

# DIGITALNI SISTEMI RADIO VEZA U FUNKCIJI SISTEMA DALJINSKOG UPRAVLJANJA SREDNJE-NAPONSKOM DISTRIBUTIVNOM MREŽOM

Đorđe VLADISAVLJEVIĆ, ODS „EPS Distribucija“, Novi Sad, Serbia  
Slavko DUBAČKIĆ, ODS „EPS Distribucija“, Novi Sad, Serbia  
Aleksandar BOŠKOVIĆ, ODS „EPS Distribucija“, Novi Sad, Serbia  
Bratislava RADMILOVIĆ, ODS „EPS Distribucija“, Novi Sad, Serbia

## KRATAK SADRŽAJ

Sistemi za distribuciju električne energije pokazuju sve veću potrebu za proširenjem, unapređenjem, integracijom i centralizacijom postojećih sistema za automatizaciju distribucije - sistema daljinskog nadzora i upravljanja visokonaponskom i srednjenaponskom distributivnom mrežom u realnom vremenu, sistema upravljanja distribucijom i sistema za daljinsko očitavanje potrošnje. Pored toga, javlja se težnja za uvođenjem novih sistema - napredne infrastruktura za daljinsko očitavanje potrošnje, sistema za upravljanje podacima o očitanoj potrošnji, pametnih mreža, video nadzora i kontrole pristupa. Ovakvi trendovi zahtevaju telekomunikacione prenosne puteve koji će omogućiti traženi rast. U datim okolnostima povećani su zahtevi za pouzdanim komunikacijama i za novim servisima koji omogućavaju korišćenje veoma zahtevnih aplikacija za rad u realnom vremenu. Ovakav trend razvoja uslovio je potrebu za uspostavljanjem novog digitalnog sistema radio veza. U radu se prezentuju iskustva autora u razvoju digitalnih sistema radio veza kao kompanijske telekomunikacione infrastrukture. Pomenuta infrastruktura izgrađena je u prethodnih nekoliko godina sa ciljem da obezbedi nesmetano i istovremeno funkcionisanje upravljačkih, komunikacionih, poslovnih i drugih servisa u sistemu.

**Ključne reči:** digitalni sistem radio veza, sistem daljinskog upravljanja

## SUMMARY

The needs of power distribution systems for expanding, improvement, integration and centralization of existing systems for automation - HV SCADA, MV SCADA, DMS, AMR and the implementation of new systems - AMI/MDM, smart grids, video surveillance, access control and other, require telecommunications links that will enable this growth. Increased requirements for reliable communications in all circumstances and for new services that include the use of very demanding real-time applications, created needs to establish a new digital radio communication system. This paper presents the authors' experiences in developing digital radio system, as company's ICT infrastructure, which was built in last few years to order to ensure the smoothly and simultaneously functioning of control, communication, business, management and other services in the system.

**Key words:** digital radio system, telecontrol system

djordje.vladisavljevic@epsdistribucija.rs  
slavko.dubackic@epsdistribucija.rs  
aleksandar.boskovic@epsdistribucija.rs  
bratislava.radmilovic@epsdistribucija.rs

