

Mr. MIROSLAV BIJELE
HPT - Direkcija telekomunikacija
Zagreb, Jurišićeva 13

Tehnologija i organizacija prometa
Stručni rad
UDK: 621.39(1-22) : 621.396
Primljeno: 20. 10. 1993.
Prihvaćeno: 16. 11. 1993.

PRETPLATNIČKI RADIOSUSTAVI TDMA U RURALNOJ TELEKOMUNIKACIJSKOJ MREŽI

SAŽETAK

U radu je predložen jedan učinkovit i ekonomičan način izgradnje telekomunikacijskih mreža u ruralnim područjima, primjenom pretplatničkih digitalnih radiosustava s višestrukim pristupom (TDMA - Time division multiple access). Nakon što su opisana opća obilježja ruralnih područja prema definiciji CCITT-a, dana su i posebna, koja se mogu primijeniti u našim uvjetima. Uz prikaz posebnosti postupka planiranja telekomunikacijskih mreža u ovim područjima, dužna pozornost posvećena je opisu postupka planiranja ruralnoga pretplatničkog sustava TDMA. U nastavku su dana opća i tehnička obilježja radiosustava TDMA, te je prikazana njihova primjena u hrvatskoj telekomunikacijskoj mreži.

1. UVOD

Planiranjem razvoja telekomunikacijske mreže određuje se model koji ukazuje na sadašnje i buduće potrebe za telekomunikacijskim uslugama, što prethodi identifikiranju konkretnih tehničkih rješenja i faza u kojima će se ona realizirati. Na taj je način moguće predvidjeti i vrednovati moguće utjecaje što se mogu pojaviti zbog promjena vanjskih čimbenika (tehnologija, ekonomija, društveni utjecaji) tijekom planskog razdoblja. Koristeći taj postupak, lakše je prilagoditi tekuće odluke konačnom cilju [1].

Strategija koja će se koristiti tijekom planiranja nekog određenog segmenta mreže, treba biti u skladu s tehničkim odlukama što su već donijete na razini nacionalne mreže, radi kompatibilnosti rješenja i usklađenosti koraka realizacije. Dugoročno gledano, kvaliteta usluga koja se na taj način postiže treba biti usporediva s onom u cijeloj nacionalnoj mreži, iako se kratkoročno i srednjoročno mogu dopustiti i niži standardi. To znači da su na putu do ostvarivanja konačnih optimalnih dopuštena različita podoptimalna rješenja koja ovise o trenutačnim mogućnostima, ali su na tragu dugoročnih strateških ciljeva [1].

U Republici Hrvatskoj razvoj telekomunikacija bio je do sada pretežito usmjeren na urbana područja, odnosno na područja s većom gustoćom naseljenosti stanovništva. Imajući na umu značenje i potrebe razvoja telekomunikacija i na ostalim područjima Republike, u HPT-u se planira intenzivniji razvoj telekomunikacija i u tzv. ruralnim područjima [2].

Postoje različita tehnološka rješenja koja se mogu koristiti u izgradnji telekomunikacijskih mreža u ruralnim zonama. Ovisno o uvjetima, ona su u rasponu od izravnog

povezivanja pretplatnika na najbliži komutacijski čvor paricama zračnih ili podzemnih kabela, preko dislociranja pretplatničkih stupnjeva manjih kapaciteta u neposrednu blizinu skupina ruralnih pretplatnika, i različitih rješenja koja pojedinačne pretplatnike ili manje skupine putem pretplatničkih radiosustava povezuju na prikladni komutacijski čvor [5]. Prva dva načina dobro su poznata i u primjeni su već dulje, dok će ovdje biti elaborirana primjena digitalnih pretplatničkih radiosustava s višestrukim pristupom u rješavanju telekomunikacijskih potreba korisnika u ruralnim područjima Republike Hrvatske.

2. RURALNA PODRUČJA

2.1. Opća obilježja ruralnih područja

Pojam "ruralnog" primjenjuje se obično kao oprečnost od "urbanog", kada se želi pobliže definirati obilježje nekoga zemljopisnog područja. CCITT je međutim pošao od toga da bi definicija ruralnog, koja bi uzela u obzir samo čimbenik naseljenosti, bila previše uska i da postoji još mnogo čimbenika koji se moraju uvažavati.

Prema definiciji CCITT-a ruralno područje se, općenito, sastoji od rasutih naselja, sela i manjih gradova, s bar jednim od sljedećih obilježja [3]:

