

Bežične komunikacije preko satelita: sistemi za personalne / mobilne komunikacije i računarske komunikacije

Tulin E. Mangir, pH. D.

California State University, Long Beach i TM Associates

"Nemoguće je postaviti granice bežičnog prenosa"
- Guglielmo Marconi (1932)

Prema mišljenjima stručnjaka, više od polovine telekomunikacija u Severnoj Americi biće bežično do 2000. godine. Mesto žice u zidu neće više određivati odakle možemo telefonirati, poslati faks, pročitati svoju elektronsku poštu ili pokrenuti aplikacioni program u novom svetu personalnih i mobilnih računarskih komunikacija. Pozivi će ići ka ljudima, ne ka mestima. U budućnosti, kada budu postojali savršeni interfejsi između različitih sistema, svakom će biti potreban samo jedan broj. Moći ćemo da uputimo telefonski poziv svakome, u svako doba. Ovo je motivacija za tržište "bežičnih personalnih komunikacija i mobilnih računarskih komunikacija" koje se naglo proširuje.

Bežično okruženje sastoji se od puno aplikacija i proizvoda kojima se obezbeđuje ogromno poslovno i korisničko tržište, a koje moraju da odgovaraju stalnim promenama u metodama rada i stilu života. Takođe, postoji zahtev za povećanom produktivnošću. Tehnologija se usavršava drastičnom brzinom. Nove kombinacije hardvera i softvera sa većim mogućnostima, manji kompjuteri, manji radio uređaji, manje antene, bolje mreže i bolje međumrežno povezivanje podstiču ovu ekspanziju.

Sateliti pružaju mnogostrukе načine obezbeđivanja bežičnih interaktivnih uluga prenosa podataka, usluga mobilnih komunikacija, usluga video emitovanja i širokopojasnih usluga. Dva važna trend-a rastuća potreba za mobilnim komunikacijama i potreba za pristupom na Internet nameću temu dvosmernih komunikacija preko satelita.

Sateliti prenose pozive preko okeana i do predela u kojima infrastruktura ne raspolaže zemaljskim vezama. Drugi satelitski sistemi emituju program (zvuk i video) milionima gledalaca. Sateliti, takođe, mogu obezbediti satelitske veze personalnim računarima, oslobađajući ih ograničenja koje nameće telefonska mreža, kablovska televizija ili drugi bežični načini prenosa, a može da ponudi i mogućnost dvosmernih interaktivnih servisa.

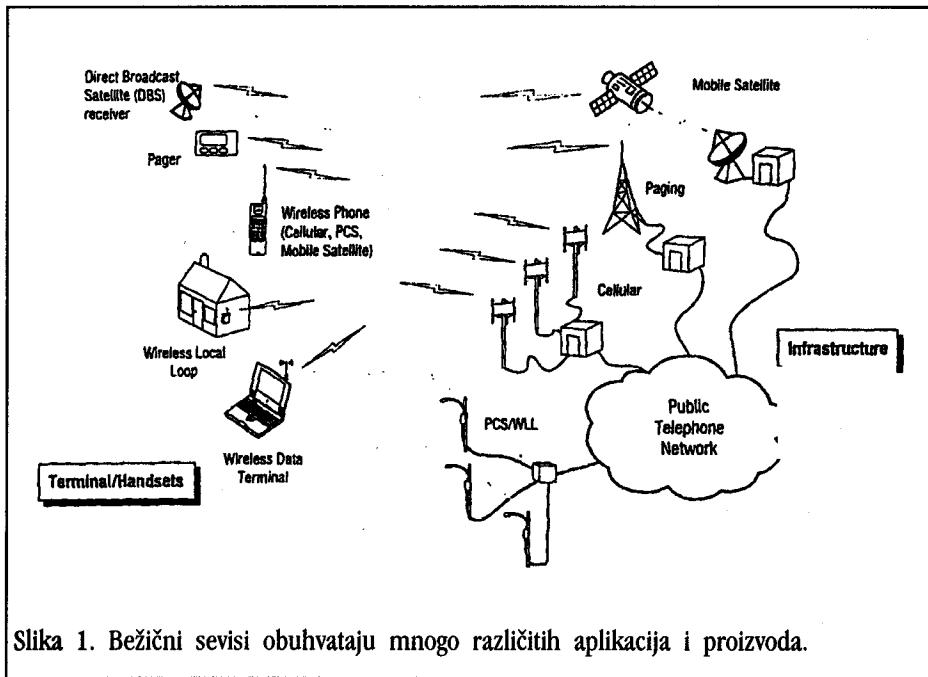
Iako bi mobilni satelitski sistemi obezbedili bežičan pristup mestima bez "žične" infrastrukture, iako obećavaju najveću fleksibilnost sa stanovišta pristupa korisnika, mobilnosti korisnika i višekorisničke usluge za interaktivni dvosmerni prenos podataka i govora, ova tehnologija otvara pitanja koja zahtevaju dalja

razmatranja i nova rešenja. U oblasti satelitske tehnologije, ovo uključuje razvoj i ostvarenje digitalnih satelitskih podsistema, fleksibilne i lako usmerljive antene i naravno, pouzdane lansirne platforme i pouzdanu operaciju lansiranja. U oblasti komunikacija i mreža, tekuća pitanja su međusobna kompatibilnost različitih standarda, kompleksnost obezbeđivanja mogućnosti "lutanja korisnika" po mreži, i pitanje čekanja pri korišćenju TCP/IP protokola (transmission control protocol / Internet protocol), na kome se bazira prenos Internet poruka. Problem čekanja, koji obuhvata vreme slanja i vreme propagacije poruke na up-linku i down-linku satelitske veze, sa ili bez više deonica, može ograničiti maksimalnu brzinu satelitskog pristupa Internetu sa sadašnjim TCP/IP protokolom. Glavni razlozi su u vremenu čekanja pri slanju i propagaciji u satelitskoj vezi, a takođe i u prirodi TCP/IP protokola koji se zasniva na potvrđi prijema (acknowledgement). U toku su istraživanja u raznim centrima, uključujući i NASA-u i razne univerzitete, koja za cilj imaju razvoj alternativnih protokola i minimizaciju vremena čekanja i proizilazećeg gubitka u brzini prenosa informacija.

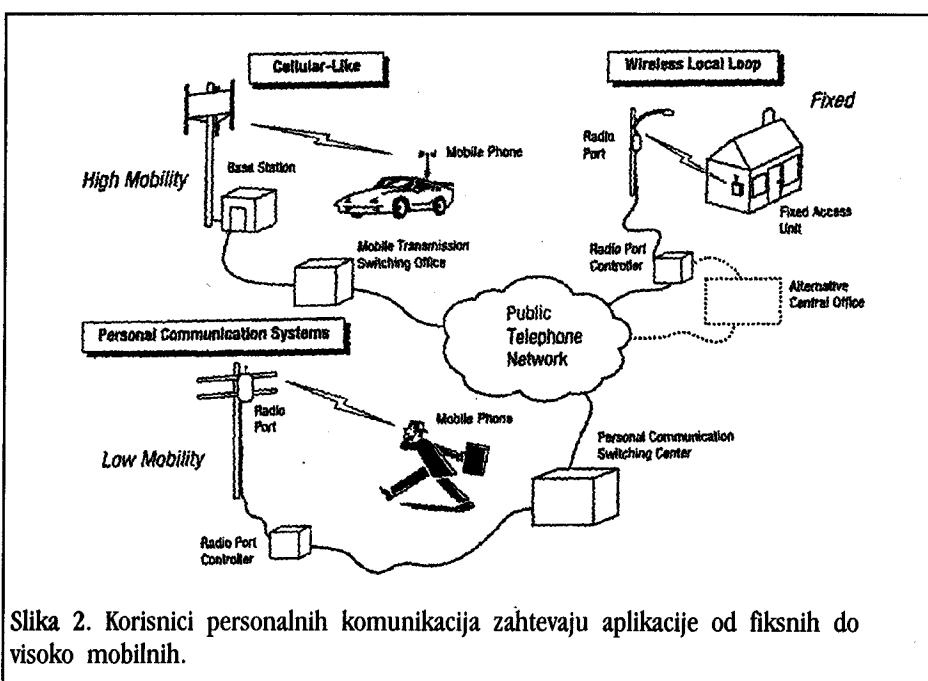
U ovom radu je dat pregled zahteva i spektra bežičnih aplikacija za bežične/personalne komunikacije i računarske komunikacije i opisani su današnji sistemi razvijeni za globalne personalne komunikacije. Ovaj rad, takođe, govori o interfejsu između satelitskih i celularnih komunikacija, o tehničkim i tržišnim pokazateljima. Dato je poređenje predloženih i registrovanih LEO/MEO satelitskih sistema za mobilne personalne komunikacije.

Pregled aplikacija u personalnim komunikacijama

Mnogo različitih aplikacija i proizvoda u bežičnom okruženju čine ogromno poslovno i korisničko tržište [24] (slika 1) koje mora da odgovaraju na stalne promene u metodama rada i stilu života i na zahtev za povećanom produktivnošću. Ovu ekspanziju podstiču nove kombinacije hardvera i softvera sa većim mogućnostima, manji kompjuteri, manji radio uređaji, manje antene, bolje mreže, bolje



Slika 1. Bežični sevi obuhvataju mnogo različitih aplikacija i proizvoda.



Slika 2. Korisnici personalnih komunikacija zahtevaju aplikacije od fiksnih do visoko mobilnih.

