Dr Milan Šunjevarić,
pukovnik, dipl. inž.

Zdravko Ponoš,
kapetan, dipl. inž.

SATELITSKI TELEKOMUNIKACIONI SISTEMI U VOJNOJ PRIMENI

U članku je dat pregled najznačajnijih satelitskih telekomunikacionih sistema u vojnoj primeni. Izložene su moguće klasifikacije satelita prema karakterističnim parametrima (orbita, radio-emisija, pripadnost, funkcija). S obzirom na broj i značaj satelita koji imaju ili mogu imati vojnu primenu, najviše prostora u članku posvećeno je satelitskim sistemima SAD.

Uvod

Analizirajući izvore koji tretiraju primenu satelitskih, kako komunikacionih, tako i ostalih sistema, u vojne svrhe, dolazi se do zaključka da ne postoji sistem koji nije interesantan kao potencijalno vojni. Vojni telekomunikacioni satelitski sistemi mnogih zemalja koncipirani su kao podsistemi nacionalnih satelitskih sistema, odnosno koriste njihove resurse. Tako, na primer, francuski vojni telekomunikacioni sistem Syracuse koristi resurse na satelitima Telecom. To, praktično, znači da ni jedna klasifikacija satelita ne isključuje vojnu primenu. Naravno, od posebnog su značaja sistemi koji su isključivo u vojnoj primeni, i zato im je u radu posvećena posebna pažnja.

Jedno od prvih pitanja sa kojim su se susreli autori ovog članka odnosi se na realnost i opravdanost praćenja i analiziranja satelitskih sistema sa aspekta bezbednosti zemlje.

Raspoloživi podaci nesumnjivo ukazuju na rast kvantiteta i kvaliteta satelitskih komunikacionih sistema u vojnoj primeni. Kičma sistema C3I savremenih armija upravo su satelitske telekomunikacije. Značajniji vojni potencijali u svetu danas teško mogu biti efikasno upotrebljeni bez oslonca na satelitske komunikacione sisteme. To se,

svakako, odnosi i na multinacionalne snage koje svojom jačinom i rasporedom mogu predstavljati opasnost za bezbednost SRJ.

Bez poznavanja satelitskih komunikacija nemoguće je rekonstruisati sistem veza potencijalnog agresora i odrediti osetljive tačke u sistemu sa stanovišta EI i PED. Specifičnosti satelitskih telekomunikacija zahtevaju da se za EI i PED definišu realni ciljevi.

Potrebno je imati u vidu činjenicu da će se realnost pojedinih zahteva vremenom menjati. Pri tome je olakšavajuća okolnost da pri uvođenju novih satelitskih sistema postoji prelazna faza zbog potrebe da se eksploatišu veliki broj zemaljskih terminala prilagođenih starim sistemima. Osim toga, najbolju potvrdu da su satelitski komunikacioni sistemi ranjivi, dao je analizirajući rat u Golfu, viceadmiral Jerry Tuttle, šef odeljenja za elektronsko ratovanje u štabu za pomorske operacije (US Naval Operations). Izjavio je da je od posebnog značaja činjenica da im Iranci nisu ometali UHF satelite [1].

Klasifikacija satelita

Klasifikaciju satelita moguće je izvršiti na sledeći način [7, 8]:

Klasifikacija prema parametrima orbite

a) oblik orbite:

- kružna
- eliptična

b) inklinacija:

- ekvatorijalna (inklinacija je 0°)
- polarna (inklinacija je 90°)
- inklinirana (inklinacija između 0° i 90°)

c) period obilaska oko Zemlje

- periodične orbite:
 - sinhrona (period obilaska satelita oko Zemlje jednak je periodu rotacije Zemlje)
 - subsinhrona (period obilaska satelita je ceo broj puta manji od perioda rotacije Zemlje)
 - supersinhrona (period obilaska satelita je ceo broj puta veći od perioda rotacije Zemlje).
- neperiodične orbite

d) visina orbite:

- niske orbite (do 1000 km)
- srednje orbite (1000 do 20.000 km)
- visoke orbite (preko 20.000 km)

Prema CCIR Vol. II »Space Research« postoji i podela na:

- niske
- geostacionarne (35.786 km)
- jako izdužene eliptične orbite.

Klasifikacija po poreklu i pripadnosti sistemu

a) internacionalni (INTELSAT, INMARSAT, INTERSPUTNIK)

b) regionalni (ARABSAT, EUTELSAT)

c) nacionalni.

