

DOI: [10.46793/CIGRE37.D2.16](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.D2.16)**D2.16****FUNKCIONALNO UNAPREĐENJE RADIO-KOMUNIKACIONOG SISTEMA
ELEKTRODISTRIBUCIJE SRBIJE****FUNCTIONAL IMPROVEMENT OF THE RADIO COMMUNICATION SYSTEM OF
ELEKTRODISTRIBUCIJA SRBIJE****Milija Marinković, Jovica Borisavljević, Tamara Jakovljević, Predrag Šejat***

Kratak sadržaj: Za potrebe ostvarivanja osnovne delatnosti preduzeća, distribucije električne energije do krajnjih potrošača, a u skladu sa savremenim sistemima upravljanja elektro-distributivnom mrežom, u okviru Elektrodistribucije Srbije d.o.o. Beograd u prethodnom periodu realizovan je savremeni digitalni radio sistem za prenos govora zasnovan na TDMA tehnologiji. Digitalni radio sistemi bazirani na TDMA tehnologiji sa dva vremenska slota su jedan mogući izbor za profesionalne korisnike. Ova tehnologija je široko rasprostranjena i sasvim je izvesno da će se dalje povećanje spektralne efikasnosti bazirati na TDMA tehnologiji. TDMA radio sistemi nude brojne prednosti u pogledu fleksibilnosti, manjih troškova opreme, dužeg životnog veka baterije, i spremnosti za dalje povećanje spektralne efikasnosti. Korporativni radio-sistem za prenos govora realizovan je savremenim digitalnim radio-sistemom, čime je omogućeno pouzdanije i kvalitetnije sprovođenje tehnološkog procesa u cilju upravljanja i održavanja elektro-energetskih objekata distributivnog elektro-energetskog sistema, a samim tim pouzdanije i kvalitetnije snabdevanje električnom energijom.

Ključne reči: *Frekvencijski opseg, pokrivenost, repetitori, radio-sistem, VHF*

Abstract: For the needs of realization of the basic activity of the company, distribution of electricity to end consumers and in accordance with modern management systems of the electricity distribution network, within Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd. In the previous period, a modern digital radio system for voice transmission based on TDMA technology was implemented. Digital radio systems based on TDMA technology with two time slots are one possible choice for professional users. This technology is widely spread, and it is certain that further increases in spectral efficiency will be based on TDMA technology. TDMA radio systems offer numerous advantages in terms of flexibility, lower equipment costs, longer battery life, and readiness for further increases in spectral efficiency.

* Milija Marinković, Elektrodistribucija Srbije - Beograd, milija.marinkovic@es.rs
Jovica Borisavljević, EDS - Elektrodistribucija Srbije, jovica.borisavljevic@es.rs
Tamara Jakovljević, Elektrodistribucija Srbije - Beograd, tamara.jakovljevic@es.rs
Predrag Šejat, Elektrodistribucija Srbije - Beograd, predrag.sejat@es.rs

The corporate radio system for voice transmission is realized by a modern digital radio system, which enables more reliable and better implementation of the technological process in order to manage and maintain electric power facilities of the electric power distribution system, and thus a more reliable and high quality electricity supply.

Key words: *Frequency range, coverage, repeaters, radio system, VHF*

1 UVOD

U radu ćemo predstaviti radio sistem za prenos govora koji je realizovan za potrebe Elektro distribucije d.o.o. Beograd. Prvenstveno ćemo objasniti princip rada Capacity Max sistema, koji je implementiran umesto postojećeg IP Site Connect sistema, njegovu topologiju i arhitekturu, sve njegove prednosti i mane u odnosu na prethodni sistem kao i slike sa instaliranih lokacija.

Nakon toga je opisano kako je rešen problem sa predikcijom nivoa električnog signala, određivanje zone pokrivenosti kao i određivanje minimalnog geografskog rastojanja između radio-predajnika koji rade na istim ili susednim radio-kanalima, uz dozvoljeni nivo interferencije.

Prikazaćemo merenje nivoa prijemnog signala RSSI na ručnoj radio stanici DP4801, kao i grafički prikaz zone pokrivenosti repetitorske lokacije Avala.

1.1 Tehničko-tehnološka koncepcija radio sistema

Digitalni radio sistemi imaju mnoge prednosti u odnosu na analogne, kao što su poboljšan kvalitet prenosa signala, bolja bezbednost, sofisticirane metode kontrole poziva, lakoća integracije sa sistemima za prenos podataka i mnoge druge. U svetu profesionalnih primena, može se reći da je u toku masovna migracija na digitalne radio sisteme. Naime, u istom trenutku na sceni su pritisci regulatornih tela, u kombinaciji sa svakodnevnim operativnim potrebama, koji zajedno vode ka tome da i proizvođači opreme, kao i sami korisnici imaju potrebu da prenose više informacija u dodeljenom delu radio spektra ili drugačije rečeno, postoji potreba za povećanjem spektralne efikasnosti. Radio kanali koji su se nekada koristili za prenos jednog govornog kanala, sada se dele tako da mogu da istovremeno opsluže dva logička toka (u kojima se realizuje prenos govora ili podataka).

U osnovi, u domenu poslovnih radio sistema postoje dve tehnologije koje omogućavaju višestruki pristup jednom kanalu. U okviru Frequency Division Multiple Access (FDMA) tehnike frekvencijski opseg posmatranog kanala se deli na dva podkanala preko kojih se uporedo prenose dva toka signala. Sa druge strane Time Division Multiple Access (TDMA) podrazumeva da se ne menja originalna širina radio kanala ali se ukupni kanal deli u više vremenskih slotova u okviru kojih može da se prenosi nezavisan tok signala. Obe tehnike su već u upotrebi zbog činjenice da je potrebno povećati spektralnu efikasnost radi uvođenja novih funkcionalnosti u profesionalne (poslovne) radio sisteme.

