

IMPLEMENTACIJA DIGITALNOG RADIO SISTEMA ZA PRENOS GOVORA PD "ELEKTRODISTRIBUCIJA BEOGRAD" D.O.O.

P.KUZMANOVIĆ, PD "Elektrodistribucija Beograd" d.o.o., Srbija
N. ANTIĆ, PD "Elektrodistribucija Beograd" d.o.o., Srbija

UVOD

Osnovna delatnost PD "Elektrodistribucija Beograd" je distribucija električne energije i u tu svrhu svakodnevno se obavljaju poslovi izgradnje i održavanja distributivne mreže. To podrazumeva izlaženje dispečerskih ekipa na teren na široj teritoriji Beograda. Za rad dispečerskih ekipa, ekipa održavanja i svih mobilnih ekipa, neophodno je obezbediti mogućnost ostvarivanja govorne komunikacije sa odgovarajućim dispečerskim centrom i sa pojedinim poslovnim celinama. U okviru EDB-a, od decembra 2011. godine implementiran je sistem iz porodice DMR sistema (Digital Mobile Radio) u skladu sa Evropskim standardom ETSI TS 102 361. Pored govornog servisa, ovaj radio sistem podržava i funkcionalnost prenosa tekstualnih poruka, kao i GPS informacija za potrebe praćenja vozila i zaposlenih. Ovaj sistem ispunjava potrebe EDB-a i u pogledu bezbednosti, jer se razgovori snimaju.

U prošlosti je pokazano da sistemi javne mobilne telefonije ne ispunjavaju potrebe u vezi pouzdanosti. U pojedinim vremenskim intervalima mobilni operateri su preopterećeni što dovodi do situacije da ekipe ne mogu da ostvaruju komunikaciju sa nadređenim dispečerskim centrima. Preopterećenja mreže mobilnih operatera se često dešavaju kad je povećana potreba za aktivnošću mobilnih ekipa. To su npr. neplanirani nestanak struje ili slične incidentne situacije. Takođe, s ekonomskog gledišta, količina informacija koje se razmenjuju čini korišćenje javnih mobilnih sistema skupim. Još jedan faktor koji je doprineo uvođenju ovog sistema, je i relativno dugo uspostavljanje veze kod mobilnih operatera (reda veličine 5-6s) što predstavlja problem u incidentnim situacijama. Uzevši u obzir sve prethodno navedeno, jasna je potreba EDB-a da uvede sopstveni radio sistem za prenos govora, u cilju povećanja efikasnosti u obavljanju osnovne delatnosti. U prošlosti se, pre korišćenja sistema javne mobilne telefonije, koristio analogni sistem govornih radio veza. U proteklom vremenu nisu vršena velika ulaganja u ovaj sistem koji je pretrpeo značajnu štetu tokom NATO bombardovanja. Plan namene frekvenicija nadležnih ministarstava i sva relevantna dokumenta EPS-a preporučuju da se frekvencijski opseg koji je koristio ovaj sistem napusti. Ovi razlozi kao i amortizovanost sistema doveli su do prestanka njegovog korišćenja. Digitalni

mobilni radio sistem koji je implementiran ima mnoge prednosti u odnosu na analogni, kao što su poboljšan kvalitet prenosa signala, bolja bezbednost, sofisticirane metode kontrole poziva, lakoća integracije sa sistemima prenosa podataka i mnoge druge.

U sistemu postoje dva radio kanala širine propusnog opsega 12.5 kHz (dve frekvencije, jedna za predaju, druga za prijem). Korišćenjem TDMA tehnologije i uz pomoć sinhronizacije koju obezbeđuje ripiter, svaki od ova dva kanala se deli na dva logička kanala, tj dva vremenska slota. Na taj način se obezbeđuju dva nezavisna komunikaciona kanala umesto jednog. U radio sistemu PD "Elektrodistribucije Beograd" pored četiri logička saobraćajna kanala postoje i četiri jednofrekvencijska simpleksna kanala.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE SISTEMA

Osnovna karakteristika ovog radio sistema su grupni pozivi. Na taj način se omogućava većem broju korisnika da koriste komunikacioni kanal bez međusobnog ometanja. Svi članovi grupe koji koriste isti kanal koji je određen za tu grupu mogu da čuju uređaj koji je u tom trenutku u transmisiji. Dva radio uređaja ne mogu da komuniciraju iako su na istom kanalu, ukoliko nisu u istoj korisničkoj grupi. Takođe, dva radio uređaja ne mogu da ostvare komunikaciju čak iako su u istoj grupi, ako ne koriste isti logički kanal. Jedan radio uređaj može da ima pripadnost u više korisničkih grupa.