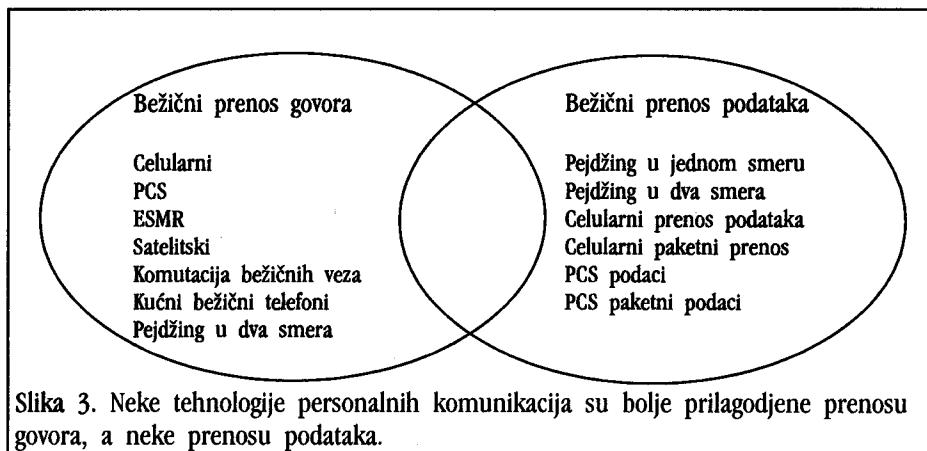
medumrežno povezivanje i tehnologija koja se razvija dramatičnom brzinom.

Personalne komunikacione aplikacije mogu biti fiksne, manje mobilne i vrlo mobilne aplikacije. Na nekom nivou sve imaju interfejs ka javnoj telefonskoj mreži, bilo da se prenose zemaljskom ili satelitskom bežičnom mrežom, kao što je ilustrovano na slici 2.

Fiksne aplikacije se u osnovi obezbeđuju kućama i kancelarijama kroz bežičnu lokalnu petlju preko radio portova. One su celularnog tipa, a aplikacije visoke mobilnosti zahtevaju bazne stanice koje uspostavljaju vezu preko javne mreže koristeći njenu komutaciju. Personalni komunikacioni sistemi

male mobilnosti povezuju se na javnu telefonsku mrežu preko radio portova i nekog komutacionog centra za personalne komunikacije.

Tip informacija koje se prenose obuhvata bežični prenos govora ili bežični prenos podataka. Slika 3 pokazuje da tip komunikacija diktira najprikladniju tehnologiju. Razvoj sistema u kojima govor i podaci mogu biti poslati na velikim rastojanjima koristeći jedan tip tehnologije je najperspektivnija oblast i zahteva inovativnu tehnologiju.



Bežične mreže za prenos podataka

Tip tehnologije za bežični prenos pogodan za različite tipove prenosa govora i podataka zavisi od prirode podataka i rastojanja na koja se šalju. Na slici 4 su prikazani tipovi bežičnih mreža za prenos podataka različitog tipa, od lokalnog do globalnog pokrivanja. Na slici 5 su klasifikovane opcije za bežični prenos podataka po karakteristikama, mogućnostima interaktivnih servisa, pokrivanju i raspoloživosti, pokazujući i predstavnika sistema za svaku kategoriju. Među svim opcijama, satelitske mreže pružaju najveću mogućnost obezbeđivanja direktnе satelitske veze personalnim kompjuterima, što bi ukinulo ograničenja koja pogadaju telefoniju, kablovsku televiziju i druge načine bežičnog prenosa.

Sateliti, takođe, prenose pozive preko okeana i do oblasti gde infrastruktura nema dovoljno zemaljskih veza. Ostali emituju televizijski program milionima gledalaca.

Mobilni satelitski servisi

Superiornost prekookeanskog optičkog kabla na ekonomskom planu i u pogledu perfomansi, posebno zbog malog kašnjenja, je potisnula satelite iz internacionalne i mobilne telefonije od oko 1988. Međutim, zemaljske mreže nikada neće dostignuti pokrivanje i mogućnost "lutanja korisnika" sistema baziranih na primeni satelita.

Sateliti u geosinhronoj orbiti (GEO) pružaju široko komunikaciono pokrivanje. Međutim, u nekim slučajevima, kašnjenje može biti ograničavajući faktor za visok kvalitet u dvosmernim interaktivnim govornim komunikacijama (slika 8). Spot jednog satelita, ili njegova površina pokrivanja, može biti trećina površine Zemlje (na primer AMSC u Tabeli 1.). Za razliku od žičnih telefonskih servisa, cena satelitskih servisa ne zavisi od rastojanja. Sateliti su pogodni za distribuiranje video signala stanicama koje emituju

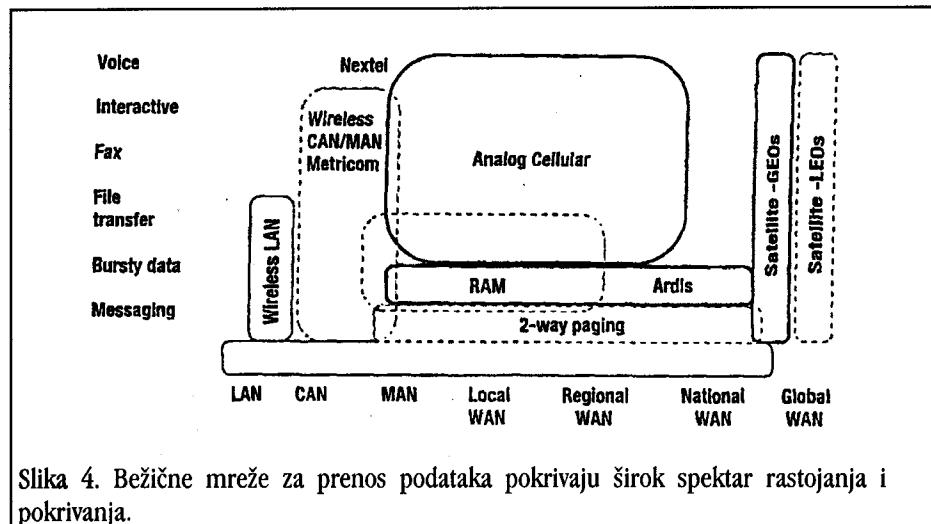
program, za prenos TV signala direktno do domova i za usmeravanje prenosa podataka od centra mreže ka udaljenim mestima privatne mreže. Oni su jedinstven način da se obezbede mobilni telefonski servisi za brodove, avione, kamione i individualne mobilne telefone. U zemljama gde je neadekvatna ili stara infrastruktura, sateliti pružaju idealan način da se dobiju mogućnosti modernih komunikacija. Takođe, u slučaju prirodne katastrofe, sateliti mogu brzo povratiti sistem komunikacija.

Očigledna je sve važnija uloga satelitskih komunikacija jer se javlja sve više zahteva za satelitskim servisima. Povećan broj zahteva pokazuje povećanje aplikacija kao i unapredenu efikasnost servisa.

Povećan interes za dvosmerne komunikacije i pristup Internetu takođe utiče na potrebu za satelitima. Sateliti pružaju mnogo načina da se obezbede bežični interaktivni servisi sa digitalnim podacima, servisi u mobilnim komunikacijama, u video-emitovanju i širokopojasni servisi.

U oblasti bežičnih interaktivnih servisa za prenos podataka, podaci se prosleđuju down-linkom od satelita na odredište, zamenjujući telefonski prenos online video signala i podataka. Trenutno je povratna veza još uvek kroz telefonske linije i znatno je sporija nego down-link. Međutim, u interaktivnom okruženju većina informacija se šalje u downlink smeru od provajdera ka korisniku. Samo deo informacije ide u suprotnom smeru. Dakle, za neke aplikacije sporiji prenos u povratnom putu može biti prihvatljiv.

Još jedna usluga, za koju se očekuje da će biti raspoloživa do 2000. godine je prenos širokopojasnih podataka bez pristupa telefonskoj infrastrukturni velikih protoka, već korišćenjem "propusnog opsega na zahtev" koncepta (BOD-Bandwidth on Demand). Ključna stvar kod ovog principa je moćni procesor na letelici. Njegove mogućnosti su, na primer, prenos video signala ili projekcija na ekranima koji se nalaze na nekoliko lokacija za vreme video konferencije. Prenosi se takođe



Slika 4. Bežične mreže za prenos podataka pokrivaju širok spektar rastojanja i pokrivanja.

	Dvosmerni prenos	Mogućnost prenosa govora	Mogućnost interaktivnih aplikacija	Raspoloživost	Pokrivenost teritorije SAD
Analogne celularne mreže	x	x	x	postoji	98%
Pejdžing	x			1-smer postoji 2-smerni počinje	95%
Digitalni paketski prenos podataka u celularnim mrežama	x			postoji	33%
Prenos podataka u mobilnom sistemu RAM	x			postoji	urbane teritorije
ARDIS	x			postoji	urbane teritorije
Poboljšani mobilni radio prenos sistemom Nextel	x	x	x	postoji	minimalna
Satelići u geostacionarnim zemaljskim orbitama	x			postoji	100%
Satelići u niskim zemaljskim orbitama	x	x	x	1998	100%
Iridium, Globalstar, Campus i gradska mreža Metricom	x		x	postoji	San Francisco Bay

Slika 5. Poređenje načina bežičnog prenosa podataka za različite tehnologije

i prateći zvuk. BOD izbegava dodeljivanje konkretnih kanala konkretnom korisniku. Ovaj servis može se koristiti za primene kakve su telemedicina, interaktivno učenje na daljinu, umrežavanje kompjutera i pristup na on-line digitalne servise. Terminal može takođe da prima direktno emitovanje TV programa preko male antene prečnika 18-26 inch-a (Ultra Small Aperture Terminal USAT).

