

JEDAN METOD ZA UDVOSTRUČAVANJE PROTOKA SA 4x2 NA 8x2Mbit/s U RADIO-RELEJNIM UREĐAJIMA RRU13A I RRU23A

Miroslav Perić, Dragana Perić, Milan Stojanović, Svetlana Marčetić - Institut IMTEL Novi Beograd

Sadržaj - U ovom radu je opisana praktična realizacija udvostručavanja protoka sa 4x2 na 8x2 Mbit/s u radio-relejnim uređajima RRU13A i RRU23A koje proizvodi Institut IMTEL. Kod ovih uređaja kompletni modulator, demodulator i obrada u osnovnom opsegu za OQPSK modulaciju su smešteni u jedinici za spoljnu montažu (ODU), a multiplexer 4x2 u jedinici za unutrašnju montažu (IDU). IDU-ODU komunikacija se obavlja u osnovnom opsegu preko višeparičnih kablova. Suština rešenja je u upotrebi dva identična multiplexera u IDU sa sinhronizovanim taktom multiplesiranja, čiji se signali prenose nezavisnim paricama do ODU gde se multiplexiraju. Detaljno su prikazana ključna rešenja obrade u osnovnom opsegu u ODU u okviru koje su glavni problemi: kompenzacija varijacije kašnjenja parica koje nose multipleksne signale na predaji i razrešenje fazne neodređenosti 90° i pripadnosti odgovarajućem multiplexsu na prijemu.

1. UVOD

U toku 2000. godine u Institutu IMTEL je razvijena tzv. serija A digitalnih radio-relejnih uređaja [1]. Osnovni protok uređaja je 4x2Mbit/s. U praksi je od 2000. godine do početka 2005. godine instalirano preko 500 ovakvih sistema, uglavnom u mreži mobilne telefonije Telekomu "Srbija". Širenje mreže i pojava zahteva za novim servisima, uzrokovala je potrebe proširenja kapaciteta postojećih sistema. Zbog toga smo se odlučili da realizujemo module koji udvostručavaju kapacitet ovih sistema uz maksimalno zadržavanje postojeće instalirane infrastrukture. Primenjeno rešenje zadržava antenske sisteme, IDU-ODU kabl i kompletnu mehaniku IDU i ODU uz izmene samo u jedinici obrade u osnovnom opsegu i dodavanju jedne multiplexerske ploče praktično identične kao u originalnom uređaju.