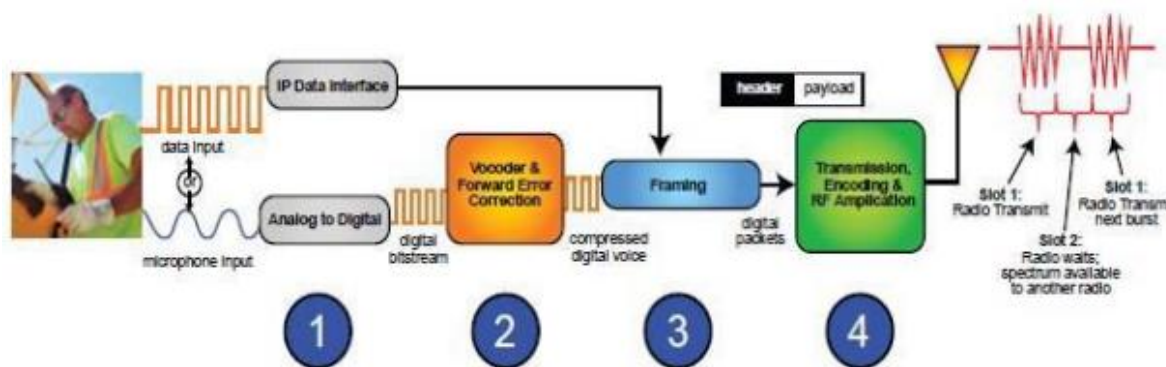
U predstojećim godinama samo je pitanje vremena kada će se od radio sistema očekivati da, kao standardno rešenje, ponude prenos dva govorna signala ili dva toka podataka preko jednog kanala od 12.5kHz (što se još naziva i 6.25kHz-nom ekvivalentnom efikasnošću). No, tehnologija već danas omogućava postizanje ovih ciljeva, tako da profesionalni korisnici mogu već sada da koriste funkcionalnosti koje donosi digitalizacija.

Naime, profesionalni korisnici već sada mogu da dupliraju kapacitete svojih licenciranih radio sistema, prihvatanjem tehnologije kojom se omogućava postizanje 6.25kHz-ne ekvivalentne efikasnosti.

Digitalni radio sistemi bazirani na TDMA tehnologiji sa dva vremenska slota su jedan mogući izbor za profesionalne korisnike. Ova tehnologija je široko rasprostranjena i sasvim je izvesno da će se dalje povećanje spektralne efikasnosti bazirati na TDMA tehnologiji. TDMA radio sistemi nude brojne prednosti u pogledu fleksibilnosti, manjih troškova opreme, dužeg životnog veka baterije, i spremnosti za dalje povećanje spektralne efikasnosti.

1.2 Digitalna radio tehnologija

U okviru digitalnih radio sistema primenjuje se TDMA (Time Division Multiple Access) tehnologija višestrukog pristupa sa dva vremenska slota, čime se postiže povećana spektralna efikasnost. Digitalne radio tehnologije, koje se koriste u okviru radio sistema, prikazane su na sledećoj slici.



Slika 1: Digitalna radio tehnologija

Celokupan sistem je predstavljen u vidu četiri modula:

1. Analogna-digitalna konverzija – kada korisnik pritisne PTT taster i započne govor, njegov glas se prima od strane mikrofona, koji ga pretvara iz akustične talasne forme u analogni električni signal. Zatim se vrši odabiranje ovog signala u analogno-digitalnom konverteru. U tipičnim radio primenama, 16bitni uzorci se uzimaju sa učestanošću 8kHz i tako se formira digitalni niz od 128000bps. Ovaj niz sadrži i previse informacije kako bi bio poslat preko kanala širine 12.5 kHz, pa je stoga potreban neki vid kompresije signala.

2. Vokoder (Voice coder) i kontrola grešaka (Forward Error Correction – FEC) –Vokoder vrši kompresiju digitalnog signala govora razbijajući ga na njegove najvažnije delove, koji se kodiraju malim brojem bitova. Vokoder vrši kompresiju digitalnog niza tako da se on može preneti u okviru širine 6.25kHz. Ovaj vocoder radi tako što se deli digitalni govorni niz u kratke segmente, tipičnog trajanja 20 do 30ms. Svaki segment se analizira i najvažniji parametri, kao što su amplituda, nivo i frekvencijski odziv, se razdvajaju. Potom se ovi parametri kodiraju primenom malog broja digitalnih bita. Zajedno sa procesom kompresije i kodovanjem, vrši se i kontrola grešaka primenom FEC tehnike. U pitanju je tehnika koja omogućava prijemniku da potvrdi integritet primljene poruke i odredi koji bitovi su izmenjeni. Do ove etape, vocoder je izvršio kompresiju signala sa 128000bps na 3600bps.

3. Framing (pakelizacija) – u ovoj etapi obrade signala se vrši priprema kodiranog govora za prenos. Pakelizacija signala podrazumeva organizovanje govora i utisnutih signalnih informacija (color code, identifikacija uređaja, tip poziva) u pakete. Paketi se sastoje iz zaglavlja (header) i korisnog dela (payload). Zaglavlje sadrži informacije za kontrolu poziva i identifikaciju uređaja, a korisni deo čini kompresovani govor. Ova struktura može prenositi i IP pakete tj. IP paketi su samo alternativna forma korisnog dela paketa. Informacije iz zaglavlja se periodično ponavljaju pri transmisiji, čime se povećava pouzdanost signalnih informacija i omogućava da se prijemni radio uređaj pridruži pozivu koji je već započet tzv. “kasni ulaz”.

4. TDMA transmisija – U ovoj finalnoj etapi obrade signala vrši se priprema signala za prenos, uz korišćenje frekvencijske modulacije FM. TDMA organizuje radio kanal u dva vremenska slota. Emitovanjem u različitim slotovima se postiže da dva poziva dele isti kanal, bez međusobnog ometanja, čime se duplira spektralna efikasnost. Primenom TDMA tehnike, radio uređaj emituje za vreme trajanja svog slot.