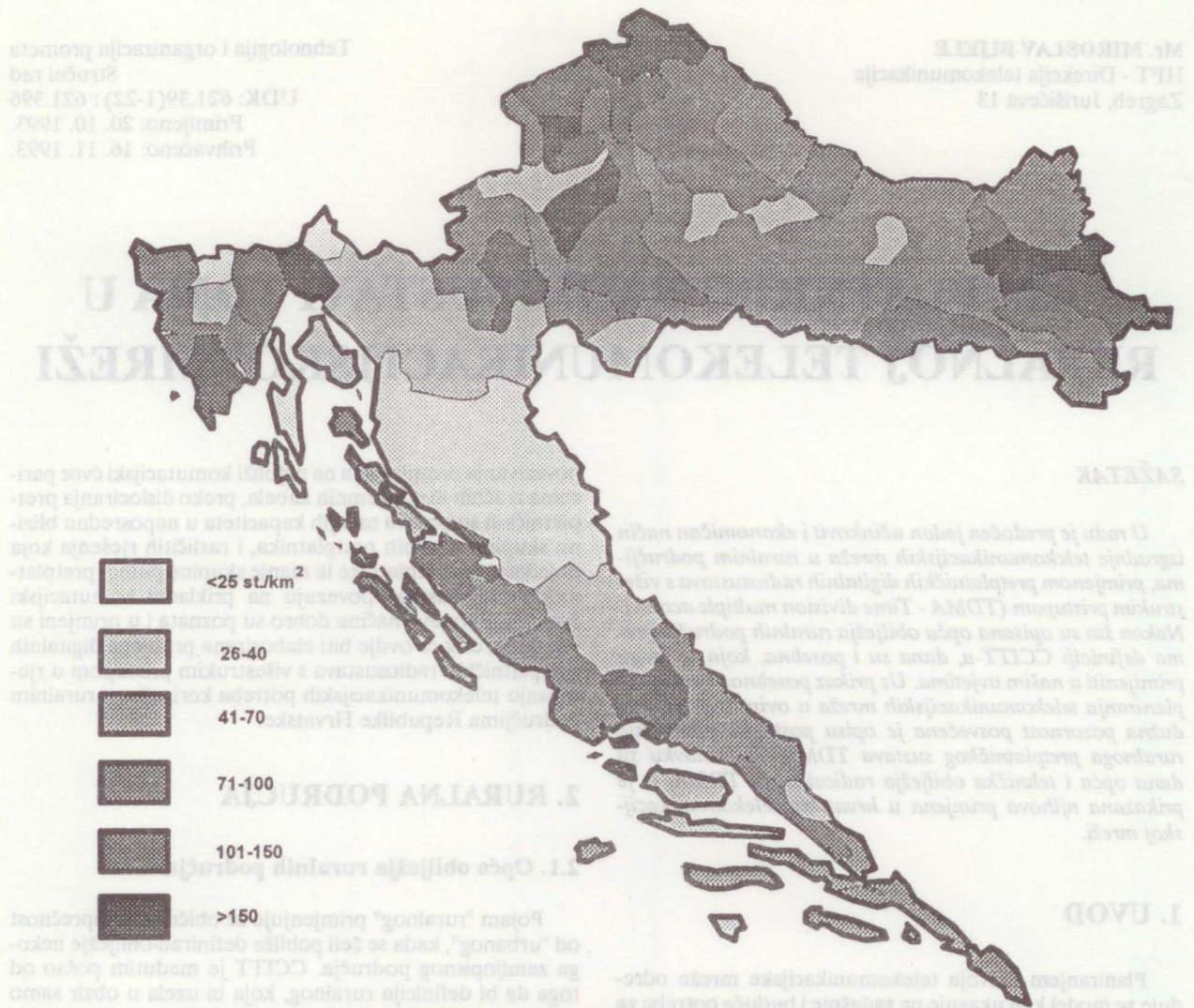
- nedostatan razvijena energetska mreža ili međusobna nepovezanost teritorijalno rasutih izvora električne energije;
- nedostatan tehnički kvalificirano osoblje u mjestu;
- topografski uvjeti koji onemogućuju izgradnju uobičajenih sustava prijenosa;
- oštri klimatski uvjeti koji se nepovoljno odražavaju na trajnost uređaja i njihovo održavanje;
- gospodarska ograničenja, zbog velikih troškova investicija i održavanja, posebno kada su to gospodarski nerazvijena ili slabo razvijena ruralna područja.

Glede rijetko naseljenih područja, CCITT razmatra dva primjera:

- rijetka naseljenost u većim razmjerima, tj. velika udaljenost među naseljima i mala potreba za međusobnim komuniciranjem,
- rijetka naseljenost u manjim razmjerima, tj. gustoća stanovništva nije ravnomjerno raspoređena u naselju.

Naposlijetku, CCITT je definirao ruralna područja na ovaj način:

- srednja gustoća stanovništva iznosi najviše 50/km² ili izolirana naselja s najviše 1000 stanovnika;



Slika 1. Pregled gustoće stanovništva u Republici Hrvatskoj (prema popisu stanovništva iz 1981. godine)

– najveća duljina pretplatničkog voda je više od 5 km.

2.2. Ruralna područja u Republici Hrvatskoj

U našim uvjetima, definicijom iz 2.1. obuhvaćena su u globalnom (makro) smislu rijetko naseljena, brdsko-planinska, nepristupačna, udaljena i izolirana područja (npr. udaljeni ili slabo naseljeni jadranski otoci), odnosno sva ona područja u kojima nije ili je slabo razvijena telefonska mreža, kao i manja naselja bez osnovnih usluga i službi, kao što su zdravstvene i školske ustanove, sa slabo razvijenom prometnom infrastrukturom električnom i vodovodnom mrežom, ili bez njih, kao i naselja s malim brojem stanovnika.

