vmesniku,
- Ethernet in serijski podatkovni vmesnik
- določanje prioritete na posameznem vmesniku
- možnost delovanja naprave kot repeater

Na osnovi teh minimalnih tehničnih zahtev bo izbran ponudnik za testno opremo na osnovi katere bomo postavili testno omrežje.

Testno omrežje bo postavljeno tako, da se bo testiralo vse možne kombinacije uporabe radijskih naprav glede na način delovanja (bazna postaja, končna postaja, vmesna (repetitorska) postaja). Preverjeno pa bo tudi vse zahtevane funkcionalnosti.

Po trenutno dostopnih informacijah in izkušnjah z obstoječimi sistemi predvidevamo, da bo ozkopasovni dostopni radio zagotovil večino pričakovanj. Ocenjujemo, da je njegova največja prednosti v velikem pokrivanju terena, tudi na področjih daleč od optične vidljivosti. Česar za WiMAX ne moremo trditi. Prav tako lahko izpostavimo kot prednost tudi to, da sistem deluje kot privatno omrežje, s čemer ima distribucijsko podjetje popoln nadzor nad njegovim delovanjem. Kot pomanjkljivost velja izpostaviti relativno nizke prenosne hitrosti, seveda ne upoštevajoč uporabljeni frekvenčni pas in pasovno širino. Ne nazadnje je potrebno kot pomanjkljivost omeniti tudi ceno. Ta naj bi bila po naših informacijah bistveno višja od cene končnih naprav delujočih tako v WiMAX sistemu, kot tudi v javnem mobilnem omrežju.

## V. ZAKLJUČKI

Enotna komunikacijska pot in paketni prenos podatkov s pomočjo standardiziranih in zrelih protokolov sta osnovna temelja mešanih IKT omrežij za potrebe Aktivnih omrežij Elektra Gorenjska. Nobena od obstoječih tehnologij v celoti ne izpolnjuje vseh zahtev. Zato se na posameznih delih energetskega omrežja, za podporo njegovemu obratovanju, uporabljajo različne tehnologije. Na nekaterih delih omrežja je za zagotavljanje istih potreb uporabljenih celo več tehnologij.

Informatizacija distribucijskega omrežja prodira vse globlje v distribucijsko omrežje, včasih celo preko svoje meje, v domove uporabnikov in v proizvodne procese podjetij. S tem pa se kompleksnost sistema zelo povečuje.

Večino komunikacij v sodobnih elektroenergetskih sistemih temelji na paketnem prenosu podatkov. Ta pa poleg fleksibilnosti in cenovne ugodnosti s seboj prinaša tudi slabosti in nevarnosti. Predvsem ne smemo v nobenem primeru pozabiti na probleme internetne varnosti [6]. Njeno kršenje lahko v energetiki ne nazadnje povzroči tudi smrtne žrtve.

**REFERENCE**

- [1] L.Močnik. (2013) Specification of future ICT system for small-scale DNO, project HiPERDNO
- [2] L. Močnik idr. (2013) Vodenje in nadzor TP in DVS – izkušnje pri uporabi WiMAX in digitalnega radia, 11. konferenca slovenskih elektroenergetikov. Laško
- [3] L. Močnik idr. (2013). Problematika časovne sinhronizacije v informacijsko-komunikacijskih sistemih za aktivna omrežja (Smart Grids), 11. konferenca slovenskih elektroenergetikov. Laško
- [4] A. Hribnik (2011). Ocena stroškov delovanja sistemov nadzora na podlagi tehnologij GPRS in WiMAX, Elektro Gorenjska d.d.
- [5] E. Košnjek. (2009). Prednosti in slabosti TK tehnologij za nadaljnjo informatizacijo SN omrežja, 30. Kotnikovi dnevi, Radenci
- [6] A. Sirmnik idr. (2013). Varnost distribucijskega omrežja, 11. konferenca slovenskih elektroenergetikov. Laško