## UVOD

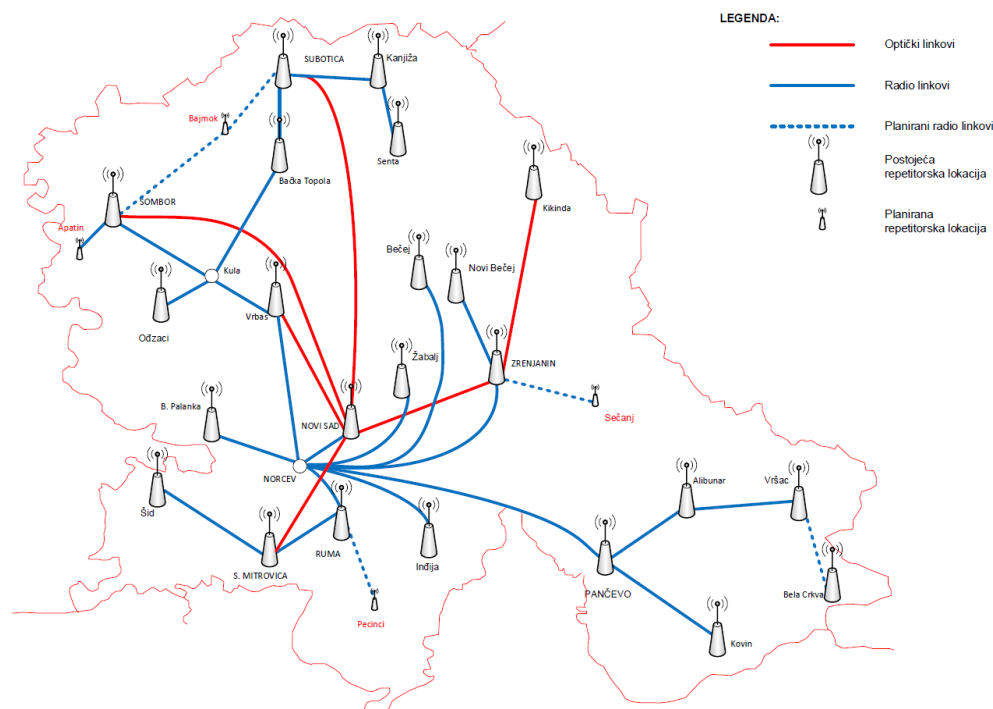
Analogni sistemi govornih radioveza su u Elektroprivredu Srbije počeli da se uvode 80-tih godina u cilju povećanja efikasnosti rada terenskih ekipa, olakšanja komunikacije sa dispečerskim centrima, odnosno smanjenja vremena potrebnog za intervenciju.

Analogni sistemi radio vezasu uspešno funkcionalisali gotovo 30 godina, ali problemi kao što su slaba pokrivenost, česta pojava interferencija, smetnje i mali propusni opseg ukazali su na to da je upotrebljivost analognih sistema

radio veza sve manja. Između ostalog, njegovo unapređenje i održavanje postalo je otežano, tehnologija prevaziđena, a dostupnost rezervne opreme sve slabija.

Napredak tehnologije vremenom je korisnicima usluga sistema radio veza ponudio nove mogućnosti. Prevazilaženje ograničenja analognih radioveza, udovoljavanje povećanim zahtevima za uvođenjem novih, savremenijih servisa, pouzdanije komunikacije u svim okolnostima, korišćenje veoma zahtevnih aplikacija za rad u realnom vremenu postali su realnost (1).

EPS Distribucija (tada Elektrovojvodina) je 2011. godine započela i uspešno realizovala digitalizaciju sistema radio veza na teritoriji ED Sremska Mitrovica i ED Ruma, da bi 2012. godine digitalizacija bila nastavljena u ED Novi Sad, ED Subotica i ED Pančevo. Tokom 2016. godine sistem je proširen na ED Sombor i ED Zrenjanin, čime je cela teritorija Vojvodine uspešno pokrivena digitalnim trunking Motorola Connect Plus sistemom radio veza (SLIKA 1).









SLIKA 1. Motorola Connect Plus sistem radio veza na teritoriji Vojvodine

## PRELAZAK NA DIGITALNI SISTEM RADIO VEZA

Povećani zahtevi za pouzdanim komunikacijama u svim okolnostima i za novim servisima koji podrazumevaju korišćenje veoma zahtevnih aplikacija za rad u realnom vremenu usloveli su potrebu za uspostavljanjem novog digitalnog sistema radio veza.

Digitalna tehnologija omogućava (SLIKA 2):

- Više istovremenih konverzacija;
- GPS (određivanje tačne pozicije radio-uređaja u mreži);
- SMS (slanje i prijem tekstualnih poruka i dojava zbirnog signala kvara);
- Roaming između digitalnih baznih stanica;
- Pouzdaniji prenos podataka;
- Imenik (kontakt lista učesnika).