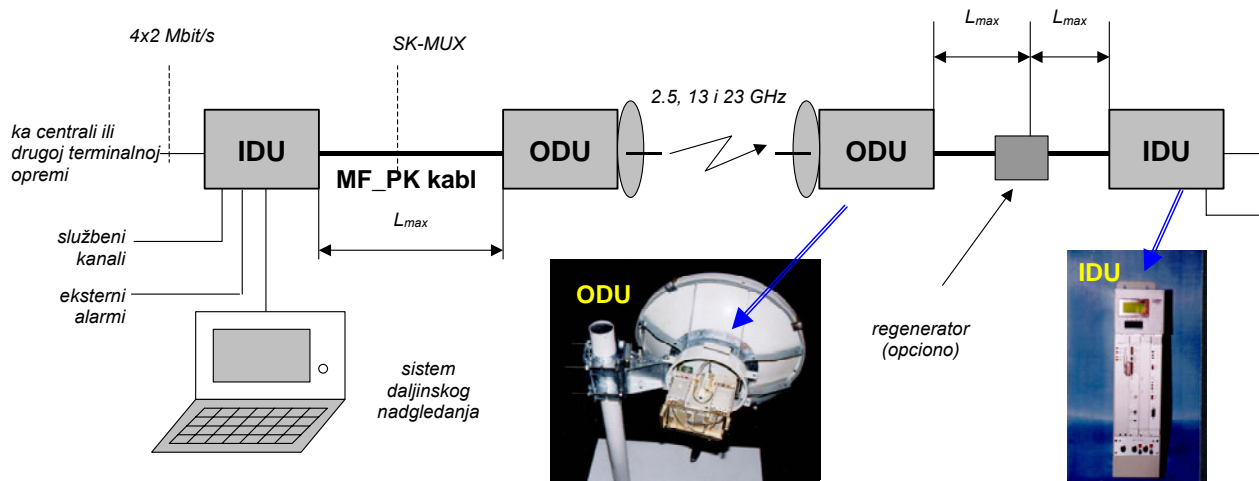
2. ORIGINALNI SISTEM

Blok šema uređaja data je na slici 1. U jedinici za unutrašnju montažu vrši se multipleksiranje četiri pritoke po 2Mbit/s (E1, G.703), PCM kodovanih govornih službenih kanala, digitalnih službenih kanala za prenos eksternih alarma i digitalnih službenih kanala koje koristi sistem daljinskog nadzora RRUNET. Ukupan protok multipleksa iznosi 8.832Mbit/s, a format rama je posebno projektovan za ovu primenu i nosi oznaku SKMUX4x2 [2]. Takt multipleksiranja se dobija iz kvarcnog oscilatora na ploči multiplexera, a izravnavanje protoka E1 pritoka obavlja se metodom utiskivanja slepih bita [3].

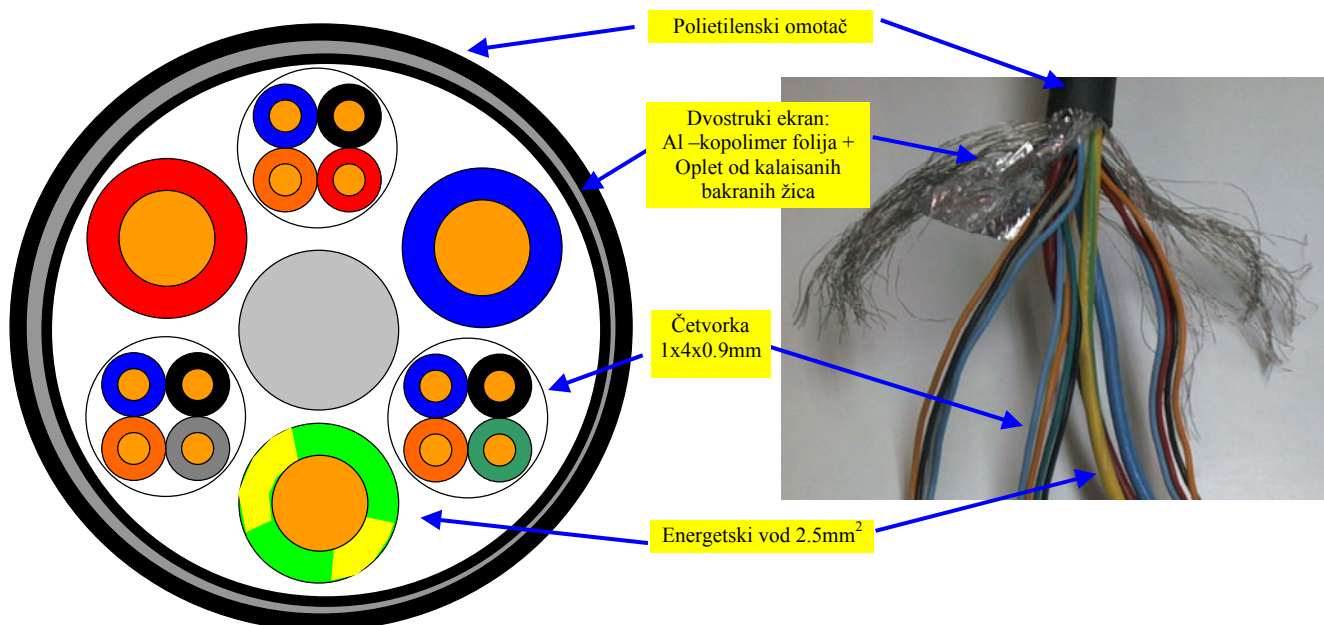
U cilju postizanja što većeg rastojanja između jedinice za spoljnu montažu (ODU), koja se smešta neposredno uz antenski sistem i jedinice za unutrašnju montažu (IDU) koja se smešta u prostoriji sa terminalnom opremom, za IDU-ODU komunikaciju se koristi prenos HDB3 kodovanih signala u osnovnom opsegu, nezavisnim paricama u višeparičnom kابلu [3] (Slika 2). Ovaj kabl je opremljen sa tri četvorke i tri energetske žile koje se koriste za:

- U prvoj četvorci se jedna parica koristi za prenos HDB3 kodovanog signala u osnovnom opsegu, protoka 8.832Mbit/s od IDU ka ODU, a druga parica je slobodna. Obično se koristi za prenos govora između prostorije i stuba u slučaju servisiranja ODU.
- U drugoj četvorci se takođe jedna parica koristi za prenos signala 8.832Mbit/s u suprotnom smeru, a druga parica je slobodna.
- U trećoj četvorci se jedna parica koristi za prenos signalizacije od ODU ka IDU, a druga za prenos AGC napona.
- Tri energetske žile se koriste za napajanje ODU jednosmernim naponom.