Mogućnosti komunikacionih satelita mogu biti iskorišćene za mobilne komunikacije u kamionima, automobilima, avionima i brodovima, kao i za pomorske komunikacije. Ocijeno je da će za deset godina više od 13 miliona korisnika širom sveta moći da dobiju satelitske telekomunikacione servise koristeći džepne telefonske aparate. Ovi telefoni bi trebalo da imaju mnogobrojne interfejsne prema komunikacionim mrežama celularnog tipa koje se sada koriste.

Tabela 1. Poređenje pokrivanja konstelacija različitih satelitskih komunikacionih sistema.

Program	Visina [km]	Visina [milje]	Opseg [km]	Pokrivanje [km ²]	Zastupljenost
IRIDIUM	755	469	2,273	1,911,471.56	2.52
Konstelacija	1,000	621	2,763	18,021,088.91	3.53
Globalstar	1,390	864	3,463	24,951,001.69	5.08
Radius Zemlje	6,378.39	3,963.34	9,995	93,031,683.77	18.2
Odyssey	10,370	6,444	14,418	120,060,298.53	23.48
8 Hour	13,892	8,632	18,165	135,409,968.78	26.49
AMSC	35,859	22,282	40,660	1,742,90624.75	34.09

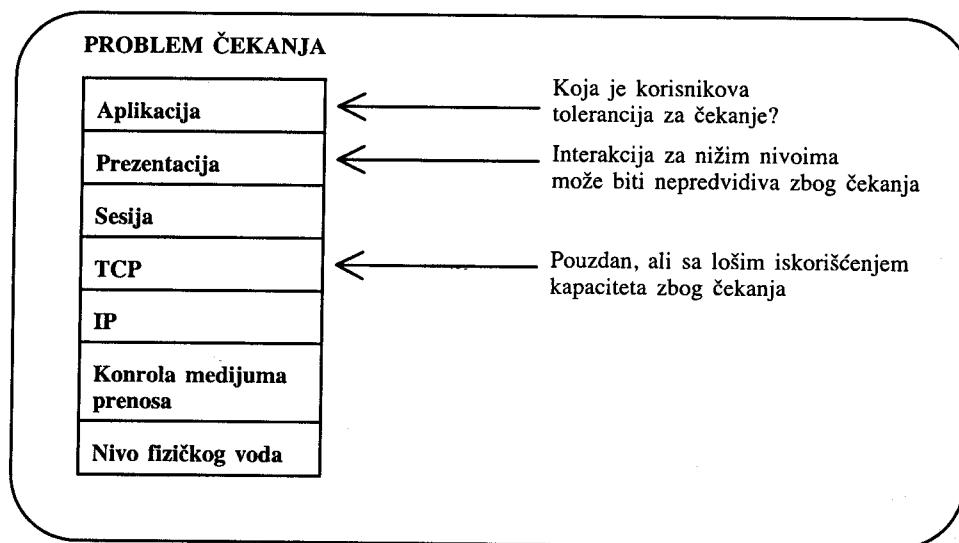
Satelitski pristup Internetu

Sateliti mogu da obezbede priključak korisniku (širokopojasni down-link i uskopojasni povratni kanal putem telefonske linije/zemaljskih veza), mogu da obezbede up-link serverima i mrežnim provajderima (mnogo širokopojasnih up-linkova za servere i nekoliko širokopojasnih down-linkova). Ovi sistemi mogu da obezbede pristupe mobilnim korisnicima na Internet sa mogućnošću višekorisničkih servisa koje trenutno obezbeđuju specijalizovani centri u Internet mreži.

U svim slučajevima moraju da se prouče karakteristike satelita da bi se uverili da je kašnjenje usled prenosa signala i usled protokola koji se koriste za date komunikacione mreže unutar prihvatljivih granica za tu aplikaciju. Vreme prenosa je bitan parametar za svaku aplikaciju čije ukupne mogućnosti zavise od interaktivnosti korisnika ili terminala. Govor, podaci u govornom opsegu, digitalni podaci, video telefonija ili interaktivne igre su aplikacije koje mogu zahtevati aktivnost korisnika ili karakteristike terminalne opreme koje menjaju osetljivost na kašnjenje usled prenosa. Pošto mrežni i servisni

provajderi ne mogu menjati karakteristike vremena prenosa, niti prenosni medijum između dve mreže, neke veoma interaktivne aplikacije mogu biti degradirane kašnjenjima reda 100ms (ITU-T Rec. G.114). Usvojeno je da je prihvatljivo kašnjenje prenosa u jednom smeru za većinu aplikacija od 150ms do 400ms. Poznato je, takođe, da za govornu interakciju kašnjenja veća od 300ms ometaju komunikaciju, stvaraju zabunu i povećavaju vreme rešavanja problema. Dok su veća kašnjenja neprihvatljiva za planiranje mreže, takođe je poznato da kada je potrebno više deonica između satelita (satelit-satelit ili satelit-Zemlja) mogu se pojaviti i kašnjenja veća od 400ms i sa LEO (Teledesic i Iridium) i sa GEO satelitima (sistem Spaceway kompanije Hughes). Za pristup Internetu, kašnjenje satelita unosi probleme na tri nivoa u ISO modelu nivoa protokola (slika 6).

Na TCP nivou, kašnjenje može prouzrokovati neefikasno korišćenje datog spektra. Ovo je zato što je protokol na TCP nivou orientisan ka priključku i zahteva potvrdu (acknowledge) signala od prijemnih kompjutera da bi se potvrdilo da su poruke primljene



Slika 6. Vrema čekanja može ograničiti širokopojasni satelitski pristup na protok TCP/IP mreža.

ispravno. Kada ove poruke zakasne, brzina slanja podataka opada do brzina koje degradiraju performanse dela zemaljske mreže i celokupne performanse mreže su značajno ugrožene. U skorim eksperimentima koje je vršila NASA sa GEO satelitima, optičke linije na Zemlji protoka 155Mbit/s su usporene na 10Mbit/s kada su umrežene sa satelitskom komunikacionom mrežom. LEO sistemi, kao što je Teledesic, u nekim konfiguracijama mogu imati slične problema. Potrebno je još istraživanja pre nego se ostvare očekivanja koje nudi satelitska tehnologija da bi se povećao domet kompjuterskih mreža do udaljenih lokacija u domenu Interneta.

Nivo prezentacije i nivo sesije obezbeđuju vezu između nivoa aplikacije i TCP nivoa. Kašnjenja na TCP nivou mogu prouzrokovati probleme kada se prebacuje sa jedne aplikacije na drugu i mogu uneti nepouzdanošć. Na nivou aplikacije, kašnjenje izaziva neprihvatljive performanse za korisnike, posebno za interaktivne aplikacije.

Satelitski komunikacioni sistemi

Prednosti satelitskih komunikacija bi trebalo da se prošire na korisnike u svim delovima sveta u 1990-tim, kroz korišćenje malih, jeftinih i jednostavnih zemaljskih stanica za dvosmerni prenos (govor i podaci) i jednosmerni prenos (video, podaci). Dok su raniji satelitski sistemi bili dizajnirani i realizovani koristeći C i S opsege za komunikaciju, sa satelitima u geostacionarnim orbitama (GEO), komunikacije u Ka opsegu sa korišćenjem VSAT (Very Small Aperture Terminal) su omogućile

Ponuđene su konstrukcije za nekoliko satelitskih sistema koje bi obezbedile globalne komunikacije mobilnim korisnicima koristeći grupe manjih, jednostavnijih satelita u nisko-zemaljskoj orbiti (LEO) i srednje zemaljskoj orbiti (MEO) [4,5,7,10,12,19-23]. Osnovne karakteristike i frekvencije up-linka i down-linka za satelitske opsege nabrojane su u Tabeli 2. Tabela 3 pokazuje planirane komunikacione satelite u Ka opsegu, koji su trenutno predloženi ili se trenutno razvijaju. Tokom protekle dekade, nekoliko kompanija pokušava da proširi telefonske servise u svemir. Globalstar, Odisej, IRIDIUM i ICO planiraju da lansiraju satelite koji će obezbediti globalnu telefoniju i slične servise. To su individualne i dvosmerne komunikacije. Međutim, ovi sistemi ne obezbeđuju širokopojasne servise. Oni prenose mnogo poziva u niskim protocima (tipično 2400 bit/s). Nasuprot njima, sateliti koji emituju program, kao oni koji se koriste u digitalnoj televiziji, imaju širok opseg, ali po cenu nepostojanja individualnih kanala i dvosmernih komunikacija. Oni jednostavno emituju jedan ogroman snop podataka na veliku površinu Zemlje.

Satelitska industrija razvija komercijalne satelitske sisteme za obezbeđivanje mobilnih komunikacija personalnim terminalima (telefonima). Obezbeđivanje mobilnih satelitskih servisa je u osnovi različito od fiksnih satelitskih servisa koje vrše geostacionarni sateliti. U fiksnim servisima, zemaljske antene zahtevaju čist put od korisnika do satelita. Mobilni korisnici u zemaljskom okruženju mogu biti blokirani preprekama u vidu vegetacije, terena ili zgrada. Tokom godina, komunikacioni sateliti su postajali veći i složeniji, dopuštajući zemaljskim

Tabela 2. Frekvencijski opsezi za satelitske komunikacije.