					
<b>RANGE</b>	<b>QUALITY</b>	<b>CAPACITY</b>	<b>TALK-TIME</b>	<b>FEATURES</b>	<b>APPS</b>
Intelligible speech over a longer distance	Crisp and clear, even in fringe coverage areas	Twice the capacity of analog radio in the same channel	Up to 40% longer battery life than analog radio	Increased opportunity for innovation	Integration with workplace applications

SLIKA 2. Prednosti digitalnog sistema radio veza

U I fazi prelaska na digitalni sistem radio veza tokom 2011. godine u potpunosti je zamenjen analogni sistem govornih radio veza i uveden je Motorola IP Site Connect sistem na sledećim lokacijama:

- ED Sremska Mitrovica i
- ED Ruma.

Ovom prilikom instalirana je sledeća oprema:

- 7 baznih radio stanica,
- 130 perifernih radio stanica (fiksne i prenosne),
- 5 dispečerskih konzola.

Pored toga, započeta je izgradnja magistralne radio-relejne mreže za potrebe povezivanja značajnih poslovno-pogonskih objekata (instalirano je 5 radio-relejnih linkova sa protokom od ~200 Mbps).

U toku 2012. i 2013. godine realizovana je II faza prelaska na digitalni sistem radio veza. Ovo je podrazumevalo potpuno zamenjivanje analognog sistema govornih radio veza i uvođenje Motorola IP Site Connect sistema na sledećim lokacijama:

- ED Novi Sad,
- ED Subotica,
- ED Pančevo.

Tom prilikom instalirana je sledeća oprema:

- 16 baznih radio stanica,
- 350 perifernih radio stanica (fiksne i prenosne),
- 14 dispečerskih konzola.

Takođe, nastavljena je izgradnja magistralne radio-relejne mreže za potrebe povezivanja značajnih poslovno-pogonskih objekata (instalirano je 20 radio-relejnih linkova sa protokom od ~200 Mbps). Pored toga, započeta je i izgradnja periferne radio-relejne mreže za potrebe povezivanja značajnih elektro-energetskih objekata (instalirano je 30 radio-relejnih linkova sa protokom od ~40 Mbps).

U toku 2016. godine, u okviru III faze prelaska na digitalni sistem radio veza, u potpunosti je zamenjen analogni sistem govornih radio veza i uveden je Motorola Connect Plus sistem na sledećim lokacijama:

- ED Sombor,
- ED Zrenjanin.

Instalirana je sledeća oprema:

- 8 baznih radio stanica,
- 220 perifernih radio stanica (fiksne i prenosne),
- 24 fiksne radio stanice sa dodatnim modemom za potrebe srednjenaponskog upravljanja na teritoriji ED Subotica,
- 24 nove dispečerske konzole sa SmartPTT softverom.

Ovom prilikom izvršena je nadogradnja digitalnog sistema govornih radio veza na Motorola Connect Plus trunking sistem na čitavoj teritoriji Vojvodine (ED Sremska Mitrovica, ED Ruma, ED Novi Sad, ED Pančevo, ED Subotica, ED Sombor, ED Zrenjanin). Na teritoriji ED Subotica je, pored prenosa govora, omogućeno i daljinskoupravljanje srednjenaponskom distributivnom mrežom korišćenjem jedinstvenekomunikacione infrastrukture. Realizacijom ove faze privedena je kraju izgradnja magistralne radio-relejne mreže za potrebe povezivanja značajnih poslovno-pogonskih objekata (instalirana su 2 radio-relejna linka sa protokom od ~200 Mbps).