U praksi, najveće ODU-IDU rastojanje iznosi 1250m



Slika 1. Blok šema originalnog sistema iz 2000. godine



Slika 2. Višeparični IDU-ODU kabl tipa RRUK $3 \times 4 \times 0.9 + 3 \times 2.5 \text{ mm}^2$

realizovano je na lokacija Palilula u RR vezi Palilula - Višegrad, koja je instalirana sredinom 2004. godine. Deonica se sastoji iz četiri regeneratorske sekcije sa zajedničkim napajanjem.

U ODU se signal u osnovnom opsegu regeneriše, prevodi u binarni oblik, skrembluje samosinhronišućim skremblerom, prevodi u dve povorke za "i" i "q" granu i vodi ka iq-modulatoru, koji formira OQPSK modulisan signal [4]. Na prijemu se signal demoduliše koherentnim demodulatorom na bazi Kostasove petlje, serijalizuje, deskrembluje, prevodi u HDB3 kod i kroz paricu u IDU-ODU kابلu prosleđuje ka demultipleksu. Problem neodređenosti faze koji unosi Kostasova petlja [5] rešen je diferencijalnim kodovanjem i činjenicom da su u OQPSK modulaciji simboli pomereni za polovinu simbolskog intervala, odnosno za jedan bitski interval.

3. OPIS MODIFIKACIJE

U jedinici za unutrašnju montažu se praktično samo dodaje još jedna multiplekserna ploča koja je hardverski identična originalnoj multipleksernoj ploči. Jedina multiplekserna ploča kao takt multipleksiranja koristi takt iz sopstvenog kvarcnog oscilatora (*master*), a druga umesto sopstvenog kvarcnog oscilatora koristi takt master ploče, te je ova ploča označena kao *slave*. I master i slave ploča signal formata SKMUX4x2 prosleđuju nezavisnim paricama u istoj četvorci, kako bi se minimizirale posledice preslušavanja na bližem kraju.

Signali iz obe jedinice stižu do jedinice obrade u osnovnom opsegu, gde se regeneriše i konvertuju u binarni oblik (Slika 3). Zahvaljujući upotrebi takta multipleksiranja iz istog oscilatora protoci oba multipleksa su identični te se njihovi biti mogu jednostavno učešljati, skremblovati, i formirati "i" i "q" povorka i proslediti modulatoru.

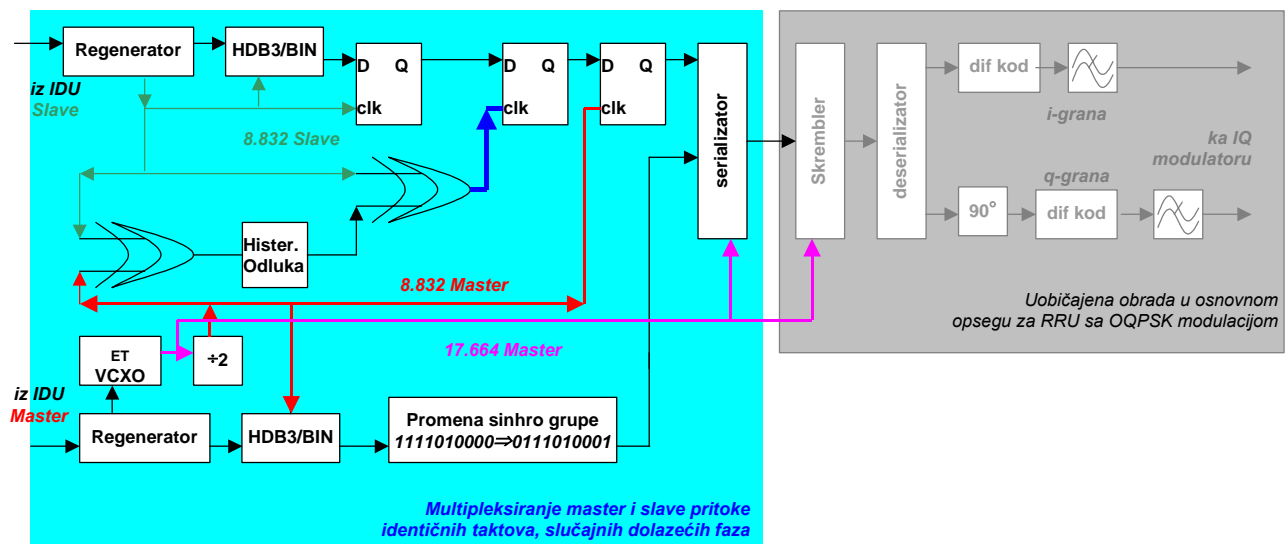
Teorijski gledano, jednostavno je bilo moguće nezavisno skremblovati "i" i "q" signale nezavisno i proslediti modulatoru tako da master moduliše "i", a slave "q" granu. Ovo minorno pojednostavljenje obradi signala na predaji bi značajno usložnilo proces rešavanja fazne neodređenosti 90°