Prateći organizacionu strukturu EDB-a definisano je osam korisničkih grupa. Od toga su dve grupe su ekipe glavnog dispečerskog centra grupa 35-10kV i grupa 1kV, pet grupa je predviđeno za ekipe dispečerskih podcentara u Obrenovcu, Mladenovcu, Sopotu, Barajevu, Grockoj i Krnjači, a jedna grupa je definisana za ekipe održavanja. Grupe su definisane u odnosu na potrebu za komunikacijom u okviru radnih celina i na koji način će se zajednički koristiti resursi sistema.

U sistemu je moguće omogućiti korisnicima privatni poziv. Da bi korisnici obavljali privatni poziv, oba korisnika ne moraju da budu u istoj grupi, ali moraju da budu na istom kanalu. U sistemu PD "Elektrodistribucije Beograd" samo je pojedinim radio stanicama dodeljena mogućnost da iniciraju privatni poziv.

U ovom radio sistemu postoji i mogućnost takozvanog sveopšteg poziva. U tom slučaju jedan privilegovani korisnik ima mogućnost da se obrati svim korisnicima na tom kanalu bez obzira kojoj grupi pripadaju. Ova komunikacija se smatra jednostranom transmisijom i ostali korisnici ne mogu da odgovore privilegovanom korisniku.

Svi uređaji u sistemu imaju mogućnost da iniciraju hitnu alarmnu poruku pritiskom na taster koji je predefinisano za te potrebe. Dispečer u centru dobija audio i vizuelnu notifikaciju hitnog poziva i prikazuje se identifikacija pošaljioca. Kada se problematična situacija razreši, dispečer u centru može da ukloni notifikaciju i ona se tad smatra razrešenom. U sistemu EDB-a je konfigurisano da svi uređaji u grupi dobijaju alarmne poruke.

Pored režima u ripiterskom modu rada, moguć je i direktni režim u kom stanice komuniciraju jedna sa drugom preko simpleksnih kanala. U sistemu su konfigurisana 4 simpleksna (jednofrekvencijska) kanala. Ovakav vid komunikacije je ograničen prostorno, jer na određenoj razdaljini između dve stanice komunikacija nije više moguća. Razgovori na simpleksnim kanalima se ne snimaju.

U radio stanici se vrši analogno-digitalna konverzija govornog signala. Kada korisnik aktivira predajnik i počne da generiše govor njegov glas prihvata mikrofoni i konvertuje ga iz akustičnog u električni signal.

Zatim se vrši odabiranje ovog signala u analogno-digitalnom konvertoru. U tipičnim primenama, 16-bitni uzorci se uzimaju sa učestanošću 8 kHz, čime se formira digitalni niz protoka 128 000 bps. Ovaj niz, međutim, sadrži veliki broj informacija koje treba preneti preko 12.5 KHz-nog radio kanala, stoga je potreban neki vid kompresije. Komprimovanje se ostvaruje korišćenjem vokodera. On deli govor u kratke segmente, uobičajenog trajanja 20-30 ms. Svaki segment govora se analizira, pre čemu se izvlače bitni parametri kao što su amplituda, nivo snage i frekventni odziv. Ovi parametri enkoduju korišćenjem malog broja digitalnih bitova. Zajedno sa funkcijom vokodera, primenjuje se i odgovarajući postupak za kontrolu grešaka – *Forward Error Correction* (FEC). Kao rezultat, vokoder snižava protok od 128 000 bps na 3 600 bps. Nakon toga sledi paketizacija signala – *Framing*. Tokom procesa paketizacije, komprimovani govor se sprema za predaju. To uključuje kombinovanje signala govora i raznih signalizacionih informacija u pakete koji se prenose. Ovi paketi imaju svoje zaglavlje i koristan deo. Na kraju, signal se priprema za transmisiju uz korišćenje frekvencijske modulacije (FM). TDMA deli radio kanal na dva vremenska slota, što znači da dva poziva mogu da se odvijaju u zajedničkom radio kanalu bez međusobnog ometanja.

Pored govorne komunikacije, sistem se može koristiti i za prenos podataka. Tu se prvenstveno misli na prenos tekstualnih poruka i GPS servis. Takođe u sistemu je omogućen i servis notifikacija radio uređaja u sistemu. Za prenos podataka i govora se koriste isti radio resursi. Slanje tekstualnih poruka je omogućeno svim stanicama u sistemu. Moguće je poslati jednoj radio stanici ili grupi radio stanica. Korisnik može da kreira, šalje, prima i čita tekstualne poruke.