2 CAPACITY MAX SYSTEM

2.1 Glavni nedostaci prethodnog radio-sistema Elektrodistribucije

Glavni nedostatak prethodnog radio sistema Elektrodistribucije Srbije je nedostatak repetitora (govornih slotova) na većini lokacija što predstavlja ogroman problem jer ne mogu biti ostvareni svi neophodni pozivi ekipa na terenu već se mora sačekati da se određeni poziv završi kako bi mogao da se ostvari naredni, što je nedopustivo jer brzina uspostavljanje veze može sačuvati nečiji život u ovim okolnostima.

Snimanje razgovora je obavljano uz pomoć registrofona koji ne mogu čuvati preveliki broj poziva, a taj problem je sad rešen uz pomoć SmartPTT.

SmartPTT aplikacija koja se nalazi na dispečarskim konzolama omogućava snimanje, čuvanje i reprodukciju svih razgovora u neograničenim količinama. Uz pomoć ove aplikacije je rešeno i GPS praćenje svih ručnih i mobilnih radio stanica što u prethodnom sistemu nije bilo moguće.

2.2 Opšti pregled Capacity Max sistema

Capacity Max je trunking radio sistem, zasnovan na kontrolnim kanalima, primarno namenjen za zahtevne biznis i industrijske korisnike. Koristi se TDMA tehniku pristupa sa 2 vremenska slot, gde se koriste kanali pune širine do 12.5kHz ali se period njihovog korišćenja deli na dva naizmenična vremenska slot, čime se udvostručuje kapacitet po jednom kanalu 12.5kHz.

U okviru digitalnih radio rešenja postoji nekoliko arhitektura:

- IP Site Connect
- Capacity Plus
- Capacity Max
- Connect Plus

Sva navedena rešenja su trunking radio sistemi, izuzev IP Site Connect radio sistema, koji je konvencionalan radio sistem za više lokacija.

Osnovna prednost trunking sistema u odnosu na konvencionalne, jeste što u trunking sistemu radio stanice dele dostupne kanale, čime se omogućava da veliki broj govornih grupa komunicira preko manjeg broja kanala i povećava efikasno korišćenje kanala. U suštini, trunking radio sistem predstavlja kompjuterski kontrolisan radio sistem, u kome, kada korisnik želi komunikaciju, kompjuter mu dodeljuje kanal i tada započinje komunikaciju.

2.3 Način rada

Capacity Max arhitektura povećava kapacitet (npr. broj poziva u jedinici vremena) radio sistema. Kako bi se ovo postiglo, postoje dva načina rada sistema:

Otvoreni mod (Open system mode) – Ovaj način rada koristi trunking protoko.

Napredni (Advantage mode) – Obezbeđuje veći kapacitet nego Otvoreni mod rada. Koristi iste metode za povećanje kapaciteta. Povećanje kapaciteta se postiže kompresijom prijave poziva koji su u toku, preko izlaznog smera kontrolnog kanala. Ovaj mod rada koristi sopstveni protokol za prenos i stoga ne podržava radio uređaje drugih proizvođača.

3 ARHITEKTURA I KONFIGURACIJE CAPACITY MAX SISTEMA

Konfiguracija se sastoji od dve RF lokacije, jedne menadzment (core) lokacije i dve aplikacione lokacije. RF lokacija sadrži jedan ili više trunked repetitora, nijedan ili više data revert repetitora i opciono na lokaciji može postojati neka aplikacija za upravljanje, kao npr. radio management i sistemski savetnik (System Advisor). Takođe, obično na RF lokaciji postoji i druga oprema, npr. za napajanje uređaja.

Na menadzment lokaciji se nalaze Capacity Max server, aplikacija za upravljanje resursima, kao i aplikacije za upravljanje od drugih proizvođača. Unutar aplikacionih lokacija se nalaze data aplikacije, kao što su lokacijski server i server tekstualnih poruka, koje komuniciraju sa Data gateway. U okviru ovih lokacija mogu biti i voice aplikacije, kao što su konzola, snimač zvuka i telefonski gateway, koje komuniciraju sa gateway. Svi prethodno navedeni entiteti unutar CapacityMax sistema komuniciraju preko Ipv4 mreže.

3.1 Sajtovi

Sajt predstavlja fizičku lokaciju, gde se skup repetitora, servera i PC-a nalaze u okviru jedne lokalne mreže.

RF sajt podržava jedan ili više frekvencijskih parova, gde svaki frekvencijski par podržava dve Over the Air komunikacione putanje tj. dva logička kanala. Komunikaciona putanja se koristi kao kontrolni kanal, trunked kanal ili kao data revert kanal. U Capacity Max sistemu, kontrolni kanal je uvek prvi slot frekvencijskog para. Takođe, Capacity Max sistem dozvoljava da različiti RF sajtovi rade na različitim frekvencijskim opsezima.

Za potrebe Capacity Max projekta ulinkovano je 11 sajtova na teritoriji grada Beograda koji su dovoljni za pokrivanje celokupne teritorije grada. Lokacije koje su puštene u rad za potrebe Elektro distribucije Beograd su: Deligradska, Prvomajska, Brestići, Avala, Kosmaj, Tent A, Rudo1, Palata Albanija, Vodotoranj Košutnjak, Vodotoranj Barajevo, TS Batajnica 2, Smederevski put, Čačalica, Štubelj, Karaula, Ramački vis i Žeželj.

Sve repetitorske lokacije su unificirane, montaža uređaja (svičeva, rutera, repetitora itd.) je realizovana isto na svim lokacijama.