koji uzrokuje Kostasova petlja, odnosno na prijemu bi bilo značajno teže odrediti koji biti pripadaju master, a koji slave pritoci.

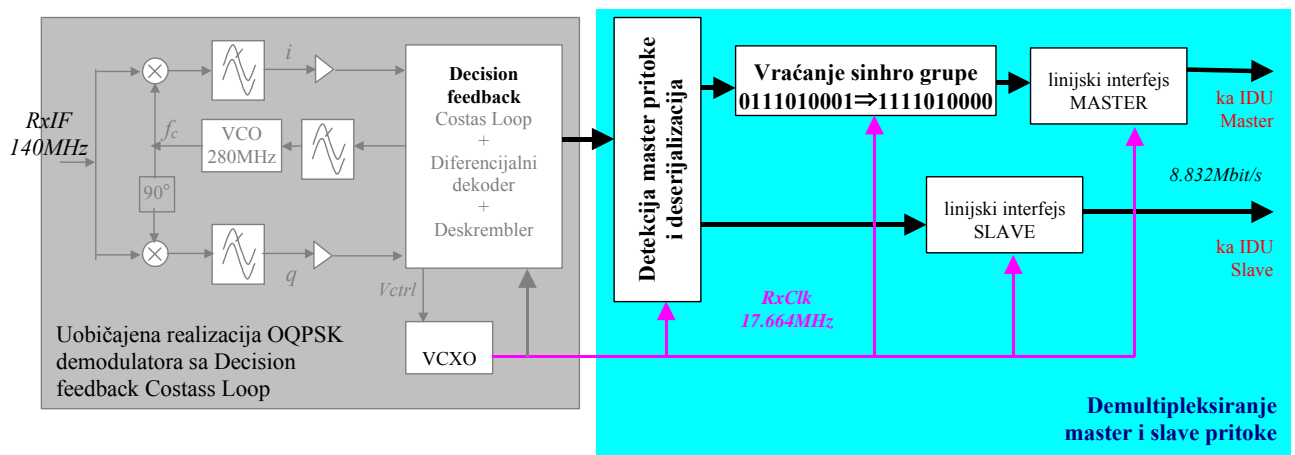
Iako se oba signala transportuju u istoj četvorci, električne dužine parica ne moraju biti iste te signali master i slave SKMUX4x2 mogu biti fazno pomereni. Ovaj fazni pomeraj je potrebno kompenzovati. Za realizaciju faznog kompenzatora je primenjeno je sledeće rešenje (Slika 3):

