

FIKSNE BEŽIČNE VEZE U PRISTUPNOJ MREŽI INTERNETA

Amitava Dutta-Roy
Contributing Editor

Postojeća žična infrastruktura koja obuhvata kablove za prenos televizijskog signala ili parice za korišćenje u telefoniji iskorišćena je za pristup Internetu mnogo većim brzinama nego što je to moguće sa konvencionalnim modemima. Postavlja se pitanje kako ostvariti pristup ako postojeća žična infrastruktura nije zadovoljavajuća ili, kao što je slučaj u mnogim delovima sveta, da ne postoji?

Uprkos nekim očiglednim ograničenjima, tehnologija fiksног bežičnog prenosa je jak kandidat koji bi mogao da popuni ovu prazninu. Za razliku od celularne telefonije, čija je glavna osobina mobilnost, fiksne bežične instalacije nude visoko pouzdane komunikacije sa dovoljnim propusnim opsegom za prenos televizijskog signala i veoma brzih podataka, kao i telefonskog signala. S obzirom da rade u nekoliko frekvencijskih opsega između 2.4 i 38 GHz, one su primenjivija i mnogo jeftinija alternativa konvencionalnim (žičnim) lokalnim petljama.

Cena radio veze se smanjuje za polovicu svakih sedam godina, dok se kapacitet sobračaja koji se prenosi udvostručuje svake tri godine, prema podacima prezentiranim u junu na Supercomm'99 konferenciji u Atlanti. U kombinaciji ova dva trenda, odnos cena/kapacitet u bežičnim komunikacijama opada za 50 procenata svake 2.1 godine, zaključio je Hami Akhavan, potpredsednik Teligent Inc., vodeći operater sa u Vieni, Va. (slika 1).

Bežični sistemi su pogodni zato što ih je moguće brzo isplanirati, znatno su jeftiniji od tehnologija žičnog prenosa u pogledu instalacije i održavanja i puštaju se u rad za vrlo kratko vreme. "Visoka cena i dugotrajni proces polaganja bakarnih ili optičkih kablova zajedno sa problemima instalacije u određenim geografskim područjima su eliminisani", rekao je Tom Peragine, tehnički direktor u Spike Technologies Inc., Nashua, N.H.

BRZO I JEFTINO REŠENJE

Tehnologija bežičnog prenosa je primenjiva čak i u gustim urbanim područjima. Za bežične veze, cene konstrukcije i uredjaja su u odnosu približno 20:80, dok je za vezu sa optičkim kablom ovaj odnos suprotan 90:10, prema podacima u radu koji je prezentirao William D. Vogel, potpredsednik u WinStar Communications, Inc., New York, vodeći lokalni operator na skoro održanom seminaru čiji je sponzor bio New York Society of Security Analysts.

Zahvaljujući toj neverovatnoj prednosti u ceni, bežični sistemi mogu biti blagodat u slabo razvijenim zemljama sa malo telefonske infrastrukture. U budućnosti, ovi sistemi mogu biti dalje proširivani i postepeno skalirani na veće kapacitete srazmerno povećanju broja korisnika, tako da ova strategija zahteva manje inicijalne investicije. Na primer u Bangladešu, Gani, Venecueli i Brazilu ili su već primenjeni bežični sistemi, uključujući i bežične lokalne petlje (WLL), ili je u planu njihova primena.

U razvijenim zemljama, takodje, u mnogo slučajeva ima smisla primeniti WLL. WinStar Communications, na primer, nudi fiksne bežične servise u opsezima 28 GHz i 30 GHz na oko 30 lokacija u SAD i takodje u Amsterdamu i Tokiju. Njegov veliki konkurent Teligent, nudi svoje servise na 31 lokaciji domaćeg tržišta i očekuje da će ovaj broj porasti na 40 do kraja godine. Advanced Radio Telecom Corp., Bellevue, Wash., je još jedan konkurent među lokalnim operatorima, koji će uskoro početi sa radom u kalifornijskoj Silikonskoj dolini.

Uz ove vodeće konkurentne operatore, mnogo manjih početnika već nudi bežične servise ili se priprema da ih ponudi u bliskoj budućnosti. Neki analitičari predviđaju da će preko 50 miliona WLL biti u primeni, globalno do kraja ove godine. Još je interesantnije da će do 2003. godine, preko polovine novih fiksnih telefonskih linija instaliranih svake godine širom sveta biti bežično.

Bežične veze se sve češće koriste za širokopojasne servise. U Sjedinjenim Američkim Državama danas, procenjeno je da tržište bežičnog širokopojasnog pristupa iznosi 1 milijardu dolara, prema Osmo A. Hautanen, izvršnom direktoru Formus Communications Inc., Denver, Colo., koji je izlagao na Supercomm'99. Hautanen očekuje da će samo jedan segment ovog tržišta, koji radi oko 28 GHz, dostići više od 16 milijardi dolara do 2005.

Postavlja se pitanje, zašto bi u razvijenim zemljama, pored sveprisutnih telefonskih linija i kablova, nekome trebali fiksni bežični servisi? Odgovor je da mnogima trebaju. Procenjeno je da otprilike jedan od pet stanovnika u SAD živi u oblastima koje su previše udaljene za neku vrstu brzog pristupa Internetu po žiči. Takodje je procenjeno da je bez pristupa oko tri miliona radnika u malim preduzećima koja su locirana u umereno industrijalizovanim oblastima.

Višesistemski operatori, kako provajderi kablovskih sistema vole da se nazovu, ne vide veliki profit u kopanju rovova i polaganju kablova koji su potrebni da dovedu ovim područjima servise kablovske TV i pristup Internetu velikom brzinom. Slično tome, telefonske kompanije ne vide opravdanje za instaliranje multipleksera sa pristupnim digitalnim preplatničkim linijama (DSL) u centralama koje mogu da podrže DSL servise, zbog premale gustine preplatnika u ovim oblastima. Salvatore S. Benni, potpredsednik za strategiju tržišta u Adaptive Broadband Corp., Sunnyvale, Calif., misli da od 2.1 miliona malih preduzeća koja nisu u sastavu grupisanih poslovnih centara, samo 30 posto ima mogućnost primanja DSL. Linije koje vode do ostalih imaju tehničke nedostatke. Prostoriye korisnika često su više udaljene od centrale nego što je dozvoljeno, ili linije mogu biti nepogodne za prenos DSL.