Opseg	Uplink (GHz)	Downlink (GHz)
C	5.9-6.4	3.7-4.2
Ku	14-14.5	11.7-12.2
Ka	30	20

C-opseg

- Imun na atmosferske smetnje
- Radi u istom opsegu kao i zemaljske mikrotalasne veze

Ku-opseg

- Minimalna interferencija od zemaljskih mikrotalasnih veza
- Koristi se samo za komunikaciju satelita sa Zemljom
- Signali su osetljiciji na atmosferske smetnje nego signali iz C-opsega

Ka-opseg

- Najnoviji opseg otvoren za satelitske komunikacije

telekomunikacije u delovima Sjedinjenih Američkih Država i sveta gde telekomunikacione mreže nisu postojale ili nisu bile isplative.

antenama da postanu manje i jeftinije. Do skora, satelitski komunikacioni servisi zahtevali su teške i skupe terminale. Cena i veličina ovih terminala ograničila je pristup komunikacijama preko satelita.

Terminali sa malom aperturom (VSAT) dozvolili su razvoj hibridnih sistema sa zemaljskim mrežama za poslovne, komunikacione mreže, telekonferenciranje i planiranje aktivnosti u slučaju iznenadnih katastrofa [1,2,8,9]. Za personalne komunikacije, međutim, dalji razvoj ručnih terminala, komunikacionih protokola i kompatibilnih standarda za stalno pokrivanje je neophodan. Dodatno, cena je bitan faktor za razvoj i prihvatanje personalnih komunikacionih sistema baziranih na primeni satelita. Nesvakidašnji napredak u

mikroelektronskoj RF tehnologiji za antene i elektronske komponente i jeftinije letilice velikih performansi, omogućile su masovni pristup komunikacijama baziranim na primeni satelita. Male stanice personalnih komunikacionih satelita mogu biti spakovane u veličinu ručnog telefona. Ovi terminali mogu da se proizvode po ceni od samo \$300, a prodaju po \$500. Masovna ponuda takođe obara cene, tako da se one bliže cenama celularnih servisa.

Tabela 3. Satelitski sistemi - planirani i u razvoju za komunikacije u Ka opsegu učestanosti.

Kompanija/sistemi	Orbitalni slotovi (step.)	Broj slotova	Plan postavljanja konstelacije	Pokrivenost
AT&T VoiceSpan	103, 93, 92, 54 1W, 42, 116E	12	2000 do 2002	Sev. Amerika, Juž. Amerika, Južnoafrička Republika, Evropa, Azija/Indija, Azija/Australija
EchoStar Echostar Ka	119, 85W	2		S.A.D.
GE Americom GE Star	106, 82, 16W 38, 108E	9		Sev., Juž., Centr. Amerika, Karibi, Evropa, Azija, Zapadni Pacifik
HCI Galaxy-SpaceWay	25, 36, 41, 54 101, 110, 125 149, 164, 173E 101, 99, 67, 49W	20	1998 do 2004	
Lockheed-Martin Astrolink	96W, 37, 115, 29W, 168E	9	1999 do 2002	Amerika, Evropa/Afrika, Ist. Azija/Australija, Atlantik, Okeanija
Loral Aerospace CyberStar	110W, 29.5E 105.5E	3	1999 do 2002	Evropa, Azija, Kontinentalni deo S.A.D.
Morning Star Co. Morning Star	107.4E, 65.5W 30E, 148W	4		S.A.D. Jugoist. Azija, Evropa, Indija, Karibi, Juž. Afrika, Meksiko
Motorola Milennium	105, 103, 88, 86W	4	1998 do 2001	Kont. deo S.A.D., Karibi, Sev., Juž., Centr. Amerika
Netsat 28 DBXSAT	103W	1		
Orion	37.5, 47, 12, 127, 83, 58, 79W 126, 78E	8	1999 do 2000	Atlantik
PAS PAS 10/11	58N, 79W	2	1995 do 2000	Inter-regional. S.A.D., Latinska Amerika, Evropa, Zap. Afrika
TRW Odyssey	MEO	12	1991 do	Globalna (samo feeder link)
Teledesic Vision Star	LEO 105W	840 1	1998	Globalna Kontinentalni deo S.A.D.
Ka Star	93W i/ili 119W	1-2		S.A.D.

Korisničke potrebe i kriterijumi

Masovni komunikacioni sistemi moraju da zadovolje sledeće kriterijume da bi bili uspešni:

- Jefitno korišćenje servisa i jefitni personalni terminali (telefoni)
- Prednosti ručnog telefona i njihova dobra ponuda
- Pouzdanost sa malom verovatnoćom gubitka poziva i velikom verovatnoćom uspostavljanja veze
- Visok kvalitet komunikacija sa prihvatljivim vremenom kašnjenja i prihvatljiv kvalitet prenesenog govora

Cene

Potražnja servisa raste sa opadanjem njihovih cena. Istraživanja pokazuju da se cene komunikacionih servisa baziranih na primeni satelita smatraju prihvatljivim, ako su uporedive ili ne mnogo više od cena celularnih usluga. Novi pristupi u satelitski baziranim personalnim komunikacionim sistemima moraju koštati manje nego u postojećim sistemima. Ako je cena servisa prevelika, sistem neće privući dovoljno korisnika da bi uspeo. Cena investicija po potrošaču za buduće personalne komunikacione sisteme mora biti porediva sa cenom investicija po potrošaču za buduće zemaljske sisteme bazirane na celularnim mrežama. Celularni telefoni sada koštaju od \$100-\$1000 pri čemu operatori tarifiraju krajnje korisnike.

Vreme kašnjenja

Značajan faktor za komunikacione sisteme bazirane na primeni satelita je vreme kašnjenja. Ako su kašnjenja iznad 300ms, (vreme interakcije za učesnike u komunikaciji bi bilo oko 600ms), došlo bi do preklapanja govora i konfuzije. Vreme kašnjenja se sastoji iz kašnjenja zbog propagacije i kašnjenja zbog ostalih faktora, kao što su kompresija i dekompresija u vokoderu, procesiranje i kašnjenje pri transmisiji unutar zemaljske mreže. Za satelite u LEO, kašnjenje zbog propagacije je reda 10ms. U MEO, kašnjenje je reda 80ms i u GEO orbiti oko 250-270ms. Ostala kašnjenja zbog procesiranja i transmisije su reda 80-100ms za regionalne pozive i 140-180ms za internacionalne pozive. Kad se sva kašnjenja uzmu u obzir, komunikacioni sistemi bazirani na GEO satelitima mogu biti kritični za kvalitet zbog vremena kašnjenja.

Sadašnji i predloženi satelitski komunikacioni sistemi

Trenutno su predstavljena tri tipa satelitski baziranih komunikacionih sistema. Osnovna razlika među njima je u visini na kojoj se nalaze satelitske orbite u odnosu na Zemlju (Tabela 1).

GEO- Geostacionarni satelitski sistemi imaju nekoliko satelita koji pokrivaju Zemlju. Sateliti orbitiraju na visini od oko 36000km i samo tri su dovoljna da obezbede globalno pokrivanje. Postojeći satelitski sistemi i oni koji se postavljaju najskorije, koriste satelite u GEO orbitama.

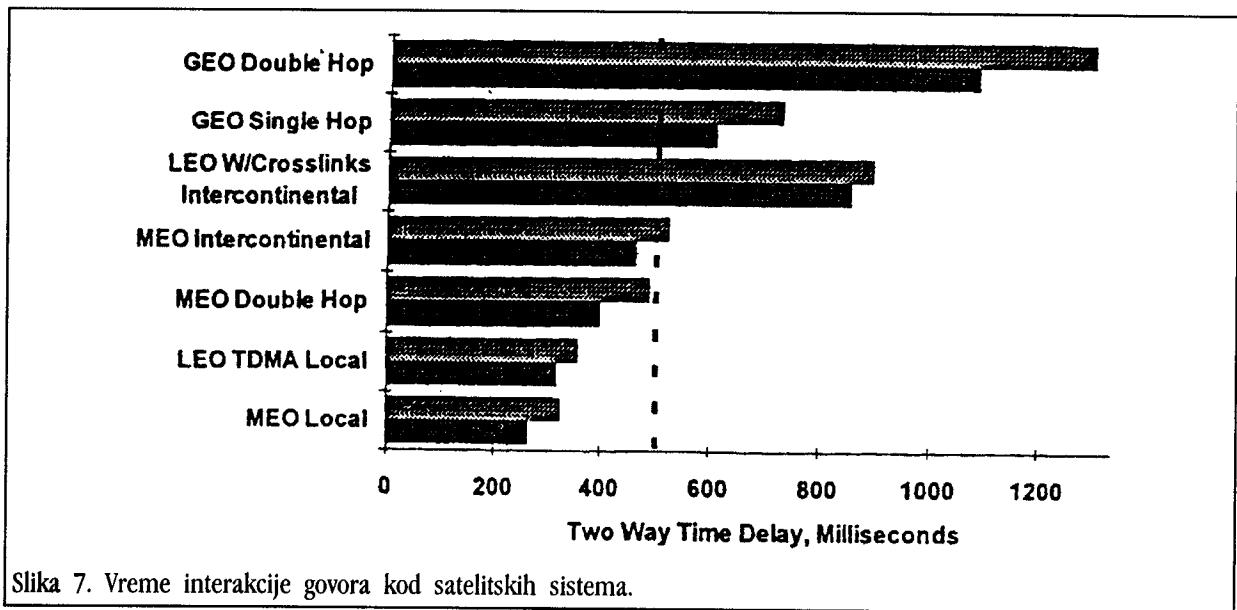
Komunikacioni sateliti su godinama održavani u GEO orbitama tako da su zemaljske antene mogle da budu usmerene u fiksnu lokaciju zahtevajući samo tri ili četiri satelita da se pokrije ceo svet. Da bi se nadoknadio gubitak snage na retko naseljenim oblastima zbog fiksnog "otiska", zemaljske stanice su dosta složene i skupe. Udaljenost, takođe, izaziva velika kašnjenja usled propagacije i mogu izazvati echo, degradirajući kvalitet signala.