- Za izdvajanje takta iz master pritoke koristi se naponski kontrolisan oscilator sa kristalom kvarca VCXO koji radi na učestanosti zbirnog protoka 17.664 MHz koja je egzaktno dva puta veća od binarnog protoka svake od pritoka. Ovaj takt se deli sa dva, D-flipflopom. Kada je stanje ovog flip-flopa jednako nuli u skrembler se upisuje bit iz master pritoke a kada je jednako jedinici bit slave pritoke i tako redom.
- Za izdvajanje takta slave pritoke koristi se klasičan čip linijskog interfejsa sa LC tankom. Ovaj takt se koristi za rad HDB3 dekodera i prevođenje bita slave pritoke u binarni oblik.
- Pošto je takt koji daje VCXOa podeljen sa dva jednak taktu i master i slave pritoke, može se koristiti za semplovanje signala slave pritoke. Jedino je potrebno izbegnuti da se semplovanje obavlja u trenutku promene stanja u D-flipflop u kome se nalaze biti slave pritoke. Zbog toga se uvodi dodatni D-flipflop koji može da sempluje podatke ili na ulaznu ili izlaznu ivicu takta linijskog interfejsa slave pritoke (izbor se vrši XOR kolom). Da li je potrebno vršiti ovu inverziju određuje se na osnovu poređenja faze takta VCXO-a podeljene sa dva i takta linijskog interfejsa slave pritoke. Fazno poređenje se se obavlja XOR-kolom sa filtrom propusnikom niskih učestanosti. Poređenje se vrši sa histerezisom, širine oko 0.2 UI , kako bi se izbegla neželjena promena stanja u toku rada koja bi neminovno dovođila do kratkotrajnih gubitaka sinhronizacije multipleksa slave pritoke.

Na prijemu se javlja problem da zbog neodređenosti faze 90° koji unosi primenjeni postupak regeneracije nosioca, treba odrediti koji biti pripadaju master, a koji slave pritoci.



Slika 3. Obrada u osnovnom opsegu u ODU na predaji



Slika 4. Obrada signala na prijemu

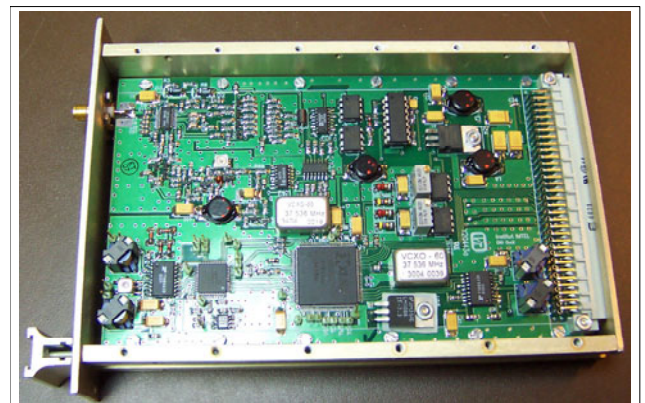
Inicijalno smo predpostavili da oba signala imaju isti format SKMUX4x2 koji ima ram dužine 1072 bita i sinhro grupu 1111010000. Zbog toga se u master pritoci vrši sinhronizacija rama i promena sinhro-grupe na 0111010001. Na prijemu (Slika 4.) se po završenom postupku demodulisanja, serijalizacije i deskremblovanja [4] vrši pokušaj sinhronizacije bita sa parnih i neparnih pozicija na ovu strukturu rama. Na linijski interfejs master pritoke se prosleđuju biti sa pozicija na kojima je proces sinhronizacije rama bio uspješan, stim što se pre prosleđivanja sinhro grupi vraća originalan sadržaj 1111010000.

Na taj način, opisani postupak omogućava dodavanje slave pritoke koja može imati proizvoljan informacijski sadržaj, osim rama dužine 1072 sa sinhro grupom 0111010001. Naravno, format master pritoke mora biti SKMUX4x2.

4. PRAKTIČNA REALIZACIJA

Zbog mehaničke kompatibilnosti sa opremom drugog protoka i ova jedinica ima format single europe (Slika 5). Blok za obradu slave pritoke smešten je u CPLD čip Xilinx 9532, malog kapaciteta, a sva ostala obrada smeštena je u čip Xilinx 95288. Za linijske interfejske korišćeni su čipovi

EXAR XRT5683. Blok demodulatora sa decision feedback kostasovom petljom u potpunosti je preuzet sa uređaja protoka 17x2Mbit/s [6], stim što radi na približno dva puta manjem taktu. To je drastično smanjilo disipaciju ploče i eliminisalo potrebu za velikim hladnjacima.