Daleko manje preplatnika - u poslovnim i stambenim zgradama imaju pristup kablu za širokopojasne komunikacije. Trenutni procenat prodiranja kabla u komercijalne gradjevine i stambene objekte je u najboljem slučaju samo 3 posto, rekao je Thomas Cheetah, predsednik i izvršni direktor u HeliOss Communications Inc., Watham, Mass. "Jedino rešenje za širokopojasni pristup je u fiksnim bežičnim sistemima, koji mogu da podrže kapacitete kanala od 155Mbit/s i više", rekao je za IEEE Spectrum.

Fiksni bežični provajder uvek radi u režimu point-to-multipoint: njegova antena obično komunicira sa nekoliko različitih antena klijenata koje su instalirane (obično) unutar dobro definisanih oblasti. Pošto je prenosni medijum zajednički kao i u prenosu kablom, maksimalna brzina prenosa koja se može obezbediti svakom klijentu opada ukoliko broj klijenata raste. Klijentima kojima treba najveća moguća bitska brzina u sistemu se savetuje da koriste point-to-point bežični sistem koji opslužuje samo jednog klijenta. Na primer, provajder Internet servisa može da koristi point-to-point link da bi povezao svoje servere sa udaljenom tačkom koja je povezana sa kičmom Interneta (backbone) preko žičnog linka velike brzine koji se ponekad zove "backhaul" veza.

Radio veza koja podržava analogni govorni telefonski signal služi kao jednostavna lokalna petlja između korisnika i centrale telefonske kompanije. Ali postoji i drugi način da se iskoristi fiksna bežična tehnologija da bi se prenosili telefonski razgovori: Internet. U tom slučaju, korisnikov računar digitalizuje govor i uspostavlja adresu Internet protokola sa provajderom. Komunikacija između korisnika i provajdera Internet servisa bi bila implementirana kao paketski prenos, najverovatnije unutar Etherneta ramova. Provajder bi zatim paketizovan govor konvertovao u konvencionalne telefonske signale i dovodio ih u javnu komutiranu telefonsku mrežu.

Za velike poslovne ili stambene objekte, konkurentan lokalni operator može obezbediti širokopojasni bežični priključak kao zamenu za privatnu kućnu centralu u prostorijama klijenta. Lokalni operator bi tada obezbedio vezu sa javnom telefonskom mrežom. Nekoliko

Tabela: 1.

| Frekvencije fiksnih bežičnih komunikacija | |
|---|---|
| Frekvencija, GHz | Korišćenje |
| 2,1500-2,1620 | sa dozvolom MDS i MMDS, dva opsega širine 6 MHz |
| 2,4000-2,4835 | bez dozvole ISM |
| 2,5960-2,6440 | sa dozvolom MMDS, osam opsega širine 6 MHz |
| 2,6500-2,6560 | sa dozvolom MMDS |
| 2,6620-2,6680 | sa dozvolom MMDS |
| 2,6740-2,6800 | sa dozvolom MMDS |
| 5,7250-5,8750 | bez dozvole ISM-UNII |
| 24,000-24,250 | bez dozvole ISM |
| 24,250-25,250 | sa dozvolom |
| 27,500-28,350 | sa dozvolom LMDS (Blok A) |
| 29,100-29,250 | sa dozvolom LMDS (Blok A) |
| 31,000-31,750 | sa dozvolom LMDS (Blok B) |
| 31,075-31,225 | sa dozvolom LMDS (Blok A) |
| 31,225-31,300 | sa dozvolom LMDS (Blok B) |
| 38,600-40,000 | sa dozvolom |

ISM - industrijski, naučni i medicinski
LMDS, MMDS - lokalni/višekanalni multipoint distribucioni sistem
MDS - multipoint distribucioni sistem
UNII - nacionalna informatička infrastruktura (bez dozvole)

alternativnih pristupa u obezbeđivanju efikasnih telefonskih servisa koje zajedno sa pristupom Internetu premošćuju lokalnu telekomunikacionu mrežu je razmatrano i probano u praksi.

"Uprkos obećavajućim rezultatima, postojeća telekomunikaciona mreža neće u skorije vreme biti napuštena. ASDL, kablovski modemi i bežični sistemi će koegzistirati sa postojećom mrežom još dugi niz godina", David Sumi, direktor proizvodnog marketinga, Wireless Inc., Belmont, Calif., rekao je za Spektrum.

KOJI OPSEG KORISTITI?

U Sjedinjenim Američkim Državama, FCC je dodelio 15 frekvencijskih opsega za korišćenje u komercijalnim fiksnim bežičnim servisima na frekvencijama od 2-40GHz (Tabela 1). U drugim zemljama, frekvencije su takođe dodeljene od strane nacionalnih telekomunikacionih regulatornih tela.

Nekoliko frekvencijskih opsega je na raspolanju za fiksne bežične servise. Opseg od 2.400-2.4835GHz je popularan medju mnogim operatorima jer nije potrebna dozvola za rad u ovom opsegu i ne naplaćuje se njegovo korišćenje. Takođe je popularan medju prodavcima opreme, koja je internacionalno dostupna i ima relativno veliko tržište.

Poznat kao industrijski, naučni i medicinski opseg (ISM band) u upotrebi je već dosta dugo vremena. Kao što ime kaže, prvi nosioci dozvola za ovaj opseg su bili operatori opreme kao što su industrijske mikrotalasne pećnice i dijatermički aparati, koji su zbog svojih inherentnih karakteristika zračili na tim frekvencijama. Čak do pre nekoliko godina nije bilo govora o korišćenju ovog opsega za komunikacije jer nije postojala tehnologija za suzbijanje uticaja interferencije.

Ali danas tehnologija postoji, u formi tehnika proširenog spektra i nekoliko dozvola je izdato pre par godina za bežične servise. Ove dozvole pretstavljaju prve komunikacione korisnike. Vremenom je FCC bio primoran da dozvoli i druge operatore, svako ko je želeo da koristi ovaj opseg. Tada je proglašeno da nije potrebna dozvola za rad u ovom opsegu.