Lokacijski GPS servis omogućava dispečeru da utvrdi trenutnu lokaciju nekog radio uređaja i prikaže je na mapi. Pored lokacije, moguće je dobiti i podatke o brzini i smeru kretanja. Problem nastaje u zatvorenim prostorijama i svim drugim mestima gde je prijem GPS signala otežan. U tom slučaju dispečer dobija podatak da je stanica izgubila GPS prijem. Korisnik radio stanice ne preduzima nikakvu akciju u cilju pozicioniranja. Sistem automatski odrađuje ceo postupak i šalje podatke odgovarajućem aplikativnom serveru za te namene.

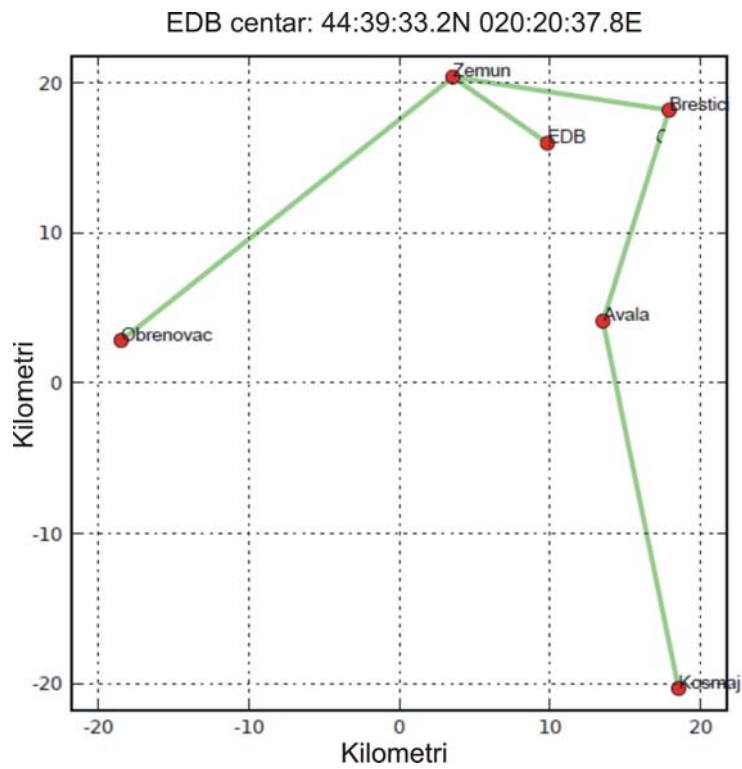
Sistem omogućava automatski *roaming* između servisnih zona ripitera koji su povezani preko *ethernet* protokola u jedinstvenu mrežu. Svaki radio uređaj se definiše sa *roaming* listom koja sadrži spisak kanala, od kojih svaki predstavlja jedan ripiter. Radio stanica pretražuje listu ripitera i bira onaj sa najjačim signalom i identifikuje ga u tom trenutku kao svoju osnovnu lokaciju. Uređaj ostane na tom kanalu dok nivo signala ne padne ispod neke vrednosti RSSI (*Radio Signal Strength Indication*) koja se definiše u okviru radio uređaja. Podešavanje ove vrednosti je kompromis između potrebe da radio stanica pronađe ripiter sa kvalitetnijim pokrivanjem i koliko će često ulaziti u proces *roaming*-a i time rizikovati da izgubi deo neke transmisije.