No i unutar širih područja što se prema tim kriterijima ne mogu smatrati ruralnim, postoje zone, čak i u okolici većih gradova, koje po svojim obilježjima pripadaju u tu kategoriju. Osim uvodno navedenih općenitih kriterija koji definiraju ruralno područje, pri definiranju ruralne zone na nekom užem području mogu poslužiti i sljedeći dodatni kriteriji [2]:

- gustoća stanovništva ne premašuje 40/km²;
- na promatranom području postoje manja naselja, skupine kuća ili pojedinačni stambeni objekti zemljopisno raspoređeni na neki od ovih načina:

- a) pojedinačni objekti rasuti po površini,
- b) skupine objekata rasute po površini,
- c) pojedinačni objekti poredani uzduž neke crte,
- d) skupine objekata poredane uzduž neke crte,
- e) manja naselja s do 400 stambenih i gospodarskih objekata (1000-1500 stanovnika).

Na slici 1. je karta Republike Hrvatske s rasporedom gustoće stanovništva prema popisu iz 1981. godine i iz nje se vide područja u Republici Hrvatskoj koja se po tom kriteriju mogu smatrati ruralnim.

3. PLANIRANJE MREŽE U RURALNIM PODRUČJIMA

3.1. Osnovice postupka planiranja u ruralnoj okolini

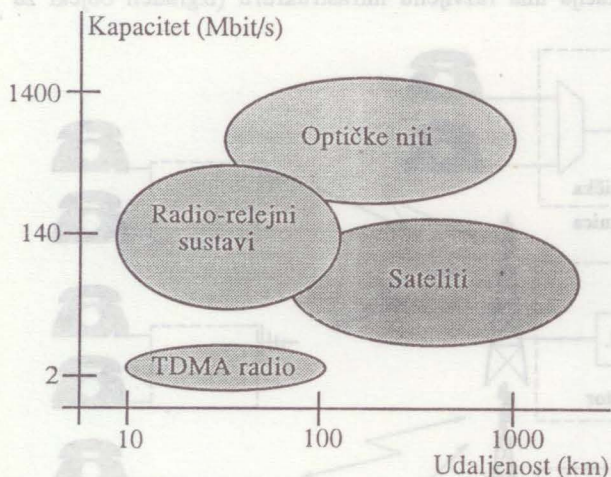
U najopćenitijem primjeru postupak planiranja i optimizacije ruralne telekomunikacijske mreže sastoji se od sljedećih koraka [1]:

- a) određivanje konfiguracije mreže, tj. broja centrala, njihovih lokacija i korisnika koje će posluživati, odnosno

- područja centrala; obično se definira i vrsta komutacije (samostalna, udaljeni stupanj - koncentrator);
- b) određivanje načina povezivanja budućih pretplatnika s centralom;
- c) dimenzioniranje spojnih vodova između centrala, uključujući određivanje vrste i kapaciteta transmisijskih medija.

Čimbenici koji utječu na postupak planiranja i optimizacije u ruralnoj mreži uglavnom su isti kao i oni koji utječu na optimalan raspored centrala i spojnu mrežu u urbanim područjima. To su: pretplatnički i prometni zahtjevi, troškovi, kriteriji kvalitete usluga i ograničenja kao što su postojeći uređaji, prirodne i umjetne zapreke i sl. Međutim, u ruralnim mrežama oni mogu imati drugačija obilježja nego u urbanim.

Pretežiti dio ukupnih troškova izgradnje mreže u ruralnoj okolini uglavnom su troškovi izgradnje pretplatničke mreže, iako spajanje skupine pretplatnika na centralu u ruralnom području može biti jeftinije nego u urbanom, ako su oni u istom gradu (mjestu) kao i centrala. Međutim, spajanje izoliranih pretplatnika ili manjih skupina pretplatnika na većoj udaljenosti od centrale stvara vrlo velike troškove. Uz poznatu udaljenost do pojedinih točaka koncentracije pretplatnika, tijekom postupka optimalizacije treba razmotriti primjenu različitih vrsta prijenosnih medija kao što su: kableske parice, prijenosni sustavi po fizičkim medijima (kovinskim ili optičkim), radio-relejni sustavi, pretplatnički radiosustavi, mobilni radiotelefonski sustavi, radiosustavi s višestrukim pristupom ili čak satelitski sustavi prijenosa. Područja primjene nekih vrsta prijenosnih medija u ruralnoj pretplatničkoj mreži pokazana su na slici 2. [8].



Slika 2. Područja primjene nekih vrsta prijenosnih medija u ruralnom području

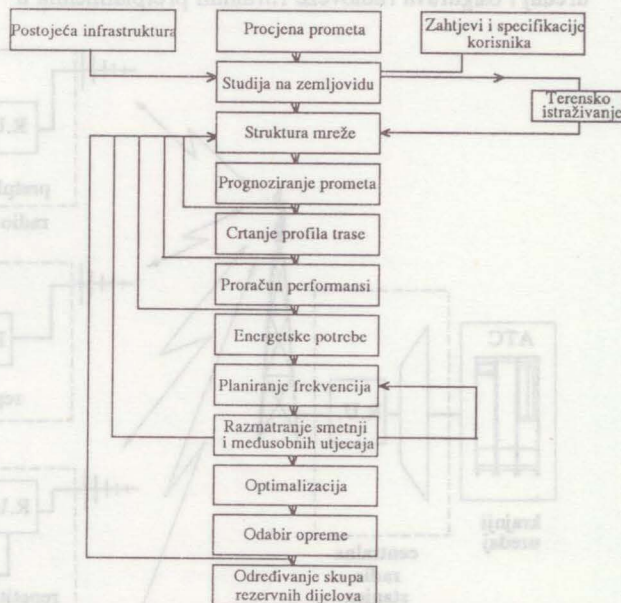
Najveću teškoću u planiranju izgradnje ruralnih mreža čini procjena isplativosti, tj. opravdanosti postavljanja komutacijske jedinice za posluživanje manje skupine pretplatnika u odnosu na njihovo povezivanje prijenosnim medijem ili sustavom na neku od obližnjih centrala. Osim udaljenosti do najbliže centrale, pritom važnu ulogu ima veličina promatrane skupine kao i interes za međusobnu komunikaciju unutar nje (prognozirana veličina mjesnog prometa). U svakom slučaju, potrebno je pronaći najbolji mogući odnos između dvaju glavnih planskih ciljeva, a to su: osiguranje najbolje kvalitete usluga svim korisnicima i potrebna troškovna učinkovitost osiguranih usluga.