MEO-Sistemi sa srednjim zemaljskim orbitama su kompromis između LEO i GEO sistema. Visina orbite je oko 10000km za ove sisteme i zahteva manji broj i jednostavnije satelite nego što su oni u LEO sistemima. Kašnjenja signala zbog propagacije su mnogo prihvatljivija od GEO sistema. Takođe, ne postoje kašnjenja zbog međuveza i kašnjenja zbog procesiranja na satelitu.

LEO-Sistemi sa niskim zemaljskim orbitama, kao što ime govori, imaju najbližu udaljenost orbite od Zemlje. Sateliti orbitiraju iznad Zemlje na oko 900km, tipično. Pošto nemaju veliki vidni ugao, da bi obezbedili adekvatno globalno pokrivanje, ovi sistemi zahtevaju veliki broj satelita (predloženo je 24 do 66). Ovi sateliti zahtevaju i veliki broj zemaljskih stanica (200 ili više). Druga mogućnost bi bila da se koriste satelitske međuveze koje zahtevaju kompleksno procesiranje na satelitima. Međutim, mnogobrojne međuveze LEO sistema uzrokuju dodatno vreme kašnjenja usled procesiranja na svakom satelitu, te se stvara usporenje u komunikaciji za korisnika. Mala visina orbite, takođe, povećava rizik od "senke" koju na putu signala mogu stvoriti vegetacija, teren i građevine. Kao i u celularnim servisima, može doći do prekida u prenosu.

Slika 7 pokazuje vremena kašnjenja za različite konfiguracije satelitskih sistema. Istraživanja pokazuju da maksimalno zbirno vreme kašnjenja povratne veze iznosi do 600ms.

Moderna bežična tehnologija koja vrši prenos do 2 Mbit/s koristi LEO satelite. Ovi, takozvani mali LEO sistemi, grupe LEO satelita koji koriste frekvencije ispod 1GHz, koristiće se za komercijalne svrhe, najpre



Slika 7. Vreme interakcije govora kod satelitskih sistema.

da obezbede elektronsku poštu i pejdžing portabl i mobilnim uređajima. Mali LEO sistemi prenosa su ograničeni na kratke digitalne poruke: njihovi sistemi nisu namenjeni za prenos govora. Satelitski govorni telefonski servisi biće u domenu velikih LEO sistema - velikih, kompleksnih mobilnih satelitskih sistema koji rade u opsegu iznad 1GHz.

Od malih LEO sistema najprodorniji na tržištu je Teledesic (partnerstvo McLaw Communications i Microsoft). U onome što Teledesic zove "globalni Internet", sateliti bi razmenjivali pakete podataka brzinama do 1.244Gbit/s. Teledesic planira da koristi mrežu LEO satelita gde svaki satelit predstavlja ćeliju u celularnoj telefonskoj mreži, osim što se i ćelije i učesnici u pozivima nogu pomerati. Svaki satelit može pružiti ceo svoj kapacitet za relativno malo korisnika ispod njega. Ćelije će biti prečnika 53km, dovoljno male da održe broj korisnika u granicama opsluživosti. Cilj mreže je da obezbedi 18 simultanih Internet linkova kapaciteta 1.5 Mbit/s u svakoj ćeliji i 20000 linkova širom sveta. Pošto su sateliti u LEO orbitama, izbegava se kašnjenje od pola sekunde kod GEO satelita. Teledesic planira da postavi satelite u orbite do 2002. godine. To znači da za dve godine treba lansirati 840 satelita. Na kraju za prikupljanje podataka koristi se tehnologija digitalnih radio komunikacija u proširenom spektru. Ovi uređaji rade u opsegu oko 900MHz i mogu da šalju podatke brzinom do 10Mbit/s. Za razliku od prenosa širokopojasnih i uskopojsasnih signala, oni ne zahtevaju dozvolu za korišćenje frekvencija (FCC site licensing).

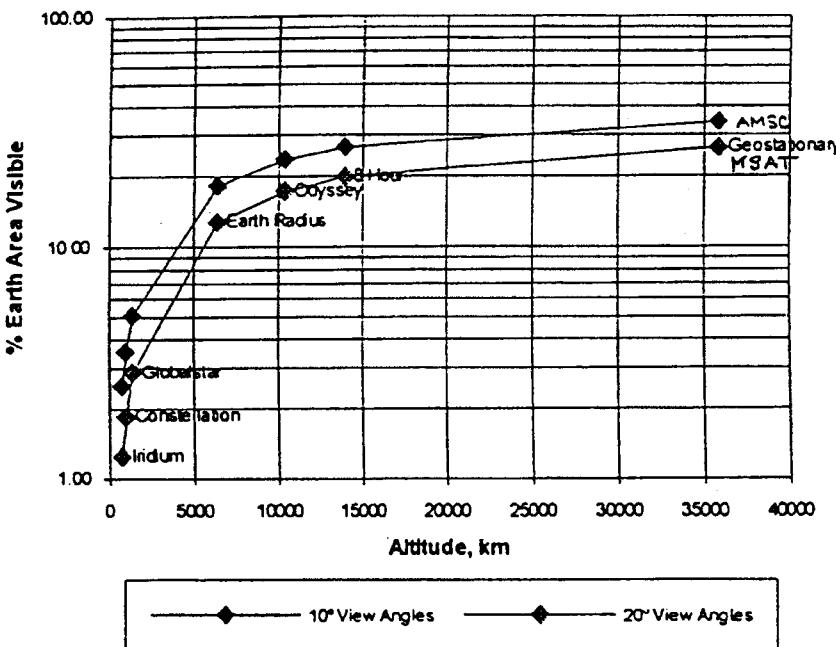
LEO sateliti za mobilnu govornu telefoniju, nazvani Veliki LEO sistemi, rade iznad 1GHz. IRIDIUM (Motorola), Aries (Constellation), Globalstar (Qualcomm/Loral) i Ellipso (Mobile Comm) su glavni Veliki LEO sistemi za mobilne personalne komunikacije. Odyssey (TRW), iako je mreža MEO

satelita, deli karakteristike Velikih LEO sistema u pogledu prenosa iznad 1GHz. Grupe ovih satelita će neprekidno pokrивati celu površinu Zemlje.

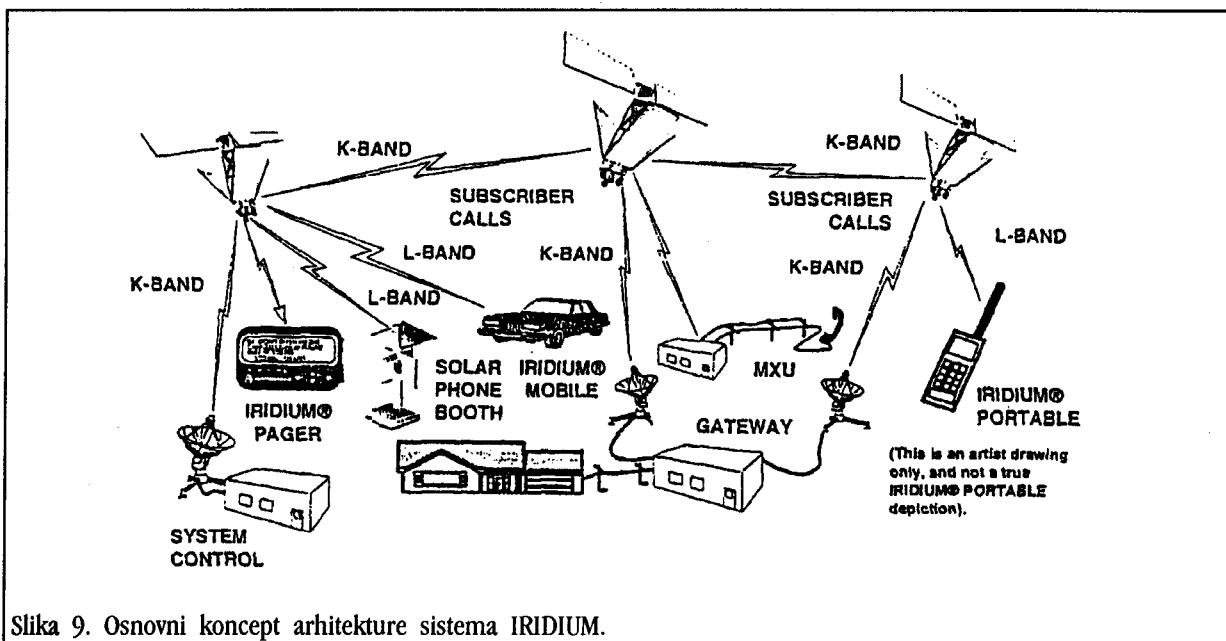
Inmarsat (International Maritime Satellite Organization) predstavlja konkurenčiju ovim sistemima sa svojim novim predstavnikom na tržištu satelitskih komunikacija (ICO). ICO sateliti obezbeđuju mobilni satelitski servis širom sveta. ICO je proizašao iz Inmarsat satelitske mreže za pomorske komunikacije. On će se sastojati iz deset satelita i dva rezervna u MEO orbitama. Pozivi od mobilnih učesnika prenose se up-linkom do jednog ICO satelita, procesiraju i vraćaju down-linkom u C-opsegu do mesta satelitskog pristupa (SAN - Satellite Access Node). Dvanaest ovakvih zemaljskih stanica postavljenih širom sveta je povezano putem pristupnih interfejsa na javnu telefonsku mrežu da bi se uspostavila veza sa želenjom centralom. Kako letilica odlazi iz vidokruga korisnika, SAN predaje komunikacije od jednog satelita drugom. Telemetrija, praćenje i komandne stanice se nalaze na istim mestima kao i SAN-ovi.