Klasifikacija po vrsti radio-emisija i postupku višestrukog pristupa

U Prilogu 1. data je načelna arhitektura satelitskog komunikacionog sistema sa po jednom predajnom i prijemnom stanicom.

U satelitskim komunikacijama koristi se standardna klasifikacija i označavanje radio-emisija, kako je definisana Međunarodnim pravilnikom o radio-komunikacijama. Prva tri od pet simbola korišćenih za označavanje emisija imaju sledeće značenje:

- prvi simbol označava vrstu modulacije glavnog nosioca;
- drugi simbol označava prirodu signala koji moduliše glavni nosilac;
- treći simbol označava vrstu informacije koju treba preneti.

U satelitskim komunikacijama koriste se sledeći postupci višestrukog pristupa satelitu [4, 8]:

- FDMA (Frequency Division Multiple Access)
- TDMA (Time Division Multiple Access)
- CDMA (Code Division Multiple Access)
- SCPC (Single Channel Per Carrier)

U Prilogu 2. slikovito je prikazana organizacija kanala kod FDMA, TDMA i CDMA. Frekvencijsko-vremenski resursi kod satelitskih telekomunikacionih sistema mogu biti fiksno raspoređeni prema zemaljskim stanicama — Fiksed Assignment (Prilog 2, sl. a) i b)) ili u skladu sa promenljivim zahtevima zemaljskih stanica — Demand Assignment (Prilog 2, sl. c) i d)). U drugom slučaju koristi se DAMA višestruki pristup (Demand Assign Multiple Access).

Klasifikacija po funkciji

Međunarodnim pravilnikom o radio-komunikacijama definisani su sledeći satelitski servisi-službe:

- a) fiksna satelitska služba
- b) mobilna satelitska služba:
 - pomorska mobilna
 - kopnena mobilna
 - vazduhoplovna
- c) radio-difuzna satelitska služba
- d) radio-determinaciona satelitska služba:
 - pomorska radio-navigaciona
 - vazduhoplovna radio-navigaciona
- e) satelitska služba istraživanja Zemlje:
 - meteorološka
 - geodezijska
 - služba zemaljskih resursa
 - služba prikupljanja podataka
- f) služba istraživanja kosmosa
- g) služba kosmičkih operacija
- h) međusatelitska služba
- i) satelitska služba tačnog vremena i frekvencije
- j) amaterska satelitska služba.

Klasifikacija prema kategoriji korisnika — vojni/civilni

Klasifikacija satelita na vojne i civilne zvanično ne postoji. Rat u Golfu pokazao je da čak i oni sateliti koji su deklarirani kao civilni imaju vojnu primenu. Brigadni general Philip Bracher USAF potvrdio je to, izjavivši: »Angažovali smo sve aktivne satelite koje smo imali u kosmosu«. Također je potvrđeno da je u ratu u Golfu preko 25% satelitskih komunikacija bilo oslonjeno na komercijalne sisteme Inmarsat i Intelsat [1].

I pored svega navedenog, postoje frekvencijski opsezi koji su dodeljeni za vojnu primenu. To su opsezi: 225 — 400 MHz (UHF opseg), 1,525 — 1,670 GHz (1,5 GHz opseg), 3,4 — 4,2 GHz

(4/6 GHz opseg), 7,250 — 8,4 GHz (7/8 GHz opseg), 17,7 — 21,2 GHz (20/30 GHz opseg).

Vojni satelitski sistemi SAD

Opšti podaci

Advent predstavlja prvi poznati satelitski vojni projekat. Bio je namenjen za ratno vazduhoplovstvo SAD (US Air Forces), ali je 1962. obustavljen zato što je masa projektovanih satelita prevazilazila mogućnosti rakete-lansera.

SAD su, nakon odustajanja od Adventa, u saradnji sa Velikom Britanijom krenule u Initial Defense Communication Satellite Program (IDSP). Taj program podrazumevao je da se, pomoću rakete Titan IIC, u geostacionarnu orbitu postavi više malih satelita (50 kg). U toku 1966. lansirano je 9 satelita iz programa IDSP, a 1967. i 1968. još 19 satelita. Na zemlji i brodovima bilo je instalirano 35 terminala. Sistem je radio u opsegu 8/7 GHz. Međutim, sateliti su imali probleme sa stabilizacijom, tako da su se pomerili i po 20° dnevno.