Slika 5. Praktična realizacija jedinice obrade u osnovnom opsegu sa demodulatorom

Laboratorijska ispitivanja sistema su pokazala da su sve karakteristike propisane ETSI standardima [7] u potpunosti ispunjene. U odnosu na originalni sistem uređaj očekivano ima lošiji prag prijema za $BER=10^{-3}$, ali svega za $1.5\div 2$ dB, umesto teorijskih 3dB. Razlog za to je što u originalnom 4×2 Mbit/s sistem nema decision feedback mehanizma u bloku za izdvajanje nosioca, već se na aritmetika Kostasove petlje kontinualano radi u toku celog simbolskog intervala. Zbog toga sistem praktično u potpunosti gubi sinhronizaciju na oko $BER=7\cdot 10^{-5}$, odnosno praktično nikada ne može da radi sa $BER=10^{-3}$. Zahvaljujući decision feedback sistemu novi 8×2 Mbit/s uređaj ne gubi sinhronizaciju takta i nosioca ni pri 10^{-2} . Takođe je приметно da sistem vrlo jednostavno ostvaruje strogi ETSI zahtev za rezidualni BER manji od 10^{-10} , budući da je već prototip nove verzije radio preko 72h bez greške, kada je merenje prekinuto.

Prvi ovakav sistem instaliran je u novembru 2004. godine u uređaju RRU13A na relaciji Kamenica - Bitovik za potrebe Telekom "Srbija" u okviru WLL pristupne mreže.

5. ZAKLJUČAK

Na račun usložnjavanja obrade u osnovnom opsegu, uvođenja master/slave principa i upotrebe jednostavnog načina za izjednačavanje faze master i slave pritoke, primenjeno rešenje omogućava vrlo elegantno udvostručavanje protoka postojećih radio-relejnih uređaja. Posebno je značajno da je prepravka postojećih instaliranih sistema vrlo jednostavna i može se izvesti na terenu bez značajnijih prekida saobraćaja. Pošto je jedino ograničenje za slave pritoku da mora imati identičan protok kao i master, a informacioni sadržaj praktično proizvoljan, može se vrlo jednostavno koristiti za priključenje bridža ili rutera za povezivanje LAN-ova koji koriste pun protok od 8.832 Mbit/s. Na taj način se značajno povećava mogućnost primene postojećih RRU-a.

LITERATURA

- [1] "Digitalni radio-relejni uređaji i prateća oprema", Institut IMTEL, 2002.
- [2] Perić D., Perić M.: *Single Board Realization of Digital Radio Relay System Indoor Unit Providing 1+1 Protection, Digital Service Channels and E2*

Multiplexing, Convergence TELSIS 2001, Niš, 2001., p. 757-760

- [3] Lukatla G., Drajić D., Petrović G., Petrović R., "Digitalne telekomunikacije", Građevinska knjiga, Beograd, 1984.
- [4] Perić M., Perić D., "Obrada signala u osnovnom opsegu za digitalni radio relejni uređaj sa uobličenom *O-QPSK* modulacijom", XLV Konferencija ETRAN-a, Arandelovac, 2001., str. 115-118
- [5] Xiong F., *Digital Modulation Techniques*, Artech House, 2000.
- [6] Perić M., Perić D., Stojanović M., Radan B., "Realizacija dodatnog protoka 2Mbit/s u radio-relejnem uređaju osnovnog kapaciteta 34Mbit/s", XLVII Konferencija ETRAN-a, Herceg Novi, 8-13 juna 2003., tom II, str.114
- [7] ETSI EN 300 198 V1.5.1., "Fixed Radio Systems; Point-to-point equipment; Parameters for radio systems for the transmission of digital signals operating at 23 GHz", 2002.

Abstract - *This paper describes a method for doubling capacity of IMTEL Institute's digital radio relay systems Series A, from 4x2 to 8x2Mbit/s. In this systems complete modulator, demodulator and base band processing for OQPSK modulation are placed in the outdoor unit (ODU), while 4x2Mbit/s multiplexing is performed in the indoor unit (IDU). IDU-ODU communications is done by multi twisted-pair cable. The key of presented solution is usage of synchronized multiplexing, which signals are transported to ODU by independent pairs. In ODU multiplexing is performed. Complete base band processing solution and key problems: delay variation compensation and 90° phase ambiguity resolving, and origination of multiplex are discussed in detail.*

ONE METHOD FOR DOUBLING THE CAPACITY (FROM 4x2 TO 8x2Mbit/s) OF DIGITAL RADIO-RELAY SYSTEMS RRU13A AND RRU23A

Miroslav Perić, Dragana Perić, Milan Stojanović,
Svetlana Marčetić