3.2. Planiranje pretplatničkog radiosustava s višestrukim pristupom

U mnogim su primjerima pretplatnički radiosustavi s višestrukim pristupom najbolji odgovor na postavljene zahtjeve, osiguravajući uz najmanje troškove odgovarajuću kvalitetu sukladno međunarodnim standardima. Kako ti sustavi osiguravaju samo funkciju prijenosa od pretplatničkog terminala do centrale, ostavljajući funkciju komutiranja telefonskoj centrali, potrebno je prvo zadovoljiti dva osnovna zahtjeva: postojanje mjesne centrale i slobodnih priključaka na njoj.

Dijagramom na slici 3. [8] pokazan je tok postupka planiranja pretplatničkog radiosustava s višestrukim pristupom. Na osnovi detaljnih informacija o određenom području, infrastrukturi i procjenama zahtjeva, na zemljovidu se izrađuje plan strukture mreže. Proračuni prometa i zahtijevanih obilježja kvalitete te profila zemljišta za svaku radiovezu mogu uzrokovati promjene u početnoj planiranoj strukturi mreže. U sljedećem koraku određuje se potrošnja energije i, ako je potrebno, njeni izvori. Konačna optimalna struktura mreže ovisi o planu uporabe frekvencija koji treba osigurati optimalno korištenje raspoloživoga frekvencijskog opsega i spriječiti utjecaj međusobnih smetnji iz susjednih područja. Postupak planiranja završava izborom opreme te vrste i količine potrebnih rezervnih dijelova.

Međutim, često će biti nužna i terenska ispitivanja na potencijalnim lokacijama, osobito ako se ne raspolaže potrebnim zemljovidima ili ako nedostaju pojedine važne informacije. Iskustvo pokazuje da rezultati terenskih ispitivanja obično uzrokuju znatne promjene u početnoj strukturi mreže.



Slika 3. Tok postupka planiranja ruralnoga pretplatničkog radiosustava

4. OBILJEŽJA RURALNIH RADIO-TELEFONSKIH SUSTAVA

Kako je već ranije spomenuto, ruralni radio-telefonski sustavi služe za povezivanje korisnika iz ruralnog područja na javnu telefonsku mrežu isključivo s pomoću radioveze,

a primjenjuju se u prvom redu u područjima u kojima im ekonomsko-tehnički razlozi daju prednost u odnosu na ostale tradicionalne načine izgradnje telefonskih mreža.

Pretplatnici koji se s pomoću ruralnoga radiotelefonskog sustava povezuju na javnu telefonsku mrežu imaju iste mogućnosti korištenja usluga u javnom telefonskom prometu kao i pretplatnici koji su na klasičan način povezani na javne telefonske centrale, pa, osim telefonskih, imaju mogućnost korištenja i ostalih telekomunikacijskih usluga kao što su: telefaks, teleks i prijenos podataka preko komutirane telefonske mreže ili po iznajmljenim vodovima (prijenosnim kanalima).

Postoje razne vrste ruralnih pretplatničkih radio-telefonskih sustava, od kojih će se u hrvatskoj telefonskoj mreži primjenjivati digitalni ruralni radio-telefonski sustavi s višestrukim pristupom (TDMA - point-to-multipoint) [2].

4.1. Sastavni dijelovi sustava TDMA

Konfiguracija ruralnoga digitalnog sustava TDMA sastoji se u osnovi od sljedećih dijelova (sl. 4) [9]:

- Krajnji uređaj:** smješten je uz mjesnu telefonsku centralu ili udaljeni pretplatnički stupanj (RSU) i omogućuje posredovanje, upravljanje i kontrolu veza između telefonske centrale i ruralnih korisnika. Budući da se telefonski promet u ruralnom radiosustavu, radi ekonomičnoga korištenja, obavlja putem manjeg broja zajedničkih kanala, krajnji uređaj obavlja i ulogu koncentratora s multipleksiranjem/demultipleksiranjem veza;
- Središnja radiopostaja:** smještena je obično uz krajnji uređaj i osigurava radioveze ruralnim pretplatnicima u

radiozoni koju pokriva. Središnja radiopostaja smješta se tako da se dobije željeno "pokrivanje" ruralnog područja. Ako je to mjesto udaljeno od krajnjeg uređaja, međusobno povezivanje se obavlja s pomoću sustava prijenosa primjenom radiouređaja iste tehnike kao što je središnja postaja;