Pored ograničenja snage specificiranog od strane FCC, novi operatori morali su koristiti tehnologiju proširenog spektra da ne bi bilo interferencije sa već postojećim korisnicima. Stari korisnici nisu morali da uvode prošireni spektar i dozvoljena im je veća snaga. Malo je verovatno da će više od jednog operatora u ovom opsegu koristiti isti princip za proširenje spektra u istoj geografskoj oblasti. Odatle je verovatnoća interferencije mala. Međutim, mogućnost interferencije postoji što pretstavlja cenu koju korisnik plaća za rad u opsegu za koji ne treba dozvola.

Postoji još dva ISM opsega u kojima nije potrebna dozvola u SAD 5.725-5.875 GHz i 24.0-24.25 GHz. Prvi od njih je poznat kao UNII band (nacionalna informatica infrastruktura), ali čini se da prodavci opreme tu imaju malo više problema.

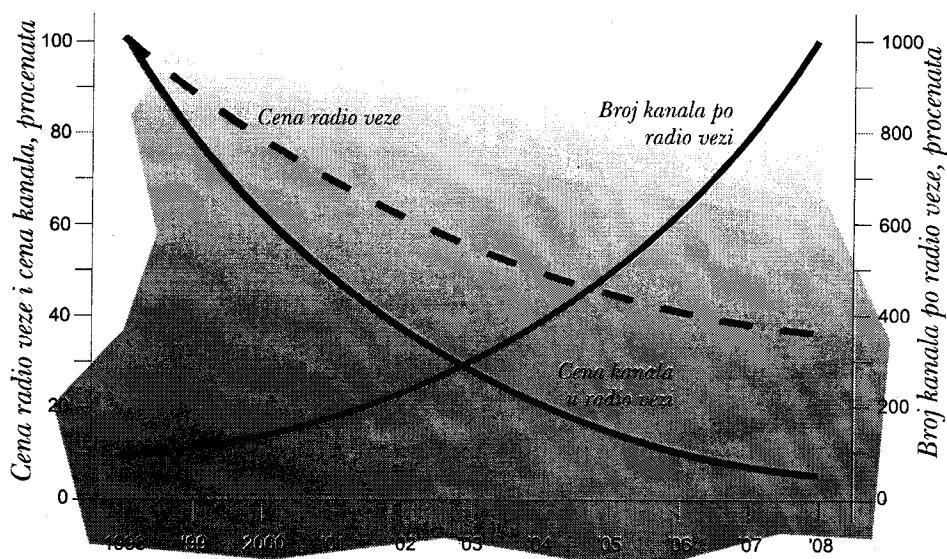
U SAD ostatak fiksnog bežičnog spektra je pokriven opsezima u kojima je potrebna dozvola. Verovatno najmanje korišćeni opsezi do sada za pristup Internetu su oni koji pokrivaju 2.1500-2.1620, 2.5960-2.6440 i 2.6500-2.6800 GHz i obezbeđuju 13 kanala širine 6 MHz.

Prva dva su proglašena 1970-tih, kada su nazvani multi-point distribucionii servisi (MDS), za emitovanje 6-MHz televizijskog signala. 1966. godine, FCC je proširio opseg na današnju širinu i dozvolio višekanalne servise, koji su logično nazvani višekanalni MDS (MMDS).

Nosioci dozvola za ove kanale mogli su se direktno takmičiti sa provajderima kablovske TV i što je važnije, dovesti TV signal ruralnoj populaciji koja je van dometa kablovskih i konvencionalnih servisa emitovanja TV signala. (Iz ovog razloga MMDS se ponekad naziva bežičnim kablom.) Emitovana snaga koju je FCC odobrio može da prenese MMDS signale najviše 50km od predajnika, ali prijemnik mora biti na liniji optičke vidljivosti. U skorije vreme FCC je dozvolio MMDS provajderima da ponude interaktivne dvosmerne servise za Internet. Međutim, unapredjenje celog sistema za bidirekcionale bežične komunikacije je previše skupo. Jedna alternativa je da se povratna putanja, sporija komunikacija od korisnika ka serveru provajdera, prenese preko modema i telefonskog priključka.

Prema proceni Wireless Communication Association International, Washington D.C., postoji pet miliona MMDS korisnika u 90 nacija, ali ovo je uglavnom za TV servise. Prema konzorcijumu, jedan milion ovih korisnika prima servise od 250 provajdera samo u SAD. Nije poznato kako mnogi od tih pretplatnika pristupaju Internetu. Nema mnogo entuzijazma za ovaj način pristupa, verovatno delom i zbog potrebe za korišćenjem telefonske linije za povratnu vezu. U drugim zemljama, MMDS se pokazao sasvim uspešan za TV i pristup Internetu. Na primer, više od tri miliona korisnika se pretplatilo na servise ponudjene od strane Antenna Hungary, Budimpešta, od kojih je mnogo izabralo i pristup Internetu. Harmonic Data Systems Ltd., Tel Aviv, Izrael, i San Diego, Calif., isporučili su opremu Madjarskoj.

Neke telefonske kompanije, MCI WorldCom, Sprint, i PacBell, medju njima, kupili su prava na ponudu MMDS



Sl.1. Neka vrsta Moore-ovog zakona za bežične sisteme, kapacitet radio kanala udvostručuje se svake tri godine (crvena), dok se cena radio veze smanjuje za polovicu svakih sedam godina (isprekidana plava). Rezultat: odnos cena/kapacitet u bežičnim komunikacijama opada za 50 procenata svake 2.1 godine (puna plava).

sistema. Oni su najviše mislili na televiziju i na takmičenje sa kablovskim kompanijama. Međutim, FCC je tek prošle godine odobrio dvosmerne komunikacije u MMDS opsegu. Oprema je još uvek skupa.

Obični korisnici nisu zainteresovani da plate 1000-2000 dolara za instalaciju dvosmernog radija. Ali ova cena bi mogla da se smanji, kaže David Price, potpredsednik, Harmonic Data Systems Ltd., "Ako bi nosioci dozvola promenili svoju usmerenost ka televiziji i zgrabili mogućnost ponude pristupa Internetu velikim brzinama, mogli bi da uspostave kritičnu poslovnu masu koja bi spustila cenu opreme i servisa."