U okviru nadogradnje digitalnog sistema govornih radio veza na Motorola Connect Plus trunking sistem na čitavoj teritoriji Vojvodine ukupno je urađeno sledeće:

- Nadogradnja 31 bazne radio stanice na ukupno 23 lokacije;
- Instalacija 23 XRC Connect Plus kontrolera;
- Instalacija novog softvera na 700 perifernih radio stanica (fiksne i prenosne);

- Instalacija XRT Connect Plus kontrolera za potrebe dispečerske komunikacije, prenosa podataka i snimanja svih događaja u sistemu (registrofon);
- Instalacija XRI Connect Plus kontrolera za potrebe konektovanja sistema radio veza sa IP telefonskom centralom;
- Instalacija SmartPTT radio-servera i 24 nove dispečerske konzole sa SmartPTT softverom.

## ELEMENTI SISTEMA

Osnovni elementi Motorola Connect Plus trunking sistema su (2, 3):

### Repetitori

Repetitori (serije XPR 8000, SLR 5000, MTR 3000) se postavljaju na svakoj lokaciji. Ukupno je postavljen 31 Repetitor na 23 lokacije. Repetitor ima 100BaseT interfejs za povezivanje na lokalnu IP mrežu. Osnovna funkcionalnost Repetitora jeste upravljanje radio vezama na radio nivou u skladu sa definisanim pravilima na kontroleru. U slučaju prekida veze sa kontrolerom (lokalnim ili bilo kojim drugim) sistem funkcioniše u ostrvskom modu rada.

### Kontroleri

Kontroleri (serija XRC 9100) se postavljaju na svakoj lokaciji. Ukupno su postavljena 23 kontrolera na 23 lokacije. Kontroler ima 100BaseT interfejs za povezivanje na lokalnu IP mrežu. Kontroler upravlja radom svih Repetitora na datoj lokaciji. To se odnosi kako na korisničke definicije, grupe i prava tako i na radio deo sistema. Komunikacija sa ostalim kontrolerima u sistemu (razmena definicija korisnika, prava i sl.) ostvaruje se preko kompanijske IP mreže. Preko IP mreže kontroler može preuzeti funkcije nekog drugog kontrolera u slučaju ispada. Takođe se preko IP mreže razmenjuju konfiguracione datoteke između svih kontrolera (izmene na jednom delu sistema se prenose na ceo sistem). Komunikacija sistema sa namenskim kontrolerima (XRT i XRI) se obavlja isključivo preko XRC kontrolera.

### Radio stanice

U sistemu je oko 700 radio stanica. To su fiksne (dispečerski centri, poslovnice, transformatorske stanice), mobilne (vozila) i prenosne (ručne) radio stanice. Sve radio stanice su definisane na svim kontrolerima, mada se uglavnom povezuju na lokalne bazne stanice (Repetitore) i komunikacija je uglavnom sa lokalnim dispečerskim centrom. U slučaju zauzetosti kanala na lokalnoj baznoj stanici radio stanice se povezuju na druge bazne stanice koje imaju pokrivenost na datoj lokaciji i koje imaju slobodne kanale. Komunikacija sa pripadajućim dispečerskim centrom se ostvaruje kroz IP mrežu.