Oslanjajući se na iskustva sa IDSP, SAD su krenule u realizaciju globalnog vojnog satelitskog telekomunikacionog sistema Defence Satellite Communication System (DSCS).

Zanimljivo je da su SAD u toku sedamdesetih godina realizovale još dva eksperimentalna sistema: Lincoln Experimental Satellite (LES) i Tactical Satellite Communications (TACSAT).

Krajem sedamdesetih Ministarstvo odbrane SAD (DoD), preko Agencije za odbrambene telekomunikacije (Defense Communication Agency -DCA), sačinilo je neku vrstu preseka vojnih satelitskih komunikacija SAD koji je organizovan u globalni telekomunikacioni sistem pod

Napomena: postupci višestrukog pristupa, vrste modulacije i ostali tehnički aspekti satelitskih telekomunikacija nisu detaljnije analizirani u ovom radu. Navedena problematika zahteva da bude posebno obrađena.

nazivom Military Satellite Communications (MILSATCOM). Sistem MILSATCOM podeljen je, prema klasama korisnika, na tri podsistema:

- Defence Satellite Communication System (DSCS)
- Tactical Satellite System (TSS)
- Strategic Satellite System (SSS).

Zanimljiva su iskustva korišćenja satelitskih komunikacionih sistema u ratu u Golfu. Naime, konstatovano je da raspoloživi satelitski sistemi nisu bili u mogućnosti da zadovolje potrebe angažovanih korisnika. Brigadni general Philip Bracher -USAF izjavio je: »Imali smo malo UHF transpondera« [1]. U istom tonu je i izjava brigadnog generala Roscoe Coughilla (USCENTCOM/CCJ6) da treba zameniti dotrajale DSCS satelite sa većim brojem novih satelita koji treba da obezbede komandovanje i upravljanje vojnim sistemima širom sveta (worldwide command and control coverage), kao i da postoji potreba za većim korišćenjem komercijalnih satelita.

Istovremeno je konstatovana potencijalna ranjivost postojećih UHF satelitskih sistema i, u skladu sa tim, potreba da se koriste sistemi višeg nivoa zaštite kao što su Milstar i UHF Follow-On. U tom smislu zanimljiva je već spomenuta izjava viceadmirala Jerrya Tuttlea, šefa za kosmičko i elektronsko ratovanje u štabu US mornarice da je od izuzetnog značaja činjenica da Iranci nisu ometali UHF satelite.

Rat u Golfu afirmisao je i korišćenje laganih, malih, relativno jeftinih satelita u negeostacionarnim, uglavnom niskim orbitama. U literaturi se pominju i pod nazivom »mikrosateliti«. Njihov razvoj, s obzirom na to da zahteva manja ulaganja, predstavlja izazov za male zemlje, čak i univerzitete.

Tako je, na primer, razvijeno više mikrosatelita na Univerzitetu u Surrey, V. Britanija, od kojih je prvi UoSAT-1 lansiran 6. oktobra 1981. ra-

ketom NASA DELTA iz vazduhoplovne baze u Kaliforniji. Postavljen je u polaznu orbitu na visini 550 km. UoSAT-2 je lansiran u martu 1984. u polaznu orbitu na visini 700 km [10].

Navedeni sateliti se brzoansiraju i stavljaju u operativnu upotrebu, a posebno je značajna elastičnost s obzirom na promenu komunikacionih zahteva. Poznato je da su, za vreme rata u Golfu, biliansirani sateliti *Microsat*, teški svega 22,5 kg i *MACSAT* (*Multiple Access Communication Satellite*) mase 67,5 kg. Već u maju 1990.ansirana su prva dva MACSAT satelita koji su bili korišćeni za potrebe tajnih i izviđačkih akcija US marinaca. U kontekstu diskretnog ruskog angažovanja u ratu u Golfu spominje se i ruski vojni satelitski komunikacioni sistem sa »lakim« satelitima »Gonetz« [1].

Korišćenje izviđačkih satelita omogućeno je zahvaljujući korišćenju usluga satelitskih komunikacionih sistema, koji su obezbedili da se maksimalno skрати vreme potrebno da se informacija od izviđačkog satelita prosledi preko centra za obradu do korisnika.