ICO sateliti bi takođe trebalo da prenose GPS (Global Positioning System) podatke, da bi obezbedili korisnicima na kopnu, u vazduhu i na vodi, mogućnost određivanja svog položaja, brzine i vremena, merenjem rastojanja od bilo kog od četiri ili više GPS satelita u vidokrugu. FAA smatra GPS za budući civilni standard za vazdušnu navigaciju i instrumentalno navođenje i sletanje civilnih aviona.

Druga dva GEO sistema su poboljšana da pruže kompleksnije i obimnije servise. Spaceway kompanije GM Hughes će pružiti servise digitalnog prenosa govora, podataka i video signala stanovnicima Sjedinjenih Američkih Država sa početkom u 1997. godini. Preko geostacionarnih satelita sa 48 snopova preplatnici će primati telekomutaciju, telededicinu, digitalne biblioteke i ostale širokopojasne servise



Slika 8. Osnovni koncept arhitekture sistema AMSC MSAT.



Slika 9. Osnovni koncept arhitekture sistema IRIDIUM.

protocima koji se kreću od 16kbit/s do 1.544Mbit/s. Iznajmljujući samo jedan kanal u Americi, Hughes koristi samo 12Mbit/s da opsluži celu državu, što predstavlja plan kablovske televizije za distribuciju na 300 kuća. Hughes ograničava svaki korisnički priključak na 400kbit/s. Čak i tako, simultano može da opsluži samo nekoliko stotina korisnika (samo deo od 2000 preplatnika koristi servise u isto vreme). Može se iznajmiti više kanala. Međutim, emitovanje podataka preko teritorije cele države samo zbog jednog korisnika i nije najefikasniji način za rešavanje komunikacija.

Satelići koji emituju program, kao oni koji se koriste u digitalnoj televiziji, imaju višak opsega, ali po cenu individualnih kanala i dvosmernih komunikacija. Oni zrače ogroman snop podataka na veliku površinu Zemlje, ponekad veličine celog kontinenta. Network Systems, kompanije Hughes, koristi širokopojasni down-link da imitira dvosmerni Internet priključak sa direktnim PC pristupom na Internet servise. Preplatnici šalju zahteve preko svojih regularnih telefonskih linija. Hughes rutira odgovore svome kontrolnom centru koji ih koduje tako da ih preplatnički PC prepozna kao svoje i zatim ih šalje satelitu na emitovanje.

GEO satelitski sistem kompanije AMSC (American Mobile Satellite Company) je takođe konkurent za obezbeđivanje kompleksnijih i obimnijih servisa kontinentu Severne Amerike, Sjedinjenim Državama i Kanadi, videti sliku 8.

Prvi AMSC satelit posvećen zemaljskim mobilnim servisima pušten je u rad prošle godine u Severnoj Americi. AMSC sateliti pružaju servise prenosa govora, podataka, faksimila, poruka i ostale servise putnicima u kamionima, automobilima, brodovima i avionima širom kontinenta. Ručni terminali nude mnogobrojne modove rada, zavisno od želenog tipa komunikacije. Oni uključuju dualni mod satelit/celular, samo satelit, prenosive i fiksne terminale. Dual-mod terminali omogućavaju korisniku da komunicira preko satelita ili kao deo celularne mreže. Kada vozilo izade izvan domena celularne mreže, pozivi se automatski rutiraju preko satelita. Ostali terminali, kao telefonski terminal veličine akten-tašne sa baterijskim napajanjem ima faksimil i portove za PC, a proizvodi ga Mitsubishi Electric.

U nastavku ovog članka razmotrićemo tri najperspektivnija mobilna satelitska komunikaciona sistema za globalne personalne komunikacije u bliskoj budućnosti. To su Globalstar, IRIDIUM i Odyssey. Sa stanovišta pružanja punog opsega mobilnih servisa računajući prenos govora i podataka u opsegu 1-3GHz, sva tri sistema spadaju u kategoriju Velikih LEO sistema. Sa stanovišta satelitskih orbita, međutim, IRIDIUM i Globalstar (slike 9, 10) su LEO dok je Odyssey (slika 11) MEO sistem.

Svaki od ovih sistema je projektovan da pristupa javnoj komutiranoj telefonskoj mreži (PSTN) kao i javnoj zemaljskoj mobilnoj mreži (PLMN) da bi obezbedio mnoštvo servisa korisnicima vršeći funkciju komplementa postojećih sistema, a ne da bi se takmičio se sa njima. Ovo zahteva ručne terminale kompatibilne sa zemaljskim celularnim servisima, kao i sa drugim sistemima, kao što je Evropski GSM sistem protokol i standard prenosa.

Arhitektura sistema

Osnovne karakteristike arhitektura sistema date su u tabelama 4a. i 4b.

Globalstar sistem obuhvata 48 LEO satelita na visini od 1400 km jednako podeljenih u osam orbitalnih ravni. Orbite su kružne sa uglom inklinacije od 52 stepena. IRIDIUM sistem obuhvata 66 LEO satelita na visini od 785 km i jednako podeljenih u šest orbitalnih ravni. Konačno, Odyssey sistem obuhvata 12 MEO satelita na visini od 10354 km i jednako podeljenih u tri orbitalne ravni. Pošto mu je visina satelita značajno veća od drugih, sistem Odyssey zahteva manje satelita za globalno pokrivanje.

Frekvencijski plan za mobilne korisnike je isti za Globalstar i Odyssey sa 1.610-1.625 GHz za up-link i 2.4835-2.5 GHz za down-link.

IRIDIUM je jedinstven na dva načina. Najpre, koristiće se isti opseg i za up-link i za down-link, koristeći dupleksni rad sa vremenskom raspodelom da bi se izbegla interferencija TDMA signala. Drugo, koristi se suženi opseg od 1.616-1.6265 GHz što daje širinu opsega 10.5 MHz.

IRIDIUM satelit ima najveći planirani kapacitet od 3840 full-duplex kola po satelitu, prati ga Globalstar sa 2800 kola po satelitu i 2400 kola po satelitu za Odyssey. Treba napomenuti da kapacitet "po satelitu" nije aditivan zbog interferencije i zona preklapanja.

Prosečno vreme konekcije korisnika na satelit je slično za Globalstar i IRIDIUM, zbog sličnosti u visinama orbita i iznosi do 10 minuta. Odyssey, baziran na MEO orbiti ima dvočasovno vreme konekcije. Iako se za sve sisteme tvrdi da imaju mogućnost prelaska na zemaljski (celularni) mod rada, ta mogućnost se i ne smatra najvažnijim parametrom. Na kraju, veći minimalni ugao elevacije u Odyssey sistemu može obezbediti ravnomernije raspodeljene performanse posebno u gradskim i planinskim oblastima.

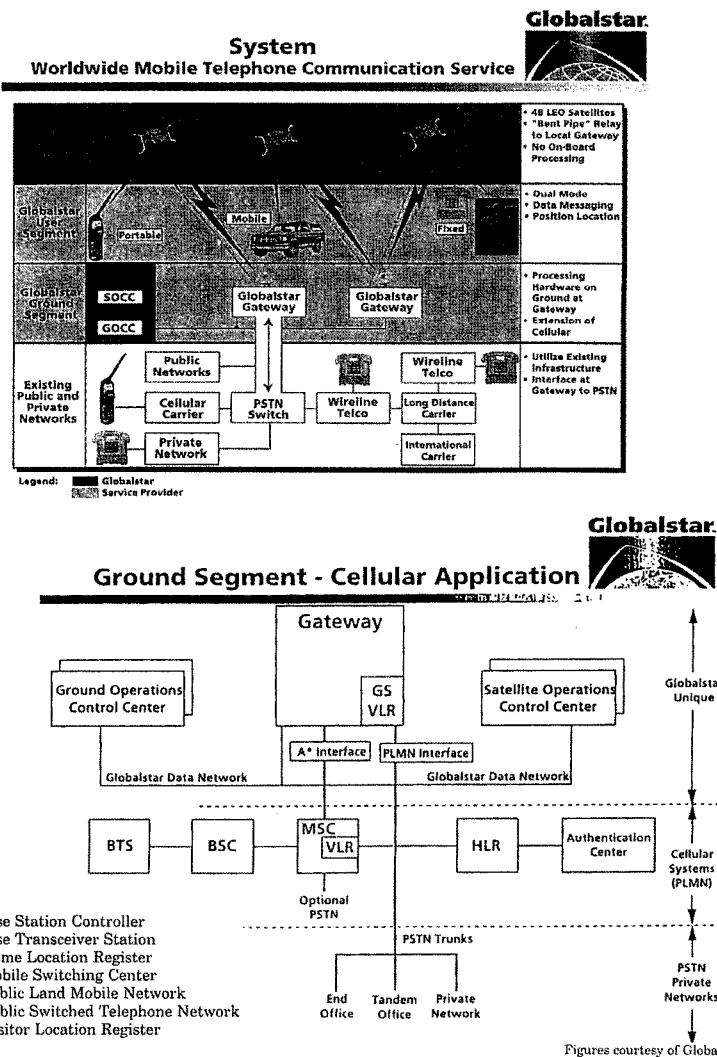
Princip višekorisničkog pristupa

Ponuđene su tehnike višekorisničkog pristupa za mobilne satelitske sisteme koje koriste neke oblike i kombinacije multiplksa sa kodnom raspodelom (CDMA).