TEHNIČKO REŠENJE

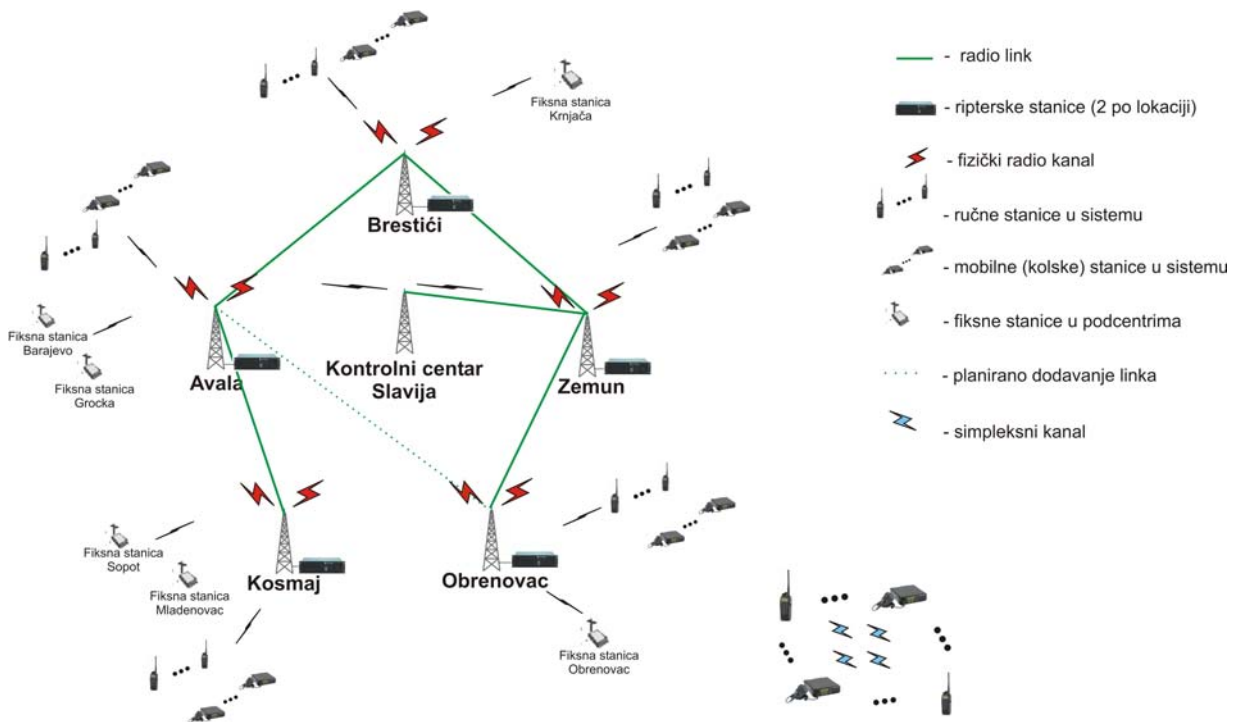
Sistem se sastoji od 10 ripiterskih stanica preko kojih komunikaciju treba da ostvaruje oko 200 radio stanica. Ripiteri su smešteni na 5 lokacija na kojima se nalaze pripadajući radio sistemi (Avala, Zemun, Brestići, Obrenovac i Kosmaj). Dispečerski centar i ovih pet lokacija su povezani u IP mrežu preko radio linkova.

Radio linkovi

Kontrolni centar na Slaviji i pet pomenutih lokacija (Avala, Zemun, Brestići, Obrenovac i Kosmaj) su povezani prenosnom IP mrežom koja se sastoji od linkova tačka-tačka.



Slika 1 - Lokacije u IP mreži radio sistema



Slika 2 – Šematski prikaz radio sistema

Za realizaciju linkova se koriste uređaji PTP800 i koristi se frekvencijski opseg 15GHz (14.4 - 15.35 GHz). Sistem obezbeđuje bežičnu *ethernet* konektivnost između sajtova. Razmak između glavnih kanala je 7 MHz, a razmak predaja/prijem je 728 MHz. PTP800 uređaji koriste LDPC (*Low Density Parity Check*) metodu za kontrolu grešaka u prenosu. Odnos između nekodiranih i kodiranih blokova podataka je između 0.76 i 0.94, u zavisnosti od širine kanala i modulacione tehnike. Koristi se adaptivna kodna modulacija. To znači da sistem bira modulaciju u odnosu na kvalitet prijemnog signala. Kriterijum za izbor modulacije je da se obezbedi što veći kapacitet linka, a da se pri tome održi kvalitet prenosa na zadovoljavajućem nivou, tj. bez grešaka. U poređenju sa tehnikama fiksne modulacije, adaptivne tehnike modulacije mogu da povećaju pouzdanost rada linka, ili njegovu brzinu, ili oboje. Maksimalna brzina linka zavisi od primenjene modulacije. Najveći protok u sistemu se ostvaruje modulacijom 128QAM, sa korelacionim faktorom 0.76 i iznosi 34.5 Mbit/s. Implementirane su modulacione tehnike: QPSK, 8PSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM i 128QAM koje obezbeđuju kapacitet od 10Mb/s, 14.7 Mb/s, 20 Mb/s, 24.6 Mb/s, 30 Mb/s i 34.5 Mb/s, respektivno.