Dvadeset kanala, svaki širine 6 MHz, pored MMDS opsega poznati su kao instrukcionalni televizijski fiksni servisi. Oni pokrivaju pet frekvencijskih opsega: 2,500-2,596, 2,644-2,650, 2,656-2,662, 2,668-2,674 i 2,680-2,686 GHz i dodeljeni su obrazovnim i religioznim institucijama. Sada neki nosioci dozvola za MMDS žele da zamene neke od ovih opsega za svoje MMDS opsege. Razlog je da korišćenje dva daleko udaljena opsega na istom geografskom području eliminiše pojavu interferencije.

Drugi opsezi frekvencija ponudjenih od strane FCC su takozvani lokalni MDS (LMDS) opsezi, podeljeni u dva bloka, A i B (Tabela 1). U Kanadi je usvojen naziv lokalni multipoint komunikacioni servis (LMCS), a u Evropi širokopojasni bežični priistup (BWA).

Prvu dozvolu u SAD za rad u LMDS opsegu dobio je CellularVision Inc., sada poznat kao Speedus.com, Bruklin, N.Y. Iako je dozvola bila za jednosmerni prenos analognog TV signala u gradskoj oblasti Njujorka, CellularVision je ubrzo demonstrirao da može da ponudi dvosmerne komunikacione servise u dodeljenom opsegu. Njihovi inženjeri su osmislili podelu dodeljenog opsega na nekoliko malih celija od kojih svaka ima prečnik ne više od 3-5km. Interferencija u susednim celijama može se izbegti korišćenjem različito polarisanih antena u susednim celijama.

Na osnovu ovog pristupa, kompanija je dobila "pionirsку dozvolu" od FCC za korišćenje u Njujorku i

postala prvi i za neko vreme i jedini provajder LMDS u SAD. LMDS obezbeđuje multimedijalni Internet, intranet i extranet (virtuelna privatna mreža koja povezuje kompaniju sa spoljnim nabavljačima, distributerima i prodavcima) servisima. Provajder servisa emituje signale u jednu tačku na stambenoj ili poslovnoj zgradi i signali se odatle distribuiraju individualnim korisnicima.

U maju, FCC je zaključio licitaciju za 61 LMDS dozvolu, 21 u Bloku A, 40 u Bloku B, za šta je 40 kupaca platilo 45 miliona dolara. Većina nosilaca dozvole su kompanije srednje veličine koje se sada mogu takmičiti sa dominantnim telefonskim gigantima, tako što će obezbediti pristup Internetu korišćenjem WLL. Ova skorašnja licitacija, zajedno sa prethodno izdatim dozvolama, podigla je ukupni broj dozvola u Bloku A na 277 u Bloku B na 387. Mnogi nosioci dozvola imaju delove spektra u oba bloka, a neki imaju i pravo da ponude LMDS u nekoliko celija u istom gradu. Rad bez interferencije je moguć jer su celije malih dimenzija.

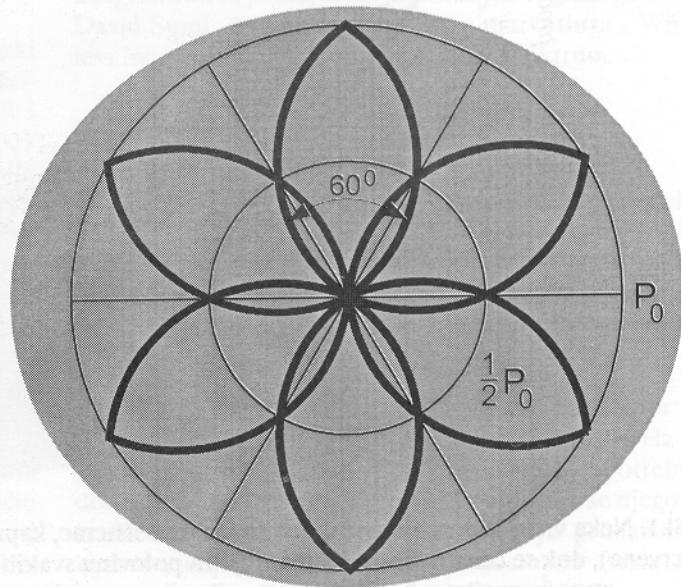
Još jedan opseg frekvencija koji koriste neki provajderi servisa je oko 38 GHz i to je najviša frekvencija na kojoj su za sada obezbedjeni fiksni servisi.

Rastojanje predajnika i prijemnika, zvano hop ili link, u fiksnoj bežičnoj mreži zavisi od radne frekvencije, dozvoljene snage predajnika, visine antenskih stubova i topografije terena. Na 2.4 GHz nije neuobičajeno da link iznosi 5-7km. Ovo rastojanje se može povećati korišćenjem dodatnih pojačavača koji povećavaju snagu predajnika, ali u mnogim zemljama, uključujući SAD to nije legalno.

Na 28 GHz većina sistema je dimenzionisana na dužine hopova od 4-6 km, dok se na 38 GHz dužina hopa smanjuje na 3 km. Sistemi prenosa u MMDS opsegu, sa druge strane, namenjeni su u početku za emitovanje televizijskog signala, pa im je dozvoljena mnogo veća snaga, tako da se njihov domet povećava na 50-70 km.

PODELA ANTENA NA SEKTORE

Projektovanje antena, i onih na provajderovom centralnom stubu i onih na krovovima preplatika, je



Sl.2. Podelom dijagrama zračenja antene na centralnom stubu u sektore podjednakih uglova, operator može opslužiti znatno više korisnika. U ovom slučaju sa šest sektora, može utrostručiti kapacitet, koristeći iste frekvencije u suprotnim sektorima. Na prikazanom polarnom dijagramu, rastojanje od centra predstavlja izračenu snagu za svaki dati ugao. Širine snopa su definisane tačkama u kojima je snaga smanjena na polovinu.

kritični element. Tradicionalne antene za jednosmerno emitovanje su omnidirekcione: njihovo zračenje je podjednako u svim pravcima. Takve antene su dobre za emitovanje u velikim oblastima, ali nisu dobar izbor za Internet komunikaciju, naročito za smer od klijenata ka provajderu. U tom slučaju, potrebne su antene većeg dobitka sa užim snopom da bi se ostvario prenos sa malom snagom predajnika klijenta i da bi se izbegla interferencija različitih predajnika klijenata.