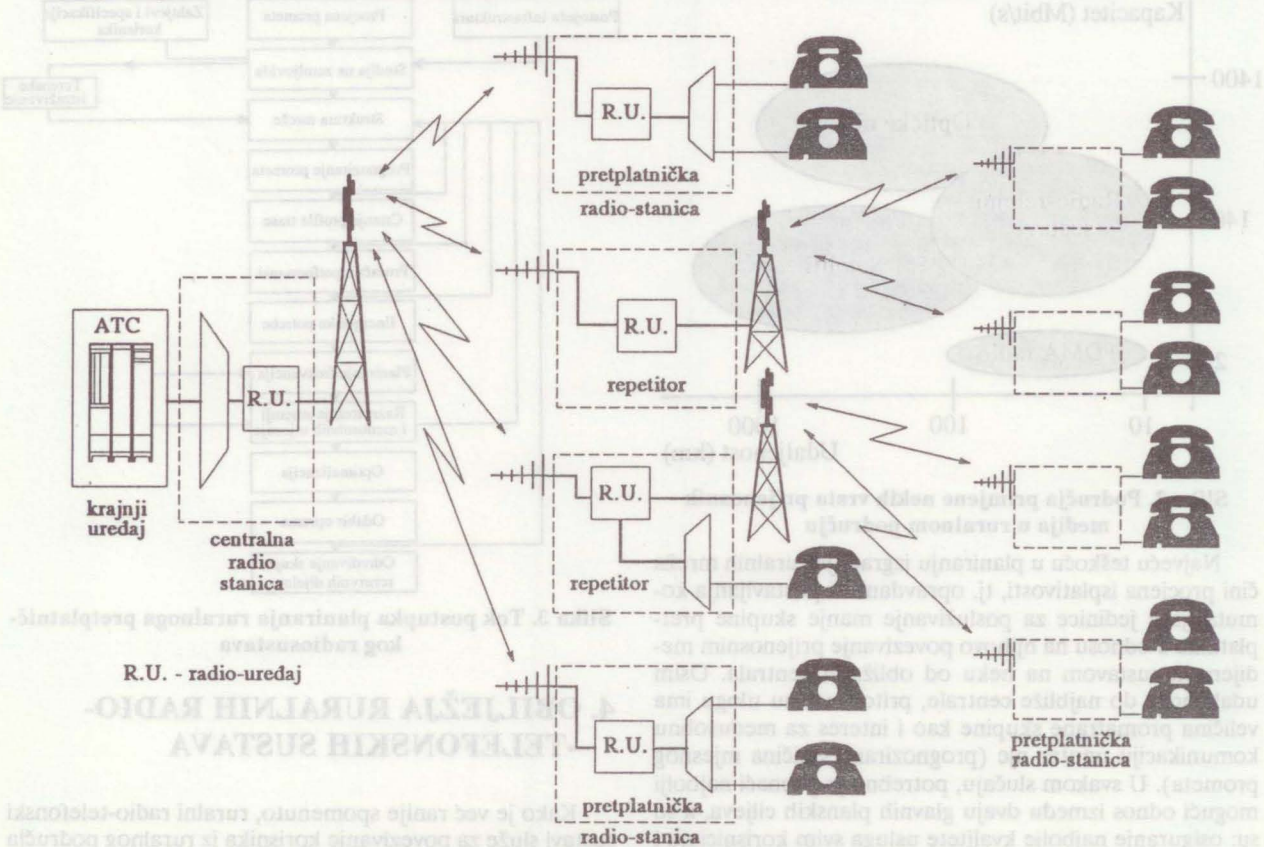
- Pretplatnička radiopostaja:** smještena je u ruralnih pretplatnika i omogućuje im da uspostavljaju radio-telefonske i ostale veze. Na pretplatničke radiopostaje priključuju se standardni telefonski aparati i ostali odgovarajući terminalni uređaji;
- Repetitor:** primjenjuje se radi proširenja područja radio-pokrivanja onda kada su mjestu prijama u područjima sjene ili kada se u jako udaljenih pretplatnika ne može osigurati potrebna kvaliteta veze.

Kombinacijama uređaja ruralnoga digitalnog sustava TDMA moguće je, radi proširenja radiopokrivanja, tj. područja ruralnih veza pretplatnika, ostvariti razne konfiguracije, koje moraju biti u skladu s planom frekvencija za tu vrstu radioveza. Na slikama 5. i 6. pokazan je primjer konfiguracije sustava i osnovno načelo njegova rada.