Uređaj PTP800 se sastoji od jedinice za spoljašnju montažu (*Outdoor Unit – ODU*) i jedinice za unutrašnju montažu (*Compact Modem Unit – CMU*). One su međusobno povezane koaksijalnim kablom preko koga se vrši prenos ulaznih/izlaznih signala, DC napajanja, alarmnih i kontrolnih signala. Osnovna funkcija spoljne jedinice (ODU) je primo-predaja signala u radiofrekvencijskom opsegu. Prilikom primo-predaje vrši se i konverzija između modulisanog signala i signala u radiofrekvencijskom opsegu, čija se primopredaja obavlja. Svaka ODU se sastoji od 3 celine: 1) radio frekvencijski blok, 2) kontrolni blok i 3) DC-DC konvertor. Zajedno sa osnovnim saobraćajnim pritokama ka jedinici za unutrašnju montažu (CMU) prosleđuju se i signali prouzrokovani stanjima u ODU. Stanja koja prouzrokuju pojavu alarma su: gubitak IF signala, neželjeno smanjenje izlazne snage za više od 3 dB, greška u radu lokalnog oscilatora, smanjenje nivoa prijemnog signala ispod praga prijema, prekid komunikacije između ODU i CMU. Postoji i RSSI (*Received Signal Strength Indication*) konektor, standardni ženski BNC konektor koji omogućava merenje analognog napona koji je proporcijalan snazi primljenog radio signala na ODU jedinici. Na konektor se može povezati voltmetar kojim se meri nivo snage primljenog signala prilikom podešavanja antena pri uspostavi radio-relejnog linka. ODU se instalira direktno na antenu. Antene u sistemu su prečnika 0.6m, odnosno 1.2m za linkove Zemun-Obrenovac i Avala-Kosmaj.

Indoor jedinica (CMU) je na svim lokacijama smeštena u zgradi. Osnovna funkcija CMU je modulacija u predajnom, odnosno demodulacija u prijemnom smeru. Koaksijalni kabl koji je povezuje sa ODU prenosi sledeće signale: jednosmerno napajanje za ODU od -48V DC, vrši predaju signala na učestanosti od 350 MHz, vrši prijem signala na 140 MHz, prenosi kontrolnu i statusnu signalizaciju. Na njoj se nalazi i menadžment port za upravljanje sistemom, koji podržava *ethernet* konekciju.

Ripiteri

Sistem radi u VHF opsegu. Prema Planu namene radio frekvencijskih opsega za potrebe elektroprivredne delatnosti u opsegu 146 MHz – 174 MHz namenjen je sledeći podopseg: 165.025-166.625MHz, odnosno 169.525-171.125MHz.

Prema potrebama koje postoje u EDB-u, u sistemu postoje 10 fizičkih radio kanala raspoređenih na 5 lokacija. Koriste se radio kanali širine opsega 12.5 kHz. U okviru svakog kanala implementira se TDMA tehnika pristupa sa 2 vremenska slota (dva logička kanala). Na taj način se kapacitet sistema udvostručuje. Radio sistem ima dva fizička kanala po sajtu, odnosno 4 logička kanala po sajtu i to ukupno čini u sistemu 20 logičkih saobraćajnih kanala, koji su označeni kao u *tabeli 1*. *Wide* kanali (kanali koji

TABELA 1 – RASPORED KANALA U SISTEMU

	Ripiter A		Ripiter B	
	Logički kanal 1	Logički kanal 2	Logički kanal 1	Logički kanal 2
BRESTIĆI	Brestici-W1	Brestici-W2	Brestici-W3	Brestici-L
OBRENOVAC	Obrenovac-W1	Obrenovac-W2	Obrenovac-W3	Obrenovac-L
AVALA	Avala-W1	Avala-W2	Avala-W3	Avala-L
KOSMAJ	Kosmaj-W1	Kosmaj-W2	Kosmaj-W3	Kosmaj-L
ZEMUN	Zemun-W1	Zemun-W2	Zemun-W3	Zemun-L

imaju oznaku *W* u nazivu) rade u *IP Site Connect* režimu. Ovim režimom se omogućava konektivnost na čitavoj teritoriji koju pokriva sistem, odnosno na široj teritoriji Beograda. To znači da se komunikacija sa bilo kog od kanala koji ima oznaku *W1* u nazivu prenosi na svim ostalim *W1* kanalima u sistemu. Isto važi i za kanale sa *W2* i *W3*. Zbog toga se ponekad za sve logičke kanale sa oznakom *W1* koristi naziv *WIDE-1*, tj. *WIDE-2* i *WIDE-3*.

Pored toga, na svakoj od pet lokacija postoji jedan lokalni logički kanal koji opslužuje aktivnost u okviru teritorije koju pokriva ta lokacija. Lokalni kanali su predviđeni za potrebe dispečerskih podcentara. Zbog udaljenosti Kosmaja od dispečerskog centra na Slaviji i potrebe za snimanjem razgovora lokalnih kanala (o čemu će biti reči kasnije) lokalni kanal *Avala-L* i lokalni kanal *Kosmaj-L* su konfigurisani u *IP Site Connect* režimu i za njih se koristi naziv *Avala/Kosmaj-L*.