U ratu u Golfu, za prenos slika od izviđačkih satelita (sateliti iz serije KH i AFP) do centra Fort Belvoira (Virdžinija) korišćen je Satellite Data System (SDS) [9]. Nacionalni centar za interpretaciju fotografija (National Photographic Interpretation Center) potčinjen Upravi za nauku i tehnologiju — DS&T/CIA (Langley — Virdžinija) vršio je obradu satelitskih snimaka, a rezultati obrade dostavljani su posredstvom DSCS sistema komandnom centru u Rijadu.

Isti satelitski komunikacioni sistemi korišćeni su za prenos podataka dobijenih od satelita za elektronsko izviđanje (Magnum, Vortex, White Cloud) i satelita za radarsko osmatranje (Lacrosse). Obradu podataka dobijenih od satelita za elektronsko izviđanje vršile su stanice Agencije za nacionalnu bezbednost (NSA) u Fort Meade (Maryland).

Najnoviji satelitski sistem Constant Source treba da svede na minimum vreme potrebno za prenos slike od osmatračkih satelita i izviđačkih aviona TR-1A do korisnika.

Defence Satellite Communications System (DSCS)

Defence Satellite Communications System (DSCS) ključni je podsistem odbrambenog (vojnog) komunikacionog sistema SAD (Defence Communications System). DSCS je globalni telekomunikacioni satelitski sistem SAD koji obezbeđuje komunikacijski servis za potrebe:

- Bele kuće (White House Communications Agency — WHCA);

- Ministarstvo odbrane SAD i komandi odgovarajućeg nivoa uključujući brodove ratne mornarice (Navy) i mobilne kopnene snage (Ground Mobile Forces);

- Ministarstva spoljnih poslova SAD (Diplomatic Telecommunications System — DTS);

- svetskog vojnog komandnog i upravljačkog sistema (Worldwide Military Command and Control System — WWMCCS);

- Agencije za nacionalnu bezbednost (National Security Agency);

- Automatske digitalne komunikacione mreže (Automatic Digital Network AUTODIN);

- Automatske mreže za prenos govora (Automatic Voice Network — AUTOVON);

- Korisnika sistema za brzi prenos podataka (High Data-Rate Users — HDRU);

- NATO i Velike Britanije.

DSCS I faza bila je operativna u julu 1967, a zaokružena je lansiranjem 26 satelita u periodu 1966—1968.

Od 1971. lansirano je 14 satelita iz DSCS II faze, ali su 4 satelita pala prilikom ulaska u orbitu. Sateliti iz II faze pozicionirani su u geostacionarnu orbitu sa mogućnošću prepozicioniranja na drugu ekvatorijalnu poziciju jednom u toku životnog veka, ako je brzina pomeranja maksimalno 15 stepeni dnevno, ili više puta ako je prihvatljiva manja brzina pomeranja (zavisno od raspoložive energije). Sateliti su opremljeni kao multikanalni repetitori i poseduju prijemnu i predajnu antenu za globalno pokrivanje, kao i primopredajne antene za uskopojasno i regionalno pokrivanje.

Prvi satelit iz DSCS III faze lansirao je u oktobru 1982. Kosmički segment DSCS III faze sadrži 6 satelita pozicioniranih u geosinhronoj ekvatorijalnoj orbiti: 4 radna (pozicionirani iznad Atlantika, istočnog i zapadnog Pacifika i Indijskog okeana) i 2 rezervna. Pozicije radnih satelita su 12°W, 135°W, 175°E i 60°E, dok pozicije rezervnih nisu poznate.

Prema raspoloživim informacijama sateliti iz ove faze su još uvek operativni. Planirano je bilo da se zemaljski segment sastoji od preko 200 stanica za sve rodove vojske. Fiksne stanice se rade sa antenama prečnika 18 m, prevozne sa antenama 10 m, a brodske sa antenama prečnika 1,2 m.

U odnosu na prethodne faze, sateliti iz treće faze imaju veći broj kanala, upravljiv antenski snop, solid-state pojačavač, zaštitu od efekata nuklearnog zračenja. Komandni, kontrolni i komunikacijski linkovi su zaštićeni od ometanja, a višesnopne (multibeam) antene i oprema za lociranje ometača omogućuju podešavanje antenskog snopa tako da poništava efekat ometanja.

Satelit poseduje: dve prijemne i dve predajne antene za globalno pokrivanje, jednu predajnu antenu za tačkasto (spot) pokrivanje, jednu prijemnu višesponu antenu (sa 61-im snopom) i dve predajne višesnopne antene (sa po 19 snopova).