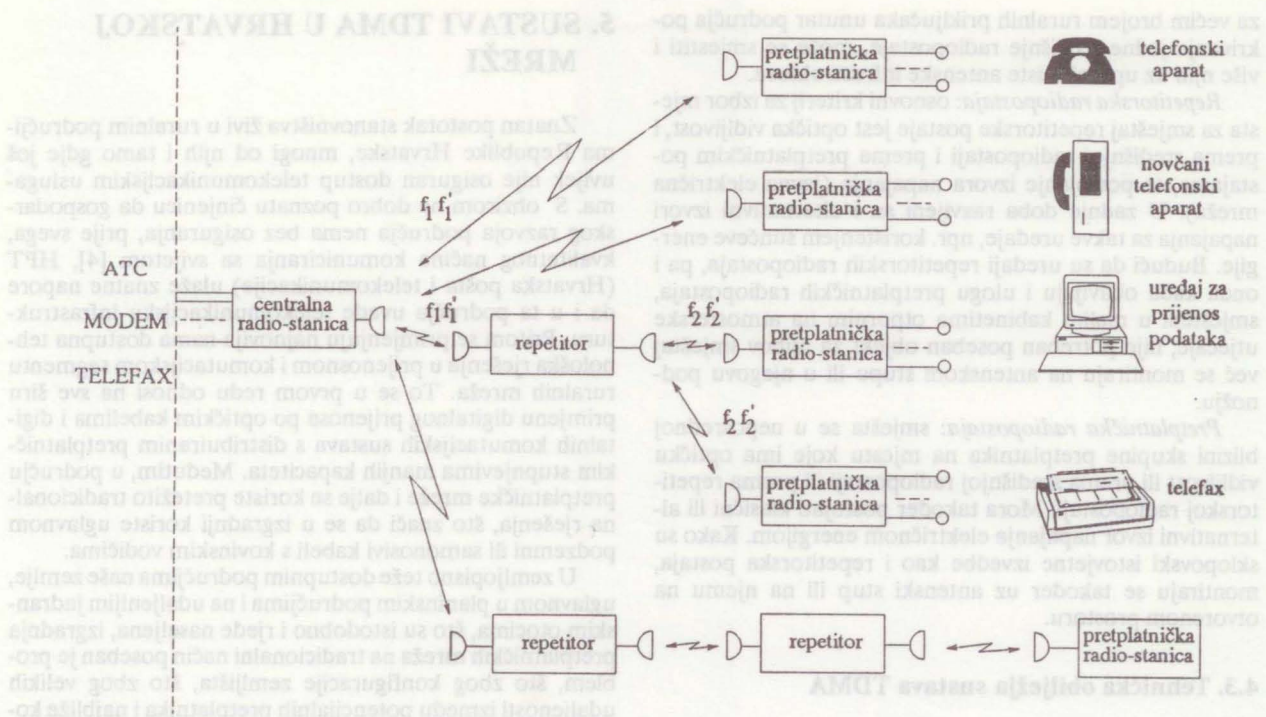
4.2. Uvjeti za postavljanje dijelova sustava TDMA

Nakon što su zadovoljeni osnovni uvjeti za izbor sustava TDMA kao rješenja za uvođenje telekomunikacijskih (u prvom redu telefonskih) usluga u neko ruralno područje, potrebno je zadovoljiti i određene posebne uvjete pri određivanju mjesta za postavljanje pojedinih njegovih dijelova. Općenito, ti se uvjeti sastoje u sljedećem [2]:

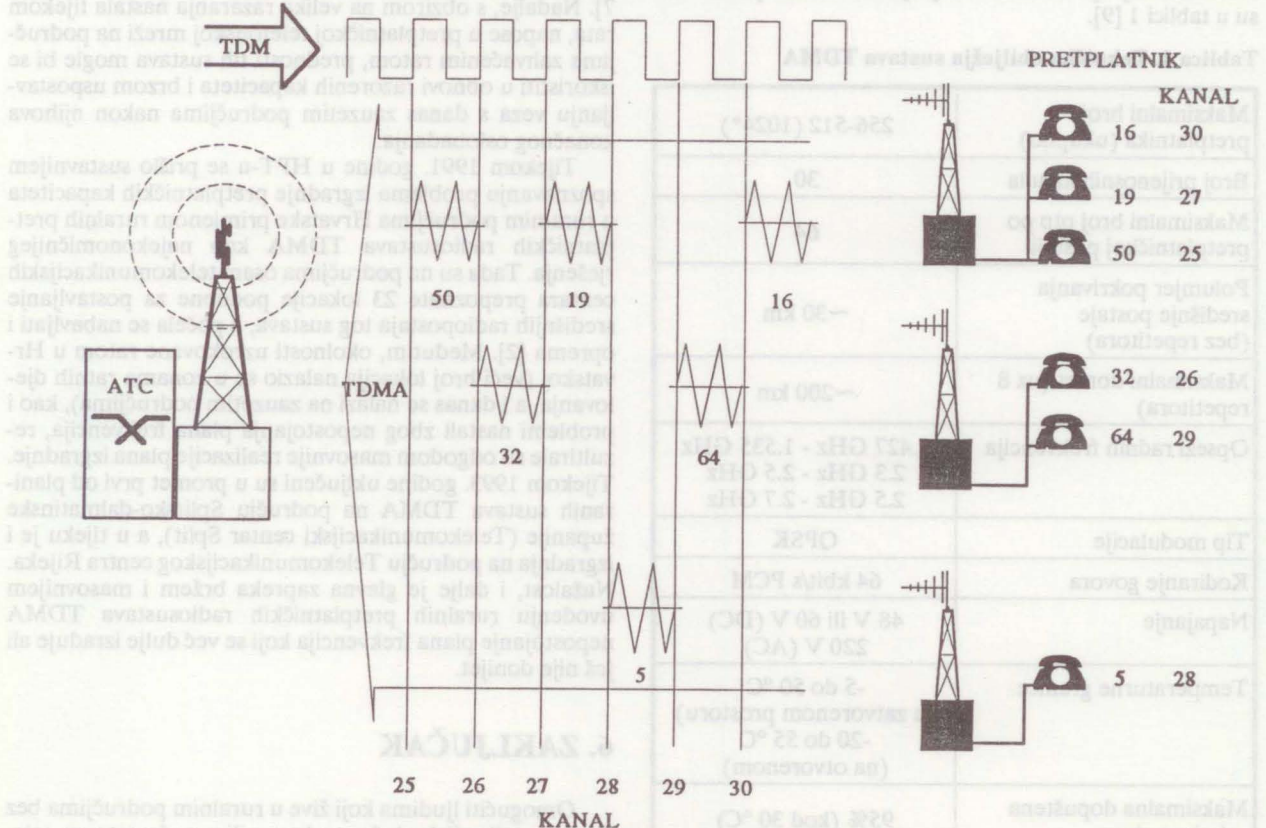
Središnja radiopostaja: potrebno je da potencijalna lokacija ima razvijenu infrastrukturu (izgrađen objekt za