Antenski sistem na svakoj od pet lokacija čine po nezavisna antena za svaki od ripitera posebno, odnosno za svaki radio kanal postoji posebna VHF antena. Ripiter je uređaj koji obezbeđuje radio interfejs za povezivanje korisnika na terenu. Napaja se naizmeničnom strujom i dizajniran je tako da se montira u rekormane koji postoje na svakoj od lokacija u zatvorenim prostorijama. Na njihovom prednjem panelu nalaze se LED indikatori trenutnog statusa, uključujući i indikatore predajne i prijemne snage u realnom vremenu, za svaki vremenski slot. Svi ripiteri su povezani u jedinstvenu mrežu sa drugim uređajima u IP mrežu. On osluškuje signale na jednoj radio frekvenciji, a emituje ih na nekoj drugoj frekvenciji. Dakle, za svaki ripiter u sistemu (jedan fizički kanal) se podrazumeva jedan par radio frekvencija. Kada poziv započne u jednom logičkom kanalu ripitera, on prosleđuje ovaj poziv svim ostalim ripiterima, a oni prosleđuju poziv na svojim odgovarajućim logičkim kanalima.

Povezivanjem ripitera u IP mrežu, omogućava se korisniku na neprimetno radi *roaming* od servisne zone jednog do servisnih zona drugih ripitera, kao što je već objašnjeno. Ključna uloga ripitera je da održava sinhronizaciju unutar sistema. Radio uređaji se sinhronišu u odnosu na odgovarajuću transmisiju koja stiže sa ripitera. Kada radio uređaj emituje u svom vremenskom slotu, ta transmisija se odigrava sa periodom od 30ms. Ovo omogućava simultanu transmisiju u drugom vremenskom slotu, tj. dva uređaja naizmenično emituju signal svako u svom vremenskom slotu. Ripiter prima ove sve transmisije, kombinuje ih i pretvara u jednu kontinualnu transmisiju sa odgovarajućim redosledom. Oni u potpunosti prenose sve komandne i kontrolne poruke kao što su obaveštenje o pozivu, provera aktivnosti uređaja, aktiviranje/deaktiviranje radio uređaja, daljinski nadzor i hitni poziv. Ripiter koristi ugrađenu signalizaciju da objavljuje trenutne statuse svih kanala, a na korisničkim radio uređajima je da interpretiraju ove signale i donesu odluku da li će korisniku omogućiti da započne transmisiju ili ne. Dakle, kada neki korisnik, ili grupa korisnika, koristi neki kanal tj. vremenski slot, ripiter objavljuje da se taj logički kanal koristi i ko ga koristi. Samo radio uređaji koji su članovi te konkretne grupe mogu da obave transmisiju. Ripiter im čak ostavlja na raspolaganju i kratko vreme posle inicijalne predaje da eventualno odgovore izvorišnom radio

uređaju. Ovo "rezervisano" vreme u mnogome poboljšava kontinuitete poziva, jer se ne dozvoljava da novi poziv počne dok se prethodni ne završi. Bez korišćenja ove mogućnosti sistema, korisnici bi u velikom broju slučajeva imali kašnjenje u komunikaciji, zbog drugih korisnika koji im preotimaju kanal između dve transmisije, pre nego što završe poziv. Kada se posmatrani poziv završi, i prođe rezervisano vreme, ripiter još neko kratko vreme nadgleda kanal i ukoliko se ne pojavi nikakva nova transmisija on prelazi u neaktivno stanje. Čim se pojavi nova transmisija ripiter ponovo prelazi u aktivno stanje i ponovo obavlja retransmisije. Takozvanim "fleet mapping"-om odnosno određivanjem koje grupe komuniciraju na kojim kanalima i zasnivanju govorne komunikacije na grupnim pozivima, moguće kolizije na kanalu su svedene na minimum. U sistemu EDB-a ripiteri koji su povezani u IP mrežu obavljaju i sledeće zadatke:

- svaki ripiter proverava da li su njegovi komunikacioni linkovi ka drugim ripiterima sve vreme u funkciji,
- ripiteri se informišu između sebe o svom operativnom statusu (uključujući i svoju IP adresu),
- staraju se o tome da u slučaju da se dogodi više poziva u kratkom vremenskom periodu, samo jedan poziv ostaje aktivan na svim sajtovima, i svi ripiteri (osim onih koji detektuju interferenciju) rade retransmisiju odabranog poziva, i
- prenose svoja alarmna stanja i obezbeđuju dijagnostičke informacije svojoj kontrolnoj aplikaciji za dijagnostiku i kontrolu ripitera. Ova aplikacija omogućava svojim korisnicima da daljinskim pristupom promene režim rada ripitera.