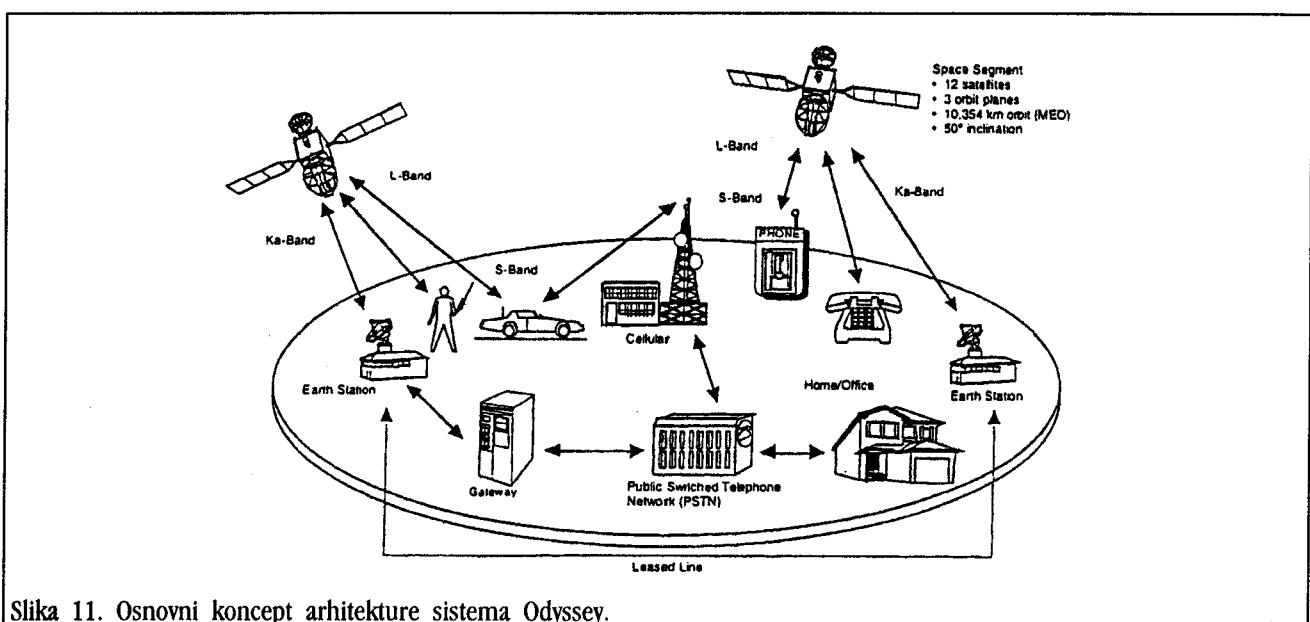
Princip višekorisničkog pristupa u sistemu Globalstar je korišćenje CDMA signala raširenog na 16.5MHz raspoloživog opsega. Tvrdi se da će ovaj princip podržati ukupan kapacitet po satelitu od oko 2800 full-duplex kola za prenos govora, uz pretpostavku da je brzina prenosa 4.8 kbit/s i prag za kvalitet prenosa BER od 1E-3. Ista metoda koristi se za QUALCOMM za celularne/zemaljske aplikacije.

Odyssey koristi princip višekorisničkog pristupa koji je kombinacija CDMA i FDMA. Korisnički opseg od 16.5 MHz podeljen je na tri kanala širine 4.83 MHz koji koriste CDMA da obezbede prenos za više korisnika po jednom kanalu. Jedan CDMA kanal dodeljen je svakom od 16 snopova antena što daje zajednički kapacitet od oko 2300 full-duplex kola za prenos govora sa brzinom prenosa 4.8kbit/s i minimalnim BER=1E-3. Dva susedna antenska snopa ne zauzimaju isti frekvencijski opseg.

Princip višekorisničkog pristupa koji koristi IRIDIUM kombinuje TDMA i FDMA. FDMA se koristi u smislu da na raspolaganju stoji 12 frekvencija iz



Slika 10. Arhitektura sistema Globalstar i zemaljski segment.



Slika 11. Osnovni koncept arhitekture sistema Odyssey.

opseg 10.5 MHz. Jedna od ovih 12 frekvencija dodeljena je jednoj od 48 antena ćelije/satelita. IRIDIUM je takođe TDMA, jer koristi ram trajanja 90ms da prenese četiri korisnička pristupa kapaciteta 50kbit/s po ramu. Nominalni globalni protok je oko 172000 kanala pretpostavljajući da ima 2,159 ćelija i 80 kanala/ćelija kao što Motorola tvrdi u literaturi.

Princip koji predlaže Motorola za IRIDIUM je

kvadraturnu faznu modulaciju (QPSK). Sva tri sistema imaju zaštitno kodovanje (FECC) u formi konvolucionog kodovanja sa dekodovanjem po Viterbijevom algoritmu [13,14,15]. Projektovani BER za govor je u najgorem slučaju 1E-3 za Globalstar i Odyssey i 1E-2 za IRIDIUM.

Planira se da sva tri sistema imaju ručne terminale koji će po težini i dimenzijsama biti slični

Tabela 4a. Poređenje arhitektura sistema

	Globalstar	Iridium	Odyssey
Broj satelita	48	66	12
Orbita/ Inklinacija	Kružna/52°	Kružna/86.4°	Kružna/55°
Broj ravni	8	6	3
Visina u km	1401	785	10354
Uplink-GHz Downlink	1.610-1.6265 2.4835-2.500	1.616-1.6265 1.616-1.6265	1.610-1.6265 2.4835-2.500
Pristup od terminala ka uplinku downlinku	C-opseg C-opseg	27.5-30.0 18.8-20.2	29.5-30.0 19.7-2+0.2
full-dupleks kola po satelitu	2800	3840	2300
Prosečno vreme konekcije	10-12 min.	9 min.	2 sata
Minimalni elevacioni ugao	10°	8.2°	22°

Tabela 4b. Poređenje opisanih sistema

	Globalstar	Iridium	Odyssey
Stabilizacija	3 ose	3 ose	3 ose
Transponder	bez procesiranja	sa procesiranjem	bez procesiranja
vek u orbiti (godina)	7-5	5	15
Masa (funta)	704	1100	2703
Vrsta antene koja se koristi u segmentu mobilnog korisnika	fazni niz sa 16 snopova	tri antene tipa faznog niza sa 16 snopova	čvrsto montirano 37 (na gore) i 32 (na dole) usmerene antene
Međuveza	nema	ima, 4 međuveze na 25 Mbit/s, 22.55-22.53GHz	nema

najkomplikovaniji jer zahteva: a) koordinirano korišćenje ćelija i b) precizne signale za vremensku sinhronizaciju sa komplikovanim algoritmima koji obezbeđuju pravilan rad.

Ručni terminali

Na slici 12 dato je nekoliko ključnih osobina projektovanih ručnih terminala. Sva tri sistema koriste

postojećim ručnim terminalima u zemaljskim celularnim mrežama. U stvari, oni najavljuju dizajn ručnih terminala koji će moći da rade u dual-modu kao terminali integrisanih servisa koji omogućavaju transparentne i neprekidne servise korisniku dok se on kreće iz oblasti koja je podržana zemaljskom u oblast koja je podržana satelitski baziranim mrežom.

Na kraju, procenjene početne cene ručnih terminala značajno variraju od \$500 u sistemu Odyssey do \$750 u sistemu Globalstar i \$2000 u

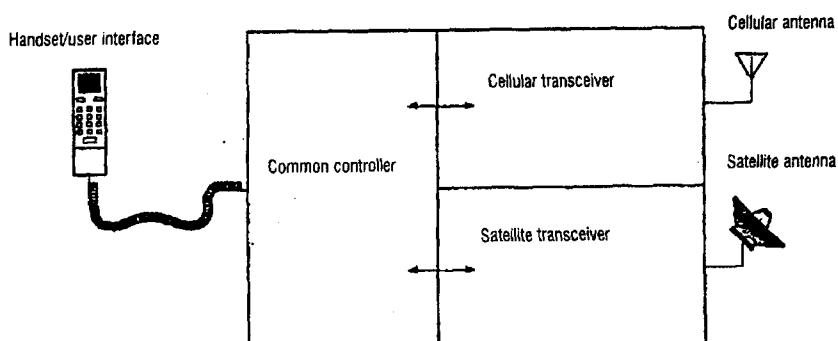
sistemu IRIDIUM. Cena proizvodnje dual-mod ručnih terminala projektovana je da bude neznatno veća od cene zemaljskih ručnih terminala.