Slika 4. Sastavni dijelovi sustava TDMA i njihova primjena



Slika 5. Primjer konfiguracije sustava TDMA



Slika 6. Osnovno načelo rada sustava TDMA

smještaj opreme, napajanje, pristupni put, antenski stup), ili je tu infrastrukturu moguće jednostavno osigurati; mogućnost jednostavnog povezivanja u javnu telefonsku mrežu (blizina automatske telefonske centrale ili udaljeno-

ga pretplatničkog stupnja); dobra optička vidljivost s većinom lokacija unutar zamišljenog područja "pokrivanja".

Unutar istoga ruralnog područja moguće je smjestiti i više središnjih radiopostaja, a isto tako, ako postoji potreba

za većim brojem ruralnih priključaka unutar područja pokrivanja jedne središnje radiopostaje, može se smjestiti i više njih uz uporabu iste antenske infrastrukture.

Repetitorska radiopostaja: osnovni kriterij za izbor mjesta za smještaj repetitorske postaje jest optička vidljivost, i prema središnjoj radiopostaji i prema pretplatničkim postajama, te postojanje izvora napajanja (javna električna mreža). U zadnje doba razvijeni su i alternativni izvori napajanja za takve uređaje, npr. korištenjem sunčeve energije. Budući da su uređaji repetitorskih radiopostaja, pa i onda kada obavljaju i ulogu pretplatničkih radiopostaja, smješteni u malim kabinetima otpornim na atmosferske utjecaje, nije potreban poseban objekt za njihov smještaj već se montiraju na antenskom stupu ili u njegovu podnožju.

Pretplatnička radiopostaja: smješta se u neposrednoj blizini skupine pretplatnika na mjestu koje ima optičku vidljivost ili prema središnjoj radiopostaji ili prema repetitorskoj radiopostaji. Mora također postojati klasični ili alternativni izvor napajanja električnom energijom. Kako su sklopovski istovjetne izvedbe kao i repetitorska postaja, montiraju se također uz antenski stup ili na njemu na otvorenom prostoru.

4.3. Tehnička obilježja sustava TDMA

Danas se koriste sustavi TDMA različitih svjetskih proizvođača, no među njima uglavnom nema velikih razlika. Neka zanimljivija tehnička obilježja tih sustava predočena su u tablici 1 [9].

Tablica 1. Tehnička obilježja sustava TDMA

Maksimalni broj pretplatnika (ukupno)	256-512 (1024*)
Broj prijenosnih kanala	30
Maksimalni broj ptp po pretplatničkoj postaji	64
Polumjer pokrivanja središnje postaje (bez repetitora)	~30 km
Maksimalni domet (uz 8 repetitora)	~200 km
Opsezi radnih frekvencija	1.427 GHz - 1.535 GHz 2.3 GHz - 2.5 GHz 2.5 GHz - 2.7 GHz
Tip modulacije	QPSK
Kodiranje govora	64 kbit/s PCM
Napajanje	48 V ili 60 V (DC) 220 V (AC)
Temperaturne granice	-5 do 50 °C (u zatvorenom prostoru) -20 do 55 °C (na otvorenom)
Maksimalna dopuštena relativna vlaga	95% (kod 30 °C)
Ostale usluge (osim telefonije)	teleks, telefaks, podaci, ISDN

* kapacitet ovisi o prometu po pretplatniku.

5. SUSTAVI TDMA U HRVATSKOJ MREŽI

Znatan postotak stanovništva živi u ruralnim područjima Republike Hrvatske, mnogi od njih i tamo gdje još uvijek nije osiguran dostup telekomunikacijskim uslugama. S obzirom na dobro poznatu činjenicu da gospodarskog razvoja područja nema bez osiguranja, prije svega, kvalitetnog načina komuniciranja sa svijetom [4], HPT (Hrvatska pošta i telekomunikacije) ulaže znatne napore da i u ta područja uvede telekomunikacijsku infrastrukturu. Pritom se primjenjuju najnovija nama dostupna tehnološka rješenja u prijenosnom i komutacijskom segmentu ruralnih mreža. To se u prvom redu odnosi na sve širu primjenu digitalnog prijenosa po optičkim kabelima i digitalnih komutacijskih sustava s distribuiranim pretplatničkim stupnjevima manjih kapaciteta. Međutim, u području pretplatničke mreže i dalje se koriste pretežito tradicionalna rješenja, što znači da se u izgradnji koriste uglavnom podzemni ili samonosivi kabeli s kovinskim vodičima.