Ripiter u sistemu radi na frekvencijama za čije je korišćenje dobijena dozvola od RATEL-a i one se nalaze u opsegu 146-174 MHz. Maksimalna izlazna snaga predviđena dozvolama je 20 W. Jedan ripiter u sistemu ima ulogu mastera. To su Ripiter A i Ripiter B na Avali, svaki za svoj sistem. Njihova dodatna uloga koju nemaju ostali ripiteri je da posreduju u UDP/IP adresiranju i prikupljanju informacija o stanju ripitera. Ukoliko ovi ripiteri u sistemu iz nekog razloga.

Korisničke radio stanice

U sistemu trenutno postoji 200 radio stanica, od toga:

- 100 ručnih (portabl) stanica,
- 88 koloskih (mobilnih) stanica i
- 12 fiksnih stanica.

Kao što je rečeno, radio stanice vrše predaju i prijem u VHF opsegu. Ručne stanice je moguće podesiti da rade u režimu manje izlazne snage (1 W) ili veće izlazne snage (5 W). Ostavljena je mogućnost da korisnik stanice izabere režim rada. I mobilne stanice imaju režim manje snage (1-25 W) i režim veće snage (25-45 W). Radio stanice je moguće koristiti na celokupnoj široj teritoriji grada Beograda. Fiksne stanice se nalaze na 12 lokacija, u poslovnim zgradama: VI Muška, Zemun 2, Dušanovac, Sopot, Niški put, Rakovica, Zemun, Barajevo, Grocka, Krnjača, Obrenovac i Mladenovac.

Kontrolni centar

Da bi se obezbedilo upravljanje i slanje komandi iz dispečerskog centra na Slaviji, GPS pozicioniranje i snimanje razgovora, na toj lokaciji se nalaze odgovarajući serveri, mobilne radio stanice i uređaji za link tačka-tačka sa Zemunom.

U glavnom dispečerskom centru se nalazi radna stanica kao i odgovarajuća aplikacija koja je instalirana na klijentski računar. Preko grafičkog interfejsa ove aplikacije dispečeri mogu da komuniciraju sa svim grupama na svim kanalima. Preko radne stanice se omogućava pristup i kontrola četiri mobilne radio

stanice koje se nalaze u ormanu sa opremom u kontrolnoj sobi. Radna stanica može da omogući povezivanje do 8 PC klijenta, a trenutno je pored glavne aplikacije instalirano i softversko rešenje udaljene dispečerske aplikacije. Ona omogućava udaljenom korisniku računara da deli pristup radnoj stanici. Oba klijentska računara se nalaze u poslovnoj zgradi na Slaviji. Radna stanica omogućava pravljenje takozvanih *patch*-eva. Pomoću njih, dispečer može da omogući komunikaciju između bilo kojih grupa ili radio stanica u sistemu. To npr. može biti komunikacija između dve ili više radio stanica, dve ili više grupa, grupe i radio stanice itd. Takođe, postoji i *soft phone* modul preko koga se pristupa javnoj telefonskoj mreži. Dispečer preko tog modula može da poveže bilo koju stanicu iz sistema na javnu telefonsku mrežu. Četiri mobilne radio stanice koje se nalaze u ormanu u kontrolnoj sobi i preko kojih se ostvaruje komunikacija iz dispečerskog centra koriste jednu omni direkcionu i četiri yagi antene na antenskom sistemu na krovu zgrade na Slaviji. Tri mobilne radio stanice se koriste za *IP Site Connect* režim, tj za kanale wide 1, wide 2 i wide 3 i one komunikaciju ostvaruju preko omnidirekcione antene koja ima vezu sa ripiterima u Zemunu ili na Avali. Četvrta mobilna radio stanica služi za pristup lokalnim kanalima. Dispečer preko aplikacije bira kom će lokalnom kanalu da pristupi i u zavisnosti od tog izbora, komunikacija se ostvaruje preko jedne od četiri *yagi* antene koje su usmerene ka Zemunu, Brestićima, Obrenovcu i Avali.