SLIKA 3. Radio oprema

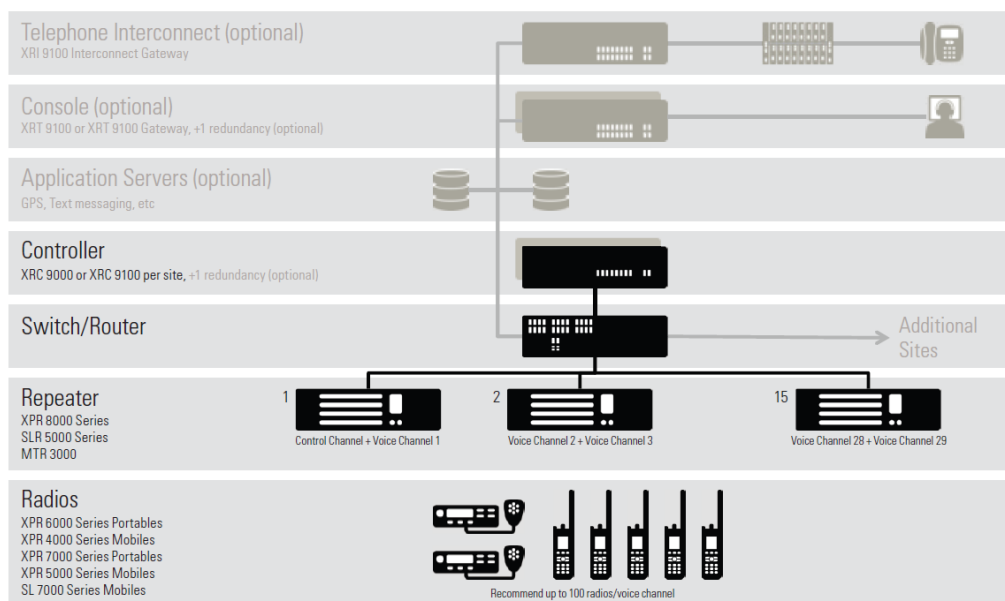
### L2 svič

Na svakoj lokaciji se postavlja po jedan standardni L2 svič za međusobno povezivanje Repetitora, kontrolera, dispečerskih konzola kao i za povezivanje na kompanijsku LAN i WAN mrežu.

### Gejtveji

Za povezivanje na druge sisteme i ostvarivanje dodatnih servisa ugrađeno je i više namenskih gejtveja/kontrolera. XRT Connect Plus kontroler je ugrađen za potrebe dispečerske komunikacije, prenosa podataka i snimanja svih događaja u sistemu (registrofon). Postavljen je jedan XRT kontroler za ceo sistem. XRI

Connect Plus kontroler je ugrađen za potrebe konektovanja sistema radio veza sa IP telefonskom centralom. Postavljen je jedan XRI kontroler za ceo sistem.



SLIKA 4. Arhitektura Motorola Connect Plus sistema radio veza

### Dispečerske konzole

Dispečerske konzole sa SmartPTT (4) softverom (sa i bez monitora osetljivog na dodir) su instalirane u dispečerskim centrima. Ukupno su postavljene 24 dispečerske konzole. Na centralnoj lokaciji je postavljen jedan SmartPTT radio-server. Dispečerske konzole se povezuju na L2 svič i ostvaruju komunikaciju sa SmartPTT serverom na centralnoj lokaciji preko IP mreže (LAN i WAN). Na SmartPTT serveru se definišu prava pristupa, načini povezivanja sa XRC, XRT i XRI kontrolerima i obezbeđuju druge serverske funkcionalnosti. U slučaju prekida IP veza između dispečerskih konzola i SmartPTT servera sistem funkcioniše lokalno, ostvarujući pri tom većinu svojih funkcija.

### POUZDANOST SISTEMA

Implementirani trunking sistem radioveza je zasnovan na DMR standardu (Digital Mobile Radio), broj kanala zakomunikaciju u odnosu na analogne sisteme radio veza je dupliran, a digitalnitracking obezbeđuje efikasno korišćenje istih radio resursa.

Posebno je značajna komunikacija sa dispečerskim centrima. Bez obzira na to na kojoj je lokaciji dispečerski centar, moguća je komunikacija sa svim ekipama koje se nalaze na području pokrivenom Motorola Connect Plus sistemom. U svakom trenutku dispečer ima uvid u status radija i poziciju mobilnih i dežurnih ekipa na terenu.

Neautorizovano korišćenje sistema i ometanje rada sistema korišćenjem neregistrovanih radio stanica ili radio stanica koje su van sistema sada je onemogućeno.