Diskusija i zaključak

Napredak učinjen u poslednjih deset godina na polju digitalne obrade govora, satelitske tehnologije, projektovanju i tehnologiji antena i minijaturizaciji komponenata otvorio je put ka širokoj primeni satelitski baziranih komunikacija i posebno personalnim mobilnim komunikacionim sistemima. Iako zamišljeni mobilni satelitski sistemi obezbeđuju bežični pristup mestima bez "žične" infrastrukture i obećavaju maksimalnu fleksibilnost priključivanja korisnika, mobilnost korisnika i interaktivne servise za prenos govora i podataka, ipak postoji mnogo tehničkih problema koji zahtevaju dalje proučavanje i nova rešenja.

oblasti komunikacija i mreža, ključna pitanja su oko zajedničkog rada sistema sa različitim standardima, kompleksnosti obezbeđivanja mogućnosti lutanja korisnika po mreži i problem čekanja pri korišćenju TCP/IP protokola na kome se bazira prenos Internet poruka. Problem vremena čekanja koji se javlja pri prenosu/propagaciji poruka ka i od satelita, može ograničiti povećanje širokopojasnih pristupa Internetu koji koriste sadašnji TCP/IP protokol. Ovo je najviše zbog propagacije i predaje signala koji se javljaju pri prenosu informacije ka i od satelita. Uticaj ima i priroda TCP/IP protokola koji je orijentisan ka priključku. Istraživanja koja se vrše u istraživačkim centrima, uključujući i NASA-u i razne univerzitete, imaju za cilj razvoj alternativnih protokola i minimizaciju čekanja i gubitka u brzini prenosa informacija.

Da bi realizovao ove sisteme sa procjenjom isplativošću i u datom roku, svaki konkurent nailazi na teške izazove. Jedan od njih je raspoređivanje



	Globalstar	IRIDIUM	Odyssey
Modulacija	QFPSK	QPSK	QPSK
FECC	Konvolucioni kod Xmit ($r=1/3; K=9$) Rcv ($r=1/2; K=9$)	Konvolucioni kod ($r=3/4; K=7$)	Konvolucioni kod ($r=1/3; K=7$)
BER	1E-3 (govor) 1E-5 (podaci)	1E-2 (govor) 1E-5 (podaci)	1E-3 (govor) 1E-5 (podaci)
Podržani protoci za podatke (Kbit/s)	1.2-9.6 (govor i podaci)	4.8 (govor) 2.4 (podaci)	4.8 (govor) 1.2-9.6 (podaci)
Težina (lbs.) Dimenziije(in.)	Slični postojećima zemaljskim ručnim terminalima u celularnim mrežama	Slični postojećima zemaljskim ručnim terminalima u celularnim mrežama	Slični postojećima zemaljskim ručnim terminalima u celularnim mrežama
Trajanje baterije	24 h u standby režimu, 8 h aktivno sa 5% duty cycle-om	24 h; 1 h aktivno 23 h stand-by	30 min aktivno, 45 h stand-by
Predložena cena za terminal	\$750	\$2,000-3,000	>\$500

U oblasti satelitske tehnologije, ovo uključuje razvoj i konkretnu primenu digitalnih satelitskih podistema, fleksibilne/usmerljive antene, pouzdana vozila za lansiranje i pouzdane operacije lansiranja. U

svakog satelita sa datim brojem i vremenskim intervalima lansiranja. Sa punim kapacitetima priozvodnje, Globalstar i IRIDIUM, na primer, zahtevaju proizvodnju jednog satelita nedeljno. Ovo će koštati

više i zahtevaće više vremena nego što je predviđeno. Teledesic mora da postavi 840 satelita u orbite za samo dve godine.

Oblast koja je najmanje planirana i opisana u svim predloženim sistemima je tehnologija zemaljskih stanica i menadžment i organizacija interfejsa u zemaljskom segmentu. Nijedan proizvođač nije dao javno detalje iz ovog domena, mada postoje privatne studije [7,11,16-19, 20-23]. Procene cena i vremena u ovoj oblasti pokazuju da one mogu biti manje od onih koje se zahtevaju za sisteme koji trenutno rade.

Sa regulatorne strane, dok je WARC 92 dodelio opseg 1-3 GHz za LEO i mobilne satelitske servise, izdaju se samo eksperimentalne dozvole predlagачima pomenutih sistema. Takođe, postoji neslaganje između organizacija koje predlažu sistema u pogledu korišćenja i podele spektra.

Da bi dobio odobrenje za rad na internacionalnom nivou za veliki LEO sistem, svaki od predlagачa ima partnera van Sjedinjenih Američkih Država koji će omogućiti dobijanje dozvola u inostranstvu za svaku državu pojedinačno. Trenutno ne postoji direktni način za raspodelu spektra koja važi u celom svetu. Trenutno, za satelitski bazirane bežične personalne komunikacione sisteme postoji više problema po pitanju cena i regulatornog odobravanja koje treba rešiti, nego za tehničku ostvarljivost ovakvih sistema koji će biti operativni za narednih pet do sedam godina kako planiraju proizvođači.

Informacije o autoru

Dr Tulin Mangir je profesor na kalifornijskom univerzitetu (California State University) i glavni konsultant u TM Associates u Santa Moniki, Kalifornija. Ona je bila deo tima u kompaniji TRW, koji je predlagao aplikacije za dodelu dozvola za frekvencije sistemu Odyssey. Takođe je bila konsultant mnogim kompanijama za nove proizvode i nove razvoje širom sveta. Može se kontaktirati na adresi: 536 16th Street, Santa Monica, CA 90402, tel: (310) 985-5774; fax: (310) 985-8022; ili e-mail: temangir@engr.csulb.edu.

Autor članka:

Tulin E. Mangir, Ph. D.

California State University, Long Beach i TM Associates

Članak se objavljuje ljubaznošću:

Peggie R. Elgin

Managing Editor of Applied Microwave & Wireless

Prevela i obradila:

Dragana Perić, dipl. inž.

Literatura

1. Mc Dougal, P., "VSATs and Developmental Communications", Space Comm. And Broadcasting, 1989.
2. Kay, S., et al., "Intelligent Teleconferencing VSAT System", Proceedings AIAA, 1990.
3. Dann, P., "The Immarsat System: Towards Full Global Coverage", Space Communications and Broadcasting, July 1988.
4. Sward, D.J., "Mobile Satellite Services", Via Satellite, May 1990.
5. Lodge, J.H., "Mobile Satellite Communication Systems: Toward Global Personal Communication", IEEE Communications Magazine, November 1991.
6. DeGaudenzi, R., et al., "Band Limited Quasi-Synchronous CDMA: A Novel Satellite Access Technique for Mobile and Personal Communications Systems", IEEE J. Selected Areas Communications, February 1992.
7. "MSAT Mobile Satellite System", AMSC, May 1990.
8. Shimabokuro, T., "Hybrid Networks with Compact Hubs", TRW Workshop on Satellite Communications, February 1990.
9. "Overview of GTE Spacenet Satellite Communications Services", TRW Workshop on Satellite Communications, February 1990.
10. Mangir, T.E., "Overview of Commercial Satellite Network Systems", TRW Workshop on Satellite Ground Systems, Jan. 1991.
11. Rusch, R.J., "Odyssey, An Optimized Personal Communications Satellite System", Acta Astronica, 1993.
12. Fortuny, J., et al. "Satellite Constellations for a Global Personal Communications System at L-band", Technical Report No. EWP 1661, European Space Agency, May 1992.
13. Viterby, A., "Convolutional Codes and Their Performance in Communications Systems", IEEE Trans. On Commun. Technol., October 1971.
14. Gilhousen, et al., "Increased Capacity Using CDMA for Mobile Satellite Communications", IEEE J. Selected Areas Communications, May 1990.
15. Johannsen, K.G., "CDMA versus FDMA Channel Capacity in Mobile Satellite Communication", Int. J. Satellite Commun., January/March 1988.
16. Comarett, G.M. and Hulkower, N.D., "Global Mobile Satellite Communications", Proceedings of AIAA, 1994.
17. Mangir, T.E., "Low Cost Ground Stations", Internal Research and Development Report, TRW, January 1991.
18. Mangir, T.E., "Low Cost Ground Stations", Internal Research and Development Report, TRW, January 1992.
19. Mangir, T.E., "Ground Station Cost Studies for Mobile Satellite Communications Systems", Internal Report TRW, 1990.
20. Mangir, T.E., "Satellite Communications Systems for Personal/Mobile Communication and Computation", Proceedings, Applications Conference on Communications, Wescon, Nov. 1995.
21. Spelz, L.J., "Odyssey Personal Communications Satellite System", Proceedings Applications Conference on Communications, Wescon 95, November 1995.
22. Maine, K. et al., "Overview of IRIDIUM Satellite Network", Proceedings Applications Conference on Communications, Wescon 95, November 1995.
23. Dietrich, F., "Overview of the Globalstar System", Proceedings, Applications Conference on Communications, Wescon 95, November 1995.
24. Cassen, Q., "Wireless Personal Communications", IEEE Computer and Communications Society Presentation, March 1996.