U praksi se snop antene na centralnom stubu deli u 4-6 sektora sa jednakim širinama snopova i u kojima se koristi više frekvencija da bi se istovremeno opslužilo više korisnika. Isti parovi frekvencija ža odlaznu i dolaznu vezu mogu se koristiti više puta, pod uslovom da se ne nalaze u susednim sektorima (Slika 2).

"Svuda gde je raspoloživi spekter ograničen, efikasno korišćenje frekvencija više puta je važan faktor za uspeh razvoja i proizvodnju bežične opreme.", kaže Donna Ryan, direktor razvoja, Spike Technologies, Nashua, N.H., čije jedinstveno rešenje MMDS sistema deli 360 stepeni dijagrama zračenja antene na 22 sektora.

Antena na udaljenoj stanici obično emitiše uzani snop usmeren prema baznoj stanicu u point-to-point modu. Ova koncepcija smanjuje interferenciju predajnika od nekoliko udaljenih stаница.

Dizajn antene zavisi, naravno, od mnogih drugih faktora, uključujući dozvoljeni dobitak, dozvoljenu ukupnu snagu predajnika, frekvencijski opseg, fizičke dimenzije (koje će uticati na troškove transporta i instalacije), i cena same antene i celog sistema.

Cena antene nije ni u kom slučaju linearno proporcionalna snazi predajnika. Na primer, ako antena projektovana za 500 mW košta 500 dolara, ista antena projektovana za 1 W može koštati 1500 dolara. Tipična izlazna snaga stanice varira od 2-50 mW do 400 mW, zavisno od konfiguracije sistema i frekvencijskog opsega.

LINIJA OPTIČKE VIDLJIVOSTI I FRENELOVA ZONA

Da bi mikrotalasni bežični komunikacioni sistem mogao da radi, potrebno je da između predajnika i pri-

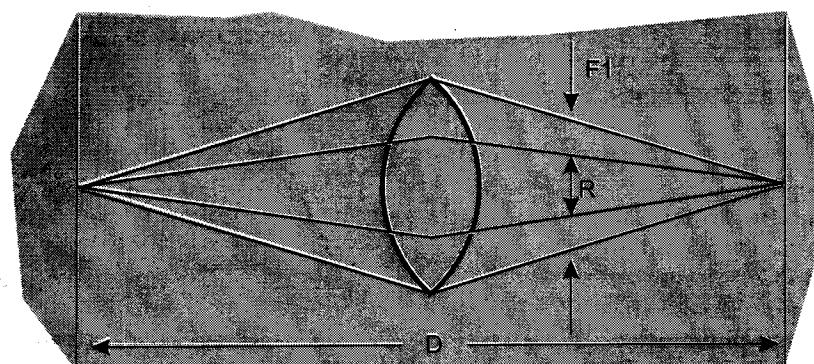
jemnika postoji linija optičke vidljivosti koja nije narušena preprekama. U idealnom slučaju i prostor koji obavlja liniju optičke vidljivosti ne bi trebao da bude narušen preprekama, jer reflektovanje o susedne objekte izaziva interferenciju usled višestruke propagacije. Takvi idealni uslovi ne postoje, jer uvek postoje objekti u blizini prenosne putanje od kojih se talas reflektuje. Na sreću, postoje metode za odredjivanje da li će refleksija ozbiljno ugroziti komunikaciju.

Matematičkim putem se može pokazati da li objekti koji leže unutar niza zamišljenih koncentričnih krugova oko pravca linije optičke vidljivosti izmedju dva primopredajnika imaju pozitivan ili negativan uticaj na komunikacije. Oni koji leže unutar prvog kruga, prve Frenelove zone su najopasniji. Prečnik ove zone se može izračunati korišćenjem formule u kojoj figurišu rastojanje izmedju dva primopredajnika, rastojanje tačke za koju se računa prečnik zone od svake stanice i radna frekvencija.

Da bi stekli osećaj o brojnoj vrednosti, razmatrajmo sistem u kome je rastojanje izmedju primopredajnika 10 km i frekvencija mikrotalasnog nosioca je 2.4 GHz. U ovom slučaju prečnik prve Frenelove zone na sredini izmedju dva primopredajnika iznosi 17.66 metara. Na radnoj učestanosti od 28 GHz, prečnik prve Frenelove zone se smanjuje na 5.17 metara. Prečnik se takođe smanjuje kada se tačka računanja pomera od središne tačke ka bilo kojoj od stanica (Slika 3).

Utvrđeno je da za prihvatljiv stepen gubitaka u komunikacijama ne treba da postoji prepreka u prečniku koji se dobija množenjem prečnika prve Frenelove zone faktorom 0.61, u bilo kojoj tački izmedju dva primopredajnika. Ako ponovo razmotrimo par primopredajnika koji radi na 2.4 GHz i na rastojanju od 10 km, pouzdana komunikacija zahteva da nema nikakvih objekata na sredini rastojanja u prečniku od 10.59 metara oko linije optičke vidljivosti. Na rastojanju od 1 km od svake stанице, međutim, ovaj faktor opada na 6.36 metara.

Bežične komunikacije na visokim frekvencijama su podložne uticajima klimatskih promena. Sezonske promene uslova refrakcije u atmosferskim slojevima kao i kiša utiču na slabljenje radio talasa i tako stvaraju uslove za feding usled višestruke propagacije.



Slika 3. Prva Frenelova zona, F1, koja obavlja putanje između dve mikrotalasne antene, ima oblik dva konusa spojenih baza. Za praktičnu primenu, za prihvatljiv stepen gubitaka u komunikacijama, zona R (crvena) sa prečnikom $0.61 \times F1$ treba da bude bez prepreka.