U slučaju ispada pojedinih elemenata sistema (repetitora, kontrolera) ili nepredviđenih situacija sistem nastavlja da radi u smanjenom obimu tako što drugi elementi preuzimaju deo funkcija. Sistem je sposoban da prepozna koji od elemenata je u kvaru i da alarmira administratora. Po uspostavljanju potpune funkcionalnosti sistem se sam rekonfiguriše (oporavlja) u regularno stanje.

U dosadašnjem radu (počev od avgusta 2016. godine kada je kompletan sistem pušten u probni rad) zabeležena su samo tri kratkotrajna prekida u radu, koji su bili lokalnog karaktera.

### ZAKLJUČAK

Motorola Connect Plus trunking sistem radio veza je zasnovan na DMR standardu i razvijen je za potrebe kompanija sa mnogo korisnika i sa nacionalnom pokrivenošću. Sistem je dizajniran da obezbedi veliki stepen

prilagodljivosti zahtevima korisnika, bolju pokrivenost teritorije, bolje korišćenje i veću raspoloživost resursa, veći nivo bezbednosti.

Jedna od ključnih prednosti digitalnih trunking sistema radio veza je i što je, korišćenjem istih radio resursa, odnosno frekvencija, broj kanala za komunikaciju dupliran.

Infrastruktura instaliranog sistema radio veza postavljena je tako da osim prenosa govora, on služi i za prenos podataka potrebnih za informacione i tehničke sisteme EPS-a. Reč je o multiservisnoj mreži koja podržava rad raznih softverskih rešenja, SCADA sistema, IP telefonije, video nadzora i kontrole pristupa. Takvim, jedinstvenim sistemom smanjeni su i optimizovani brojni troškovi i olakšano je održavanje.

Na primeru rešenja koje je primenjeno za potrebe sistema daljinskog upravljanja srednjenaponskom distributivnom mrežom na teritoriji ED Subotica pokazalo se da se ista infrastruktura veoma efikasno može koristiti i za prenos govora i za prenos podataka, istovremeno i bez uticaja na pouzdanost rada sistema.

Poseban akcenat u Motorola digitalnom trunking sistemu stavljen je na povećanje bezbednosti, kako radnika, tako i elektroenergetskih objekata. U svakom trenutku dispečer ima uvid u status radija i poziciju mobilnih i dežurnih ekipa na terenu. Sve glasovne komunikacije i događaji u sistemu se beleže. Bez obzira na to na kojoj je lokaciji dispečerski centar, moguća je komunikacija sa svim ekipama koje se nalaze na području pokrivenom digitalnim trunking sistemom radio veza.

U slučaju kvarova i nepredviđenih situacija sistem alarmira administratora i nastavlja da radi u smanjenom obimu do momenta otklanjanja kvara.

Motorola digitalni trunking sistem radio veza u potpunosti je u stanju da prati sve zahteve korisnika za reorganizacijom, kao i da udovolji potrebama eventualnih vanrednih situacija u zemlji. Svi organizacioni zahtevi lako se mogu preslikati u operativni rad sistema.

Zbog navedenih prednosti Motorola digitalnog trunking sistema radio veza u radu govornih veza i prenosa ostalih potrebnih podataka za informacioni sistem EPS-a, u planu je daovakav tip sistema radio veza bude postavljen i na ostalim distributivnim područjima EPS Distribucije, čime bi se obezbedila potpuna nacionalna pokrivenost.

## LITERATURA

1. JP Elektroprivreda Srbije Beograd, 2014, „Inteligentne mreže u JP EPS, Strategija i razvoj sistema za daljinski nadzor i upravljanje srednjenaponskom distributivnom mrežom u uslovima značajnijeg prisustva distribuirane proizvodnje“, Studija, Enerogprojekt Entel a.d. ITEN Engineerig, Beograd.
2. Mototrbo Connect Plus, 2105, „Design and Deploy“, Motorola Solutions Inc.
3. Mototrbo Connect Plus, 2015, „Digital Trunking“, Motorola Solutions Inc.
4. SmartPTT Plus, 2015, „Essentials & Solution“, Motorola Solutions Inc.