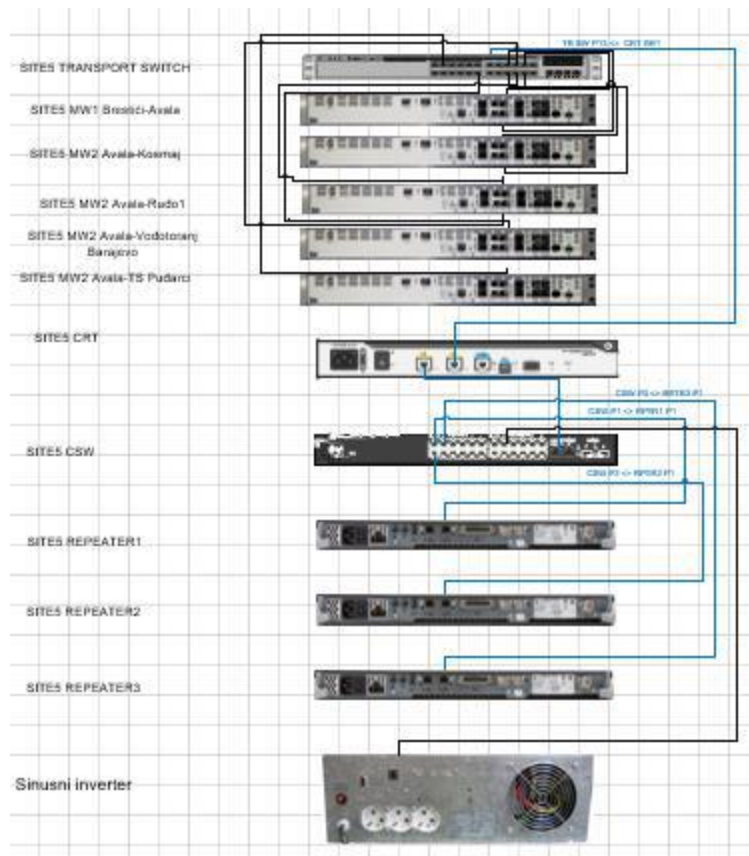


Slika 2: Lokacija Avalski toranj

Na svim lokacija je montirana unificirana oprema:

- ☐ Repetitori SLR5500 ili DR3000
- ☐ Pro-com kombajner (dvokanalni) ili Pro-com duplekseri
- ☐ Smart sinus UPS i 4baterije
- ☐ HPE MSR2000 router
- ☐ Aruba 2920 switch
- ☐ Transportni switch 2510 ProCurve
- ☐ SIAE linkovi kojima je ostvarena konekcija između svih lokacija u projektu

Što se tiče Capacity Max opreme (HP router, Aruba switch, Repetitori SLR5500 / DR3000) na svim lokacijama su povezani na identičan način tj na istim portovima na Aruba switch-u. Povezivanje ostatka opreme zavisi od slobodnog portova na transportnom switch-u i u zavisnosti da li je ta lokacija krajnja tačka ili čvorište (u zavisnosti od toga povezivanje linkova je drugačije i broj linkova na čvorištu je mnogo veći dok kod krajnjih tačaka postoji samo jedan link). Što se tiče VHF dela samog projekta, na svim lokacijama je montirana OMNI antena dok je na repetitorskim lokacijama Avala i Kosmaj urađena montaža panel antena zbog toga što su ovo najdominantnije tačke samog projekta.



Slika 3 - Povezivanje opreme na lokaciji Avalski toranj

3.2 Radio Management

Radio Management (RM) omogućava administratorima da konfigurišu, upravljaju i vrše programiranje korisnika i infrastrukture unutar Capacity Max sistema.

Radi se o aplikaciji koja je obavezni deo svakog Capacity Max sistema, koja može biti instalirana na svakom računaru koji zadovoljava određene minimalne hardverske i softverske zahteve, a koji ima direktnu IP konekciju sa Capacity Max sistemom. RM se sastoji od 4 komponente (RM Server, RM Client, RM Job processor i RM Device Programmer). Preporučuje se da jedan računar inicijalno bude određen za RM i da tu budu instalirane sve navedene komponente, čime se olakšava upravljanje i omogućava da konfiguracije budu na jednom mestu. Konfiguracije uređaja se čuvaju na centralnom mestu u RM Server-u i njima se može pristupiti sa udaljenog mesta korišćenjem RM Client-a. Prednost korišćenja RM-a je u tome da su konfiguracije sačuvane na jednom centralnom mestu.

Konfiguracija na sistemskom nivou – Svi uređaji u Capacity Max sistemu dele iste parametre sistemskog nivoa, čime se minimizira unošenje duplih informacija za svaki tip uređaja i stoga smanjuje verovatnoća greške. Primeri za ovo su trunking kontroler IP, informacija o sajtu, informacija o kanalu.

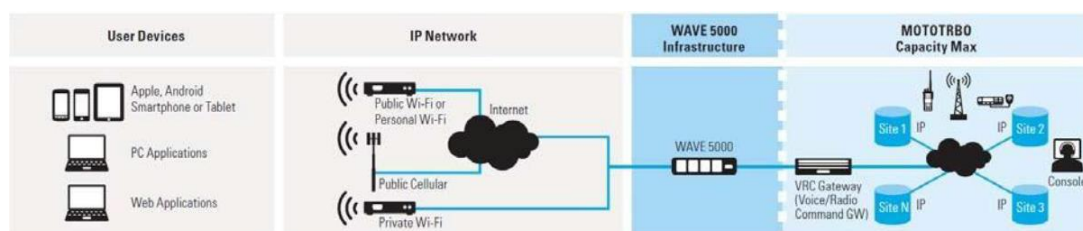
Nadogradnja firmware-a radio uređaja i repetitora – obavlja se korišćenjem RM-a.

Brojni uređaji se mogu selektovati i njihovo programiranje se može zakazati za tačno određeno vreme. Ovo je veoma korisno za programiranje brojnih radio uređaja sa različitim konfiguracionim setovima i jedinstvenim identifikatorima.

3.3 Wave5000 aplikacija

Primenom ove aplikacije omogućava se PTT glasovna komunikacija između širokopojsnih mrežnih uređaja (pametni telefoni, tableti, računari), kao i između pomenutih uređaja i radio uređaja Capacity Max sistema. Ovo softversko rešenje se zasniva na klijent-server arhitekturi.

Wave5000 server komunicira sa Capacity Max sistemom preko gateway-a. U sistemu može biti najviše jedan Wave5000 server, koji podržava do 50 istovremenih poziva. Grupni poziv, koji uključuje širokopojsne uređaje, se posmatra kao jedan poziv, jer se koristi IP multicast. Wave Mobile Communicator klijent je softver koji se instalira na širokopojsni uređaj. Maksimalan broj aktivnih klijenata unutar Capacity Max sistema je 3000. Podržani su sledeći tipovi DMR govornih poziva: grupni poziv, sveopšti poziv (site, multi-site i system) i individualni OACSU poziv.