KIŠA I/ILI VIŠESTRUKA PROPAGACIJA

"Na frekvencijama 7 GHz i ispod, višestruka propagacija je dominantni efekat, dok na frekvencijama 15 GHz i iznad dominira uticaj slabljenja usled kiše", rekao je Roland Svensson, tehnički direktor, Wavetrace Inc., Bellevue, Wash., proizvodač opreme za bežični prenos i ekspert za proračun gubitaka u prostiranju. "Izmedju 7 i 15 GHz i višestruka propagacija i slabljenje usled kiše moraju biti uzete u proračun. Na sreću, verovatnoća da se ova dogadaja dogode istovremeno je mala, tako da mogu biti tretirani odvojeno."

Slabljenje usled kiše ili feding usled kiše, je funkcija intenziteta kiše i prečnika kapljica i ono raste skoro linearno sa frekvencijom u opsezima za fiksni bežični prenos. Za vreme jake kiše radio signali se apsorbuju ili se rasipaju na kapljicama, koje su obično elipsoidnog oblika sa dužim prečnikom u horizontalnoj poziciji. Slabljenje usled kiše u slučaju da su radio talasi polarisani horizontalno je veće nego u slučaju kada su polarisani vertikalno.

Proračun za konkretnu trasu koji uzima u obzir kišu velikog intenziteta u eksplicitnoj formi. Potrebne su statističke metode da bi se procenili najgori slučajevi i rezultati su više u formi gabarita neko tačnih vrednosti. Generalno, dva metoda se koriste za određivanje slabljenja usled kiše. Jedan je predložen od strane ITU, a drugi od strane R.K. Crane.

Ove metode klasificuju svet u kišne zone, od kojih je svaka definisana sa procentom vremena u kome intenzitet kiše prevazilazi određen broj milimetara/sat. Ove statističke karakteristike su predstavljene u formi dijagrama.

Obe metode se uveliko koriste u praksi. Drugi je konzervativniji ali pogodniji je za SAD, dok je prvi više primeren za uslove u evropskim zemljama.

Feding usled višestruke propagacije, ili selektivni feding je izazvan pojavom da atmosferski slojevi imaju različite indekse refrakcije. Ona se manifestuje pojavom uskopojasnog nepropusnika opsega (notch) koji se po-

mera dinamički po frekvencijskom opsegu primljene snage i može, zavisno od robustnosti prijemnika, izazvati značajne stepene bitske greške i čak dovesti do gubitka signala. Verovatnoća pojave selektivnog fedinga je linearna funkcija frekvencije, treći stepen rastojanja između dva primopredajnika i zavisi od okolnog terena.

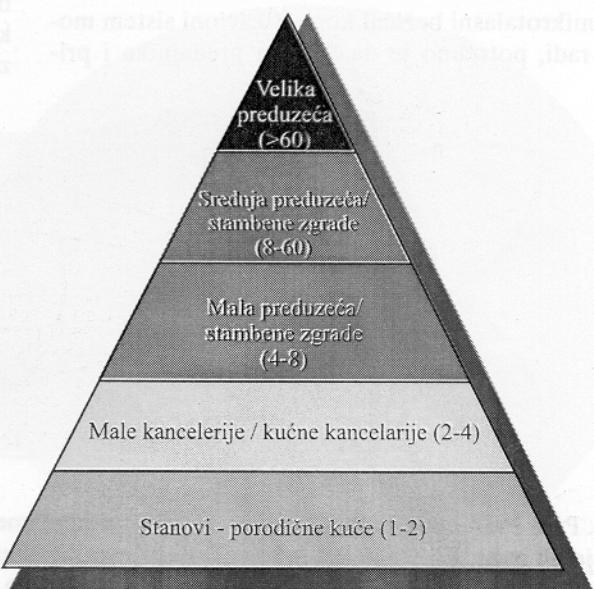
Nekada je moguće smanjiti uticaj selektivnog fedinga i na taj način povećati raspoloživost veze. Postoje tri metode koje se mogu koristiti: *prostorni diverziti*, u kome dve antene na medusobno razmaknute prenose istu poruku, *frekvencijski diverziti*, u kome se ista poruka prenosi na dve različite frekvencije u isto vreme ili *različite polarizacije*. Pod ovim okolnostima prijemnik mora da bude projektovan tako da izabere pouzdaniji signal i naravno da će to usložnjavanje dovesti do njegovog poskupljenja.

POGLED NA TRŽIŠTE

Trenutno se tržište za lokalne multipoint distributivne sisteme veoma brzo širi i očekuje se da će prevazići 2 milijarde dolara do 2003. Ova tehnologija već ima spektor potreban za širokopojasne sisteme i cena uvođenja nove tehnologije je umerena, mnogo manja od cene T1 linije, na primer. Zato se očekuje da će privući veliki broj kupaca.

Naravno, provajderi servisa vide velika preduzeća kao najprofitabilnije korisnike u smislu postignutog profita po investiciji. Postoji više kriterijuma prema kojima se određuje sistem koji najviše odgovara korisničkoj organizaciji, među njima su očekivani broj korisnika u skoroj i daljoj budućnosti, procenjeni broj korisnika ulogovanih na Internet u bilo koje vreme, prodajna cena, cena održavanja sistema i priroda terena na kome se primenjuje sistem.

Za provajdera servisa možda najvažniji faktor predstavlja cena dozvole za korišćenje dela spektra, osim ako se ne radi o ISM opsegu, u kome ne treba dozvola za rad. Na tržištu sistema za bežične komunikacije govori se o kompanijama koje kupuju dozvole i postaju nosioci dozvola za ove opsege.



Sl.4. Ova piramida sumira koliki kapacitet kanala (izražen u ekvivalentima govornog kanala 64 kbit/s) je potreban za razne korisnike lokalnog multipoint distributivnog servisa. Na dnu piramide su kuće sa jednom porodicom sa jednom ili dve telefonske linije. Na vrhu su velika poslovna preduzeća koja mogu zahtevati širokopojasne veze predstavljaju ekvivalent 60 linija.

Kako prodavci opreme i provajderi servisa vide tržište? Na frekvencijama reda GHz, nijedna oprema ne može da radi u svim opsezima, dizajn sistema veoma zavisi od radne frekvencije i dozvoljene predajne snage. Generalno važi da su sistemi složeniji na višim frekvencijama.