U zemljopisno teže dostupnim područjima naše zemlje, uglavnom u planinskim područjima i na udaljenijim jadranskim otocima, što su istodobno i rjeđe naseljena, izgradnja pretplatničkih mreža na tradicionalni način poseban je problem, što zbog konfiguracije zemljišta, što zbog velikih udaljenosti između potencijalnih pretplatnika i najbliže komutacije. U takvim slučajevima, na što ukazuju i svjetska iskustva, najekonomičnija su rješenja koja koriste pretplatničke ruralne radiosustave s višestrukim pristupom [5, 6, 7]. Nadalje, s obzirom na velika razaranja nastala tijekom rata, napose u pretplatničkoj telefonskoj mreži na područjima zahvaćenim ratom, prednosti tih sustava mogle bi se iskoristiti u obnovi razorenih kapaciteta i brzom uspostavljanju veza s danas zauzetim područjima nakon njihova konačnog oslobođanja.

Tijekom 1991. godine u HPT-u se prišlo sustavnijem spoznavanju problema izgradnje pretplatničkih kapaciteta u ruralnim područjima Hrvatske primjenom ruralnih pretplatničkih radiosustava TDMA kao najekonomičnijeg rješenja. Tada su na područjima osam telekomunikacijskih centara prepoznate 23 lokacije podobne za postavljanje središnjih radiopostaja tog sustava, a počela se nabavljati i oprema [2]. Međutim, okolnosti uzrokovane ratom u Hrvatskoj (veći broj lokacija nalazio se u zonama ratnih djelovanja, a i danas se nalazi na zauzetim područjima), kao i problemi nastali zbog nepostojanja plana frekvencija, rezultirale su odgodom masovnije realizacije plana izgradnje. Tijekom 1993. godine uključeni su u promet prvi od planiranih sustava TDMA na području Splitsko-dalmatinske županije (Telekomunikacijski centar Split), a u tijeku je i izgradnja na području Telekomunikacijskog centra Rijeka. Nažalost, i dalje je glavna zapreka bržem i masovnijem uvođenju ruralnih pretplatničkih radiosustava TDMA nepostojanje plana frekvencija koji se već dulje izrađuje ali još nije donijet.

6. ZAKLJUČAK

Omogućiti ljudima koji žive u ruralnim područjima bez telekomunikacijske infrastrukture ili s nedostatnom telekomunikacijskom infrastrukturom dostup suvremenim telekomunikacijskim uslugama zadaća je koju nije uvijek lako i jednostavno ostvariti, napose ako se ima na umu skupoća rješenja koja su bila moguća primjenom tradicionalnih tehnologija izgradnje telekomunikacijskih mreža.

Primjenom digitalne radiotehnologije uobličene u TDMA ruralne pretplatničke radiosustave, uz nižu cijenu, stvorena je mogućnost za ekonomičnije i brže osiguranje telekomunikacijskih usluga stanovništvu i gospodarstvu u ruralnim područjima, što ima veliko značenje za unapređivanje gospodarskog i društvenog razvoja tih krajeva.

SUMMARY

SUBSCRIBER TDMA RADIO SYSTEMS IN RURAL TELECOMMUNICATIONS NETWORK

The paper deals with an effective and economic method of telecommunications network introduction in rural areas, by provision of digital subscriber radio-systems with multiple access (TDMA - Time Division Multiple Access). After a description of general characteristics of rural areas according to CCITT definition, special aspects have been reviewed that can be considered in our conditions. In addition to discussion of some special aspects of the rural telecommunications network planning procedure, due attention has been paid to a description of rural subscriber TDMA system planning.

Furthermore the paper deals with general and technical specifications of the TDMA radio system and its application in the Croatian telecommunications system.

LITERATURA

- [1] Handbook on general network planning. CCITT, GAS3 No. 10E, Geneva, 1981.
- [2] Elaborat ruralnog područja HPT-a. HPT - Direkcija telekomunikacija, Sektor razvoja telekomunikacijske mreže, Zagreb, 1991.
- [3] The Rural telecommunications handbook. CCITT, GAS7, Geneva, 1979.
- [4] D. WESTENDOERPF: Development of rural telecommunications and the CTD. Second International Conference on Rural Telecommunications, London, 1990, IEE, Conf. publication, No. 328, str. 17-23.
- [5] M. WARWICK: Extending the quality network. Communications International, Vol. 20, 1993, 7, str. 46-50.
- [6] F.R.C. HAMILTON, J. LOUGH, J.S. DIXON: The highlands and islands initiative: network modernisation in the nord Scotland. Second International Conference on Rural Telecommunications, London, 1990, IEE, Conf. publication, No. 328, str. 24-29.
- [7] S.W.JAMES, A.R.HOOPPELL, S.A.MOHAMAD: Point to multipoint radio in the British telecom network. Second International Conference on Rural Telecommunications, London, 1990, IEE, Conf. publication, No. 328, str. 85-90.
- [8] Taking up the challenge. Rural Communications Planning Guide. Stuttgart, Alcatel SEL AG, 1993.
- [9] Tehničke specifikacije i opisi TDMA pretplatničkih radiosustava: Rurtel (Alcatel SEL AG), SMD-30/1,5/2,4 (Telettra), DRMASS (NEC).