Slika 4: Wave5000

Jedan od primera Wave5000 aplikacije jeste pokrivanje dzepova radio signalom u užem jezgru grada, naročito u zgradama ili pod zemljom. U praksi to bi značilo da korisnik, koji nosi ručnu radio stanicu ne bi više imao domet kada uđe u takav objekat i izgubio bi vezu sa dišečom, što bi dalje značilo da je njegov rad nebezbedan i rizičan. Kako bi se ovaj problem prevazišao i korisnik ostao povezan na sistem, iako je izgubio vezu sa repetitorskom lokacijom, moguća je primena Wave5000 aplikacije. Pristup na širokopojsni sistem pametni uređaji ostvaruju preko 3G/4G i Wifi mreže. Onog trenutka kada se povežu na sistem, imaju pristup dvosmernoj radio mreži i povezani su sa govornom grupom (grupom radio stanica) unutar nje.

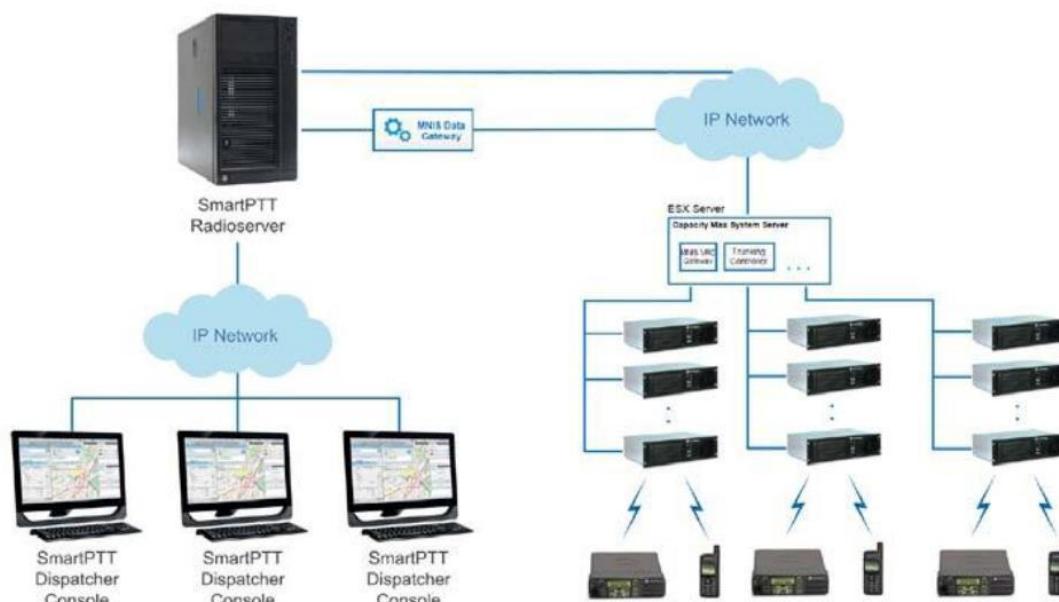
3.4 Dispečarski softver SmartPTT

U prethodnom sistemu Elektro distribucije Beograd, za snimanje razgovora, korišćeni su registrofoni koji su bili preskupi i nisu mogli da čuvaju veliki broj poziva, a dešavalo se da se kvare nakon određenog vremenskog perioda. Snimanje razgovora, GPS praćenje i još mnogo servira u novom Capacity Max sistemu rešili smo pomoću aplikacije koja se zove SmartPTT.

Centralizovano upravljanje i koordinacija predstavljaju jedan od najvažnijih aspekata funkcionisanja radio sistema. Unutar sistema je potrebno obezbediti rešenje, kako za tradicionalno dispečovanje govornih poziva, tako i za napredne funkcionalnosti digitalnih sistema u vidu lokacijskih servisa, prenosa tekstualnih poruka, mogućnosti praćenja kretanja radio uređaja, kontinualnog snimanja razgovora i monitoringa sistema. Jedno od takvih rešenja je dispečarska softverska aplikacija SmartPTT Plus.

U pitanju je softversko rešenje, namenjeno za kontrolne sobe unutar operativnih centara, koje omogućava uvid u stanje sistema, u realnom vremenu. Zasniva se na klijent-server arhitekturi tj sastoji se od SmartPTT Plus dispečarske konzole, instalirane na PC računaru i SmartPTT Plus Radio servera, koji obezbeđuje povezanost sa drugim entitetima digitalnog radio sistema. U cilju postizanja veće pouzdanosti radio sistema, moguća je upotreba redundantnog SmartPTT Plus Radio servera.

SmartPTT Plus aplikacija je u potpunosti integrisana u infrastrukturu radio sistema preko IP mreže, čime se obezbeđuje skalabilnost samog sistema, tako da sistem može rasti u skladu sa potrebama korisnika. Dodatno, upravo ta IP povezanost omogućava da se SmartPTT Plus može koristiti i za decentralizovano upravljanje sistemom, sa konzolama koje su locirane na mestima gde je to potrebno.