Umesto da se trude da razviju proizvode za što više frekvencijskih opsega, prodavci opreme se fokusiraju na jedan ili nekoliko opsega. Spike Technologies Inc. radi samo u dva opsega, oni prave opremu za 2.150 - 2.6810 GHz (MMDS) na SAD tržištu i 3.4 - 3.7 GHz WLL izvan SAD.

Wireless Inc. se koncentriše na WaveNet opremu u 2.4 GHz i 5.8 GHz ISM opsezima. Kao što je propisano oprema koristi frekvencijsko skakanje kao tehniku proširenog spektra i povezuje centralnu stanicu sa udaljenim stanicama. Centralne stanice emituju signal u opsezima 2.403 - 2.481 GHz i primaju na 5.770 - 5.848 GHz. Udaljene stanice emituju signal na 5.770 - 5.848 GHz i primaju na 2.403 - 2.481 GHz.

U opsegu oko 5.8 GHz radi malo stanica i time je smanjena mogućnost interferencije udaljenih terminala. Softver kompanije Wireless ima mogućnost da postavi veći prioritet govoru nad podacima, čime je omogućena stroga kontola kašnjena - osnova za uspešnu govornu komunikaciju.

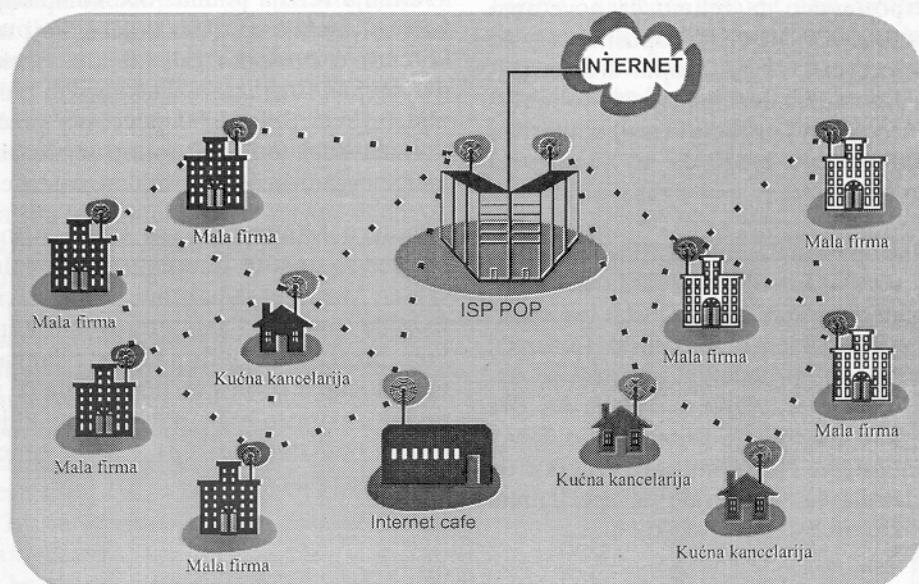
Harris Corp., Redwood Shores, Calif., je poznati proizvodjac point-to-point mikrotalasnih radio sistema. Nedavno su se udružili sa Wavetrace Inc., Bellevue, Wash., da zajedno stupe na tržište širokopojasnih bežičnih sistema. Proizvodi kompanije Wavetrace, koji rade u opsezima 2.4, 3.4 i 10.5 GHz, koriste tehniku dupleksa sa vremenskom raspodelom (TDD) da šalju i primaju poruke na istoj frekvenciji. Ovo rešenje povećava spektralnu efikasnost sistema. Zbog toga oni mogu da više puta koriste iste frekvencije u različitim sektorima.

Ericsson sa svojim američkim centrom u Richardson, Texas, poznat je po svojim proizvodima za mobilni radio, sada je ušao u oblast fiksnih bežičnih komunikacija u LMDS opsegu. LMDS sistem na 28 GHz koji je ova kompanija razvila zasniva se na monolitnim integrisanim kolima, koja su razvijena najpre za vojne primene u cilja minimizacije sistema.

CNT Brasil Ltd., Sao Paulo, nudi pristup Internetu koji je nazvan DirectNet, za stambene zgrade u gradu Sao Jose dos Campos. Grad ima milion stanovnika i udaljen je 90km od Sao Paula. Kompanija koristi 2.4 GHz ISM opseg, za koji ne treba dozvola u Brazilu. Zasnovan je na seriji opreme Symphony firme Proxim Inc., Sunnyvale, Calif. Pristup kičmi Interneta obezbedjen je od strane brazilske međugradske i međunarodne telefonske kompanije Embratel, koja je sada vlasništvo MCI WorldCom. DirectNet koristi Novel mrežni softver.

Glavni razlog za izbor Proxim opreme je taj što se sa njihovom opremom 10BASE-T kabl, koji dolazi sa krova zgrade, može direktno povezati na server privatne bežične mreže. Server čija je cena 400 dolara može da podrži osam PC računara, kojima su potrebne samo kartice za bežični modem. CNT Brasil je već instalirao antene na krovove 100 zgrada. Kabliranje unutar zgrade obaviće se optičkim kablovima ili paricama, zavisno od toga šta je pogodnije u konkretnoj realizaciji.

Velike multinacionalne firme su pokazale da bežična tehnologija može da reši problem u oblastima gde je potrebna komunikaciona infrastruktura previše skupa ili ne postoji. To je slučaj sa naftnom kompanijom Aramco, koja je trenutno u fazi instaliranja bežične mreže u Ras Tanoura, Saudi Arabia. Sistem je priozveo C-SPEC Inc., Dayton, Ohio. Bazna stanica mreže je na lokalnom aerodromu i pokriva površinu prečnika 5.3 km unutar koje su locirane Aramco rafinerije.



S1.5. U ovoj multi-to-multipoint bežičnoj konfiguraciji, Rooftop Communications Internet Operating System (IROS) obezbeđuje da su svi čvorovi sistema znaju za prisutnost ostalih čvorova i prenose informaciju napred i nazad od čvora do čvora, što je potrebno da bi paket stigao na svoje odredište. Jedan kraj svake putanje će neizbežno biti Internet POP server.