U kontrolnom centru se nalazi i sistem za GPS pozicioniranje. U dispečerskom centru se nalazi klijentski računar sa odgovarajućom aplikacijom. U aplikaciji se može videti lokacija svih aktivnih mobilnih i ručnih stanica na mapi. Moguće je videti i brzinu kojom se korisnik kreće, kao i smer kretanja. Takođe se može videti kada su se neaktivne stanice odjavile iz sistema ili izgubile GPS signal. Moguće je posmatrati i vreme govornih aktivnosti korisničkih stanica, kao i slanje poruka jednoj ili grupi stanica. Za potrebe ovog sistema u ormanu u kontrolnoj sobi nalazi sedam mobilnih radio stanica. Njihova funkcija je prikupljanje GPS podataka sa korisničkih stanica u sistemu. Svaka prikuplja podatke sa po jednog od kanala u sistemu: *wide-1*, *wide-2*, *wide-3*, *Zemun-L*, *Avala/Kosmaj-L*, *Brestići-L* i *Obrenovac-L*. Mobilne radio stanice koje prikupljaju podatke sa kanala *wide-1*, *wide-2*, *wide-3* i *Zemun-L* koriste *yagi* antenu koja je usmerena prema Zemunu. Za kanale *Avala/Kosmaj-L*, *Brestići-L* i *Obrenovac-L* koriste se usmerene *yagi* antene prema Avali, Brestićima i Obrenovcu, respektivno.

U sistemu se snimaju razgovori na svim kanalima, osim na simpleksnim. Sistem za snimanje se sastoji od servera i PC klijenta. Informacije se dobijaju preko istih antena kao GPS podaci. Ova funkcionalnost je od velikog značaja u slučajevima kad je potrebno utvrditi gde je nastala greška u radu. Razgovori se skladište na serveru i mogu se u svakom trenutku preslušati.

Na aplikativnom serveru povezanom na IP mrežu sistema, postoji i aplikacija za dijagnostiku i upravljanje ripiterima. Ona prikazuje njihove statuse i omogućava kontrolisanje nekih njihovih parametara. Takođe je moguće lokalnu aplikaciju instalirati na neki od prenosivih računara koji se preko USB interfejsa povezuju na ripiter. Preko ovog servera, moguće je preko web interfejsa videti status linkova i kontrolisati parametre u vezi linkova.

ZAKLJUČAK

Primena digitalnog radio sistema zauzima značajno mesto u planiranom telekomunikacionom sistemu Elektro distribucije Beograd. Implementacijom ovog sistema za prenos govora omogućeno je kvalitetnije upravljanje i održavanje elektrodistributivne mreže. Obezbeđuje se kvalitetno i pouzdano snabdevanje električnom energijom na konzumnom području PD "Elektrodistribucija Beograd". Konfiguracija sistema je usklađena sa organizacionom strukturom kompanije i omogućava svim ekipama nesmetano korišćenje i pristup resursima. U odnosu na prethodno korišćenje sistema javne mobilne telefonije, povećana je pouzdanost sistema u incidentnim situacijama, smanjeno vreme uspostave veze i omogućeno GPS

praćenje radio stanica. Sa ekonomske strane napravljena je ušteda, a snimanjem razgovora omogućeno poboljšanje kvaliteta rada. U budućnosti je moguće proširenje sistema u vidu dodavanja novih ripiterskih stanica blizu dispečerskog centra čime bi se povećalo indoor pokrivanje za ručne stanice u centru grada. Takođe, u planu je dodavanje još jednog linka čime bi se zatvorila IP mreža u konfiguraciji prstena i zaštitnom putanjom povećala pouzdanost u slučaju incidentne situacije na nekoj od lokacija (Slika 2).

LITERATURA

1. A. Nešković, N. Nešković, Đ. Paunović, "Tehničko rešenje i glavni projekat za dobijanje dozvola za korišćenje radio frekvencija radio sistema za prenos govora PD „Elektrodistribucije Beograd“".
2. N. Nešković, A. Nešković, Đ. Paunović, "Tehničko rešenje i glavni projekat za dobijanje dozvola za radio relejnu mrežu za povezivanje repetitora za prenos govora PD „Elektrodistribucija Beograd“".
3. N. Antić, A. Nešković, N. Nešković, "Primena radio sistema u Elektroprivredi Srbije"
4. A. Nešković, N. Nešković, Đ. Paunović, "Modern Approach in Modeling of Mobile Radio Systems Propagation Environment"
5. Motorola, "PTP 800 Series User Guide"
6. Motorola, "MOTOTRBO System Brochure"
7. Motorola, "EDB, MOTOTRBO Digital VHF Wide Area Network for Belgrade"
8. Motorola, "PTP Link Planner Instalation Report, Project EDB"