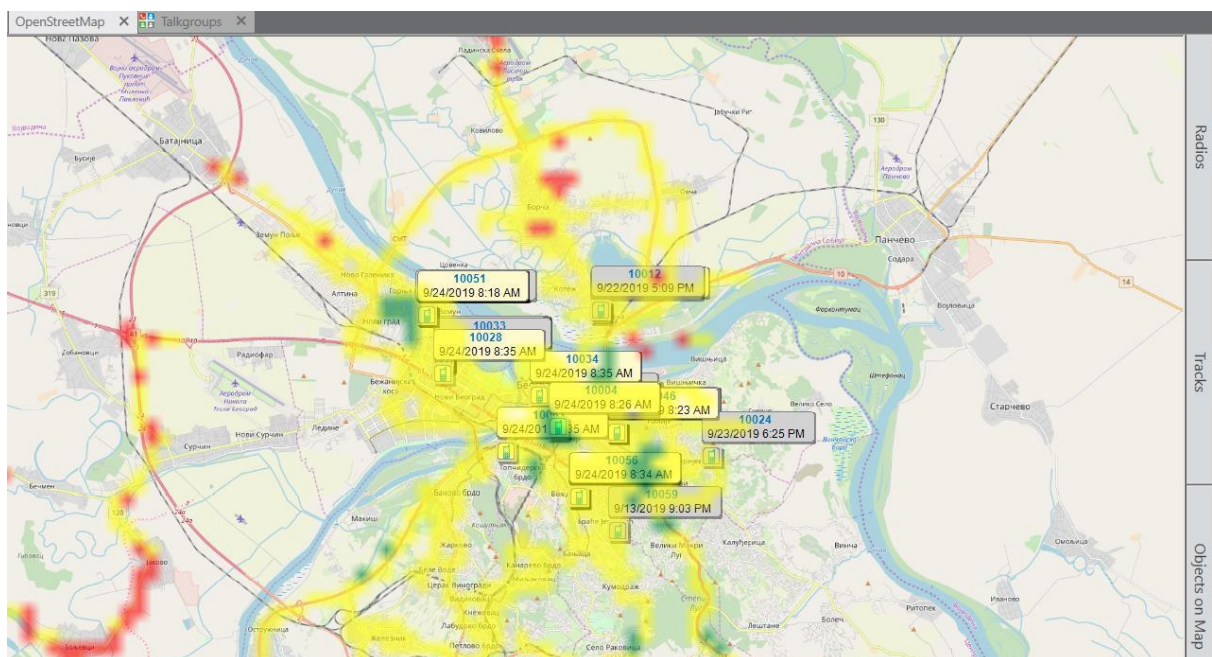


Slika 5: SmartPTT Plus aplikacija unutar Capacity Max sistema

Osnovne karakteristike i funkcionalnosti SmartPTT Plus aplikacije su:

- Dispečovanje govornih grupa – SmartPTT Plus aplikacija obezbeđuje komunikaciju između dispečara i udaljenih radio uređaja. Mogući su broadcast, grupni, privatni i hitni pozivi korišćenjem programiranih prečica.
- Upravljanje flotom – Primenom aplikacije dispečer može efikasno upravljati i daljinski nadgledati radio uređaje, dobiti trenutni status uređaja i konfigurisati radio uređaje da šalju izveštaje ka serveru.
- Skladištenje događaja – Moguće je zabeležiti sve događaje unutar sistema, uključujući pozive, tekstualne poruke i promene statusa, vršiti filtriranje i generisanje izveštaja sa informacijama o lokaciji i statusu uređaja.
- Alarmi i izolovan korisnik – Poboljšana je bezbednost osoblja korišćenjem automatskih alarma i zaštitom izolovanog korisnika. Alarm može biti poslat kao automatska poruka, e-mail ili SMS.
- Radni nalozi – Dispečer može da kreira, dodeljuje i nadgleda radne naloge putem radio mreže, u cilju što efikasnije dostave rutinskih zadataka. Korisnici mogu da prihvate ili odbiju radni nalog jednostavnim pritiskom tastera.
- Telemetrija – Pomoću aplikacije iz kontrolne sobe operativnog centra, može se nadgledati i kontrolisati oprema na udaljenim lokacijama.
- Tekstualne poruke ili e-mail – Kada je potrebna tiha komunikacija i intrukcija, moguće je slanje broadcast, grupne ili privatne tekstualne poruke. Korisnik može odgovoriti dispečaru na poruku.

- Snimanje govora – Moguće je kontinualno snimanje svih poziva sa opcijom reprodukcije radi analize, kreiranja izveštaja ili u svrhe obuke. Audio fajlovi se čuvaju u MP3 formatu na radioserveru i konzola.
- GPS praćenje – Dispečer može, u realnom vremenu, da prati korisničke radio uređaje (ručne ili u vozilima) koristeći satelitske sisteme za navigaciju, sve u cilju obezbeđenja maksimalne sigurnosti i produktivnosti. Moguće je videti rute kretanja, postaviti granice u kojima se korisnik može kretati i sve to prikazati na mapi.
- Monitoring zone pokrivanja – Na osnovu prikupljenih vrednosti parametara RSSI, sa radio stanica koje poseduju GPS prijemnik, moguće je grafički predstaviti zonu pokrivanja. Time se maksimiziraju performanse sistema i osigurava da su svi povezani unutar zone pokrivanja.
- Telefonska interkonekcija – dispečer može da poziva i prima telefonske pozive preko dispečarske konzole i prebacuje ih na radio uređaje unutar radio sistema.



Slika 6: Nivoi signala na teritoriji grada Beograda

4 POTREBE ZA RADIO-VEZAMA U OKVIRU ELEKTREODISTRIBUCIJE SRBIJE

Osnovna delatnost „Elektrodistribucije Srbije“ d.o.o Beograd jeste distribucija električne energije i u tu svrhu svakodnevno se obavljaju poslovi izgradnje i održavanja distributivne mreže. To podrazumeva izlaženje dispečarskih ekipa na teren na široj teritoriji grada Beograda. Za rad dispečarskih ekipa, ekipa održavanja i svih mobilnih ekipa, neophodno je obezbediti mogućnost ostvarivanja govorne komunikacije sa odgovarajućim dispečarskim centrom i sa pojedinim poslovnim centrima. U okviru Distributivnog područja Beograd, realizovali smo projekat koji sadrži 31 repetitora (SLR5500 i DR3000) na 12 repetitorskih lokacija, 160 ručnih, fiksnih i mobilnih radio stanica (DP4401e, DP4801e, DM4401e, DM4601e).

4.1 Merenje jačine signala na ručnoj radio stanici

Izvršeno je merenje jačine signala na ručnoj radio stanici DP4801 u Beogradu, u različitim vremenskim intervalima kako bi mogli da uporedimo jačinu signala u različitoj gustini saobraćaja.