Čak i SAD, mnogo nisko budžetnih državnih škola i organizacija pronašli su da je isplativo rešenje bežično distribuiranje pristupa Internetu. Od trenutka kada se instalira bežična mreža nema više mesečnih računa za telefonsku liniju ili iznajmljenu širokopojasnu liniju. Ova rešenja su najčešće realizovana u ISM opsegu. Sve što im je potrebno je jedan pristup velike brzine do centralne tačke u njihovom sistemu.

Postoji nekoliko kompanija na tržištu koje rade u opsegu oko 38 GHz. Na toj frekvenciji, korisni spektar je 1400 MHz koji podržava bitsku brzinu od 155Mbit/s. To je mesto na tržištu pogodno samo za velika poslovna preduzeća ili konkurentne lokalne operatore i tek počinje da se koristi. Thomas Cheatham, HeliOss Communications, rekao je da "milimetarski spektar koji je po karakteristikama pogodan za ponavljanje iste frekvencije više puta, idealan je za gusto gradsko tržište u kome su veze malog dometa (2-3km)". HeliOss namerava da se izbori za glavno mesto na tržištu u SAD, dok takodje, ova kompanija proizvodi opremu za druge frekvencijske opsege koji se koriste u Evropi.

P-Com North America, Campbell, Calif., je medju retkim kompanijama koje se fokusiraju na point-to-point bežične komunikacije koje se koriste uglavnom za proširenje lokalnih mreža ili povezivanja sa kičmom Interneta. Proizvodi ove firme su, izmedju ostalih, bežični linkovi koji mogu da rade do DS-3 (45Mbit/s).

RAZGOVARANJE

Kod point-to-point i point-to-multipoint sistema, koji su razmatrani do sada, jedna antena "razgovara" sa drugom antenom. Kada se jednom uspostavi RF komunikacija na fizičkom nivou, informacija se prenosi po poznatim, uveliko poznatim protokolima na nivoima data linka, mrežnom nivou i ostalim hijerarhijski višim nivoima. Ali, pretpostavimo da želimo da povećamo domet bežičnog sistema tako što ćemo dopustiti da svaki primopredajnik "razgovara" sa bilo kojim drugim primopredajnikom u sistemu? Takav multipoint-to-multipoint sistem bi zahtevao svoj protokol i svoj operativni sistem tako da informacija može da se automatski usmerava na pravo odredište.

Global Mobile Information Systems (GloMo) ulaže 70 miliona dolara u standardizaciju protokola na nivou pristupa u bežičnim komunikacijama. Oni su sponzorisani od strane U.S.Defence Advanced Research Projects Agency (Darpa). U početku, projekat se odnosio na mobilne primopredajnike u vojsci. Ali ova tehnologija se pojavila i u civilnoj primeni, kao fiksani bežičan pristup Internetu. Nekoliko univerziteta i istraživačkih organizacija su saradjivale na specijalnim projektima pod pokroviteljstvom GloMo.

Jedan od GloMo projekata je Wireless Internet Gateways (Wings). Rooftop Communications Corp., Mountain View, Calif. i University of California, Santa Cruz, saradjivali su na razvoju aplikacionog programskega interfejsa (API) koji bi dozvolili proizvodjačima softvera i hardvera da sklapaju sistem digitalnih radio modema prema specifičnim zahtevima. Ovo okruženje je jedinstveno u bežičnom svetu.

U multipoint-to-multipoint bežičnom okruženju, postoje višestruki logički linkovi izmedju jedne primopredajne tačke i njenih susednih tačaka u sistemu. Svaki od ovih linkova izmedju dve tačke može imati različite karakteristike, kao što su predajna snaga, brzina podataka, i pouzdanost. Svi ovi faktori pozivaju na novi prilaz problemu fizičkog pristupa medijumu i mrežnih protokola. Wings, arhitektura nove generacije, pokušava da formalizuje ove nove module protokola, funkcije svakog od njih i način na koji se mogu razmenjivati informacije izmedju modula.

Iskustvo dobijeno u GloMo projektu Wings omogućilo je da Rooftop pokrene svoj komercijalni Internet radio operativni sistem (IROS). Rooftop-ov Spirit Internet Radio sa implementiranim IROS, radi u 2.4 GHz ISM opsegu. U Spirit okruženju svi čvorovi mreže imaju iste karakteristike primopredajnika. Međutim, najmanje jedan od čvorova je povezan na kičmu Interneta pristupnom linijom velike brzine. Rooftop zove ovaj čvor Airhead.

Svi čvorovi sistema znaju za prisutnost ostalih čvorova i prenose informaciju napred i nazad od čvora do čvora (Slika 5). Ovo je suština IROS sistema. Jedan Airhead može opslužiti 10-15 klijenata i održati prihvatljiv protokol podataka. Nominalna brzina linka je u svakom smeru 1 Mbit/s, iako realan protokol može biti nešto manji. Takodje je moguće koristiti bilo omnididirekcione ili direkcione antene.

Jeftinija verzija ponude ove kompanije je Spirit2000, koji se prodaje za 2000 dolara, koji može da opsluži klijente u prečniku od 4.5 km. Svaki od klijenata, uključujući i Airhead zahteva jedan radio uredaj. Skuplje rešenje Spirit4000 povećava prečnik na 15 km. Ponuda koju je dao Rooftop može biti atraktivna za manje organizacije i provajdere Internet servisa.

Škole u Mountain View i Los Altos koriste Spirit sisteme za pristup Internetu. Regionalni Intrenet provajder, Meer.net sa bazom u San Francisco Bay oblasti, kaže da ima četiri zainteresovanih kupaca za opremu koju proizvodi Rooftop. John Giannandrea, direktor tehnologije u Meer.net, očekuje da će prodaja bežične opreme porasti kada potencijalni klijenti uvide prednosti bežičnog pristupa i kada cene radio opreme počnu da opadaju.

Tekst je prevod članka pod naslovom *Fixed Wireless Routes for Internet Access*, objavljenog u časopisu IEEE SPECTRUM od septembra 1999., str. 61-69.(Tekst prevela Dragana Perić, dipl. ing.)