„RSSI“ – Received signal strength indication predstavlja nivo signala na prijemu a najviše zavisi od toga koliko je ručna radio stanica udaljena od repetitora.

U idealnom slučaju pretpostavlja se da u prostoru između predajnika Tx i prijemnika Rx ne postoje nikakvi objekti koji bi mogli da apsorbuju ili reflektuju radio talas, da se atmosfera ponaša kao idealni neapsorbujući medijum, da je Zemlja beskonačno udaljena od signala koji propagira (nema refleksije od površine Zemlje).



Slika 7: Ručna radio stanica DP4801

Broj merenja	Prva tačka merenja	
	08:00h	12:00h
	Nivo signala (dBm)	Nivo signala (dBm)
1	-100.594	-104.305
2	-95.035	-100.363
3	-105.785	-108.84
4	-98.926	-97.848
5	-100.832	-89.266
6	-96.223	-90.637
7	-96.637	-108.359
8	-107.832	-104.911
9	-88.285	-91.52
10	-97.762	-95.16
11	-93.16	-101.321
12	-95.242	-93.695
13	-104.941	-96.841
14	-99.363	-92.168
15	-100.109	-98.262
16	-90.801	-100.218
17	-89.871	-101.829
18	-100.645	-101.359
19	-99.824	-98.243
20	-96.453	-99.419
21	-88.84	-99.992
22	-91.293	-102.311
23	-101.906	-102.714
24	-92.766	-100.772
25	-93.578	-99.111
26	-96.355	-97.366
27	-94.668	-87.331
28	-96.992	-84.661
29	-94.688	-82.917
30	-91.953	-79.552

Tabela 1: Nivoi signala i broj merenja

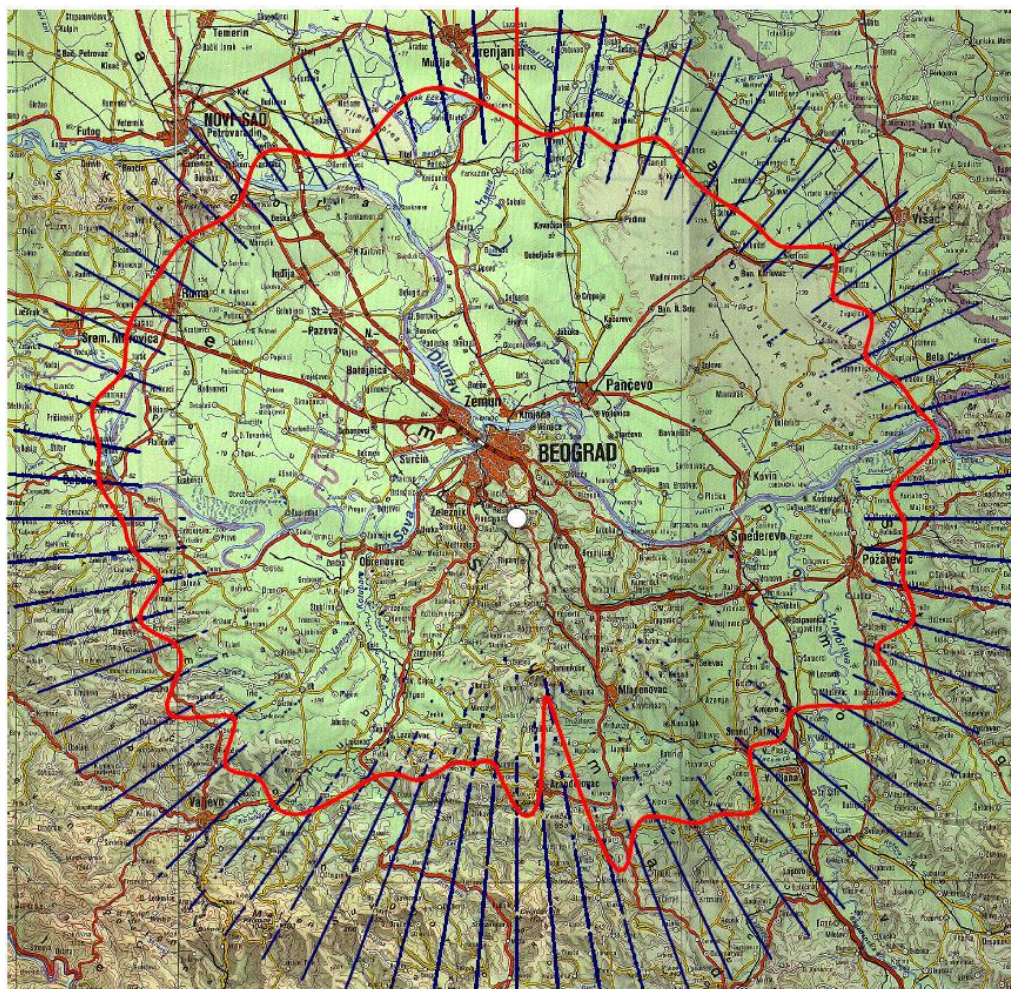
Kao što smo u prethodnom tekstu najavili, reč je VHF radio-sistemu koji radi u opsegu frekvencija od 160MHz-174MHz. Merenje nivoa signala je izvršeno na Dorćolu i to ujutru u 8h i popodne od 12h. Izmereni podaci su smešteni u excel tabeli i na osnovu njih su izračunate: srednja vrednost signala, medijana, apsolutna i relativna greška.

Srednja vrednost (dBm)		Medijana (dBm)	
08:00h	12:00h	08:00h	12:00h
-96.71196667	-97.04303333	-96.453	-99.111
Apsolutna greška (dBm)		Relativna greška (dBm)	
08:00h	12:00h	08:00h	12:00h
3.2881	2.957	-0.0339	-0.0304

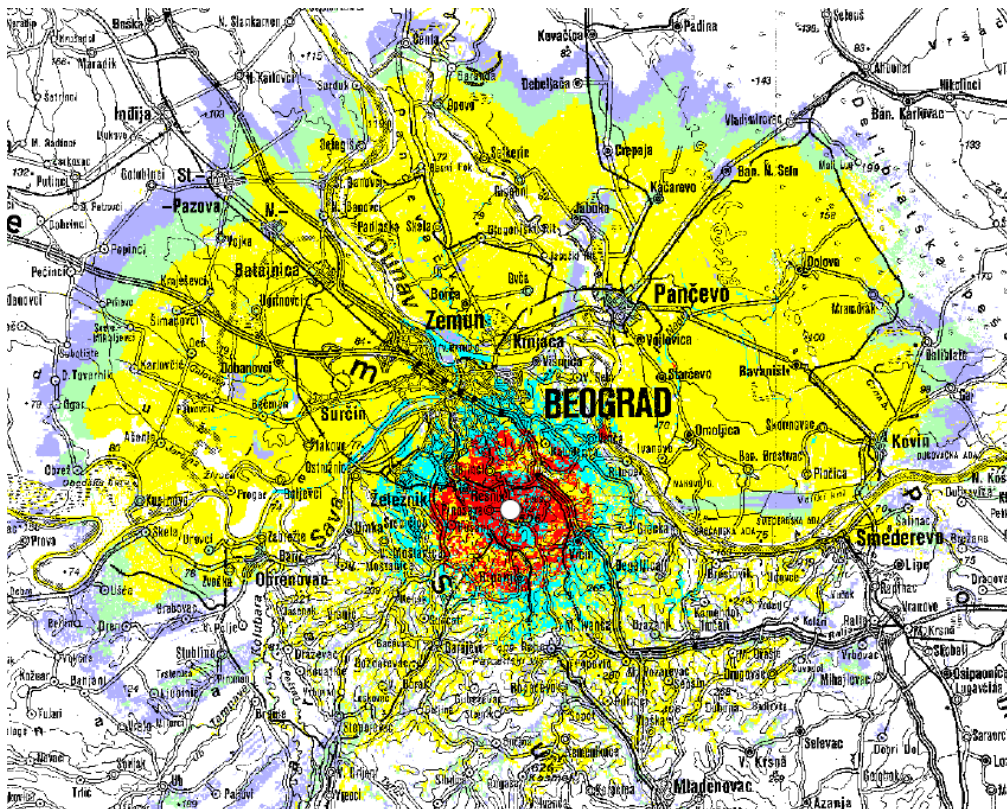
Tabela 2: Srednja vrednost, Medijana, Apsolutna i relativna greška

4.2 Grafički i numerički rezultati proračuna zone pokrivanja

Grafički i numerički rezultati proračuna zone pokrivanja repetitorske lokacije „Avalski toranj“. Frekvencija 168.000 MHz, ERPmax 19W. Na lokaciji su montirane Yagi antene.



Slika 7: Zona pokrivanja lokacije Avalski toranj



Slika 8: Nivoi signala na ručnim i mobilnim radio stanicama u zatvorenom i otvorenom prostoru kao i u urbanim uslovima sa Avalskog tornja

Crvena boja označava ručnu radio stanicu u zatvorenom prostoru urbanog okruženja. Plavom bojom su označene ručne radio stanice u zatvorenom prostoru u ruralnom okruženju. Žutom bojom su novoi na ručnim radio stanicama na otvorenom u urbanom okruženju. Zelenom boja označava ručne radio stanica na otvorenom u ruralnom okruženju, dok su lila bojom označene kolske radio stanice u urbanim uslovima.

5 ZAKLJUČAK

Nakon implementacije celokupnog Capacity Max sistema, više se nije pojavio problem, kao kod prethodnog sistema, da nema dovoljno resursa da se ostvari poziv i da su ljudi na terenu osuđeni da čekaju da se oslobodi kanal kako bi stupili u kontakt sa dispečarom iako ima neuporedivo više stanica u sistemu nego što je to bilo u prethodnom periodu. Konačno je ovo sistem na koji možemo da se oslonimo, pogotovo u toku godine kada su loše vremenske prilike i kada imamo problem sa mobilnim baznim stanicama.

Olakšan je rad dispečara u centru koji rukovodi svim dežurnim službama na terenu i koji ima ogromnu odgovornost da svaka manipulacija prođe u najboljem redu. Bez problema uz korišćenje aplikacije SmartPTT, dispečar može preko Google mapa da navodi ekipu na terenu ili da vidi koja mu je ekipa najbliža mestu kvara.

Veoma veliki problem je bila komunikacija u podzemnim trafostanicama na području teritorije grada Beograda ali je sada taj problem rešen korišćenjem aplikacije Wave5000. U svim podzemnim trafostanicama su instalirani Wi-fi ruteri. Čim ekipa uđe u podzemnu trafostanicu, ručna radio stanica se automatski konektuje na Wi-fi. Neophodno je da radnik u trafostanici potencijetrom prebaci na grupu Wave i time ostvaruje vezu sa dispečarskim centrom.

Kroz ovu ogromnu linkovsku mrežu na teritoriji naše zemlje, uvezali smo naše centre Elektro distribucije kao što su Beograd, Kraljevo, Kragujevac, Niš i time olakšali slanje internih podataka. Omogućeno je daljinsko praćenje rada trafostanica preko SCADA sistema, video nadzor, kontrola pristupa i perimetarska zaštita pošto je sa ovim postojećim sistemom umrežen ogroman broj trafostanica po Srbiji.

Celokupan sistem pruža ogromnu mogućnost za dalju implementaciju. Jedan od problema u prethodnom sistemu je bio rezervno baterijsko napajanje, prilikom nestanka električne energije na lokacijama dolazilo je do prestanka rada repetitora a time i do prestanka komunikacije, sada je taj problem rešen sa rezervnim baterijskim napajanjem koji može napojiti celokupnu lokaciju 6 sati nakon nestanka električne energije.

6 LITERATURA

- [1] System Release MOTOTRBO Capacity Max System Planner
- [2] Professional digital two-way radio system MOTOTRBO System Planner
- [3] MOTOTRBO Site Survey
- [4] SIAE Microelettronica Fundamental of Telecommunication
- [5] SIAE Microelettronica Propagation & Link Budget