Šestokanalni transponderi rade u SHF opsegu (up-link u opsegu 7.900—8.400 MHz i down-link u opsegu 7.250—7.750 MHz) sa up-down translacijom 725 MHz (za kanale 1-5) i 200 MHz (za kanal 6).

U UHF (SCT) opsegu sateliti imaju up-link u opsegu 300—400 MHz, a down-link u opsegu 225—260 MHz. Jednokanalni UHF transponder na DSCS III satelitima koristi se u sistemu AF-SATCOM.

Sistem DSCSIII i višestrukim pristupom na bazi tehnike proširenog spektra.

Prema podacima iz literature planirane su i faze DSCSIII-U i DSCSIV. Faza DSCSIII-U karakteriše se napuštanjem FDMA i korišćenjem postupka višestrukog pristupa na bazi vremenske raspodele TDMA. Planirano je i dinamičko upravljanje višesnoprnim antenama i/ili faziranim antenskim nizom. Predviđa se i upotreba izrazito usmerenih antena za opseg 30/20 GHz.

U fazi DSCSIV predviđa se, za potrebe fleksibilnije komutacije, obrada signala na satelitu koja podrazumeva spuštanje signala u osnovni opseg. Sistem treba da koristi višestruki pristup TDMA i da omogućava veliki kapacitet digitalnog prenosa informacija.

Tactical Satellite System (TSS)

Taktički satelitski sistem (TSS) namenjen je za obezbeđenje satelitskih komunikacija za potrebe:

- mobilnih kopnenih snaga (Ground Mobile Forces — GMF);
- taktičkih mornaričkih snaga (Tactical Naval Forces — TNF) i
- taktičkih vazduhoplovnih snaga (Tactical Air Forces — TAF).

Pred TSS su postavljeni zahtevi da svojim korisnicima obezbedi veze otporne na elektronsko izviđanje i ometanje.

U okviru TSS poznati su sistemi FLTSATCOM i LEASATCOM, a prema raspoloživim podacima, i sistem UFO pripada TSS-u.

Pri planiranju razvoja novih generacija TSS računa se na definitivno napuštanje UHF opsega i prelazak u EHF opseg. Planira se da uzlazne veze budu u opsegu 45 GHz, a silazne u opsegu 20 GHz.

Fleet Satellite Communications System (FLTSATCOM)

FLTSATCOM program započela je američka mornarica 1971. Sistem je trebalo da obezbedi višekanalnu UHF komunikaciju prvenstveno za potrebe mornarice, ali i za avijaciju i nuklearne snage. Po osnovnoj zamisli sistem je trebalo da poseduje 4 satelita u geostacionarnoj orbiti za globalno pokrivanje. Zbog kašnjenja prvog lansiranja od 1975. do 1978, Mornarica SAD je koristila usluge Marisata. Sateliti iz sistema FLTSATCOM postavljeni su na geostacionarnu orbitu na pozicije 23°W, 100°W, 75°E i 172°E. Ostvareno je globalno pokrivanje (70° N-70° S). Lansiran je bio i peti-rezervni satelit, ali neuspešno. Međutim, u nekim izvorima spominju se još dva satelita iz sistema FLTSATCOM pozicionirana nad istočnim Pacifikom na pozicijama 105°W i 100°W. Sateliti su teški po 912 kg, u orbiti, i imaju izračenu snagu 5 kW.

Prema dostupnim podacima svaki FLTSATCOM satelit ima po 23 kanala:

- devet kanala širine 25 KHz za vezu među terminalima za prenos podataka koje generiše vokoder ili odgovarajući terminal, sa kapacitetom 2400 Bit/s;
- dvanaest kanala širine 5 KHz za prenos podataka sa brzinom signalizacije 75 boda sa FSK modulacijom;
- jedan kanal širine 500 KHz koji omogućava ostvarenje 14 nezavisnih veza sa protokom 75 Bit/s i

— jedan kanal širine 25 KHz za globalno radio-difuzijsko pokrivanje za prenos signala poziva terminalima na Zemlji radi sa TDM sa protokom 1200 Bit/s sa 15 vremenskih prozora.

U nekim izvorima pominje se podatak o 42 kanala.

Veza u smeru zemaljski centar — satelit ostvarena je u SHF opsegu (3—30 GHz), a veza satelit — zemaljska stanica održava se u UHF opsegu (240—400 MHz).

Od još tri planirana, uspešno su lansirana dva satelita (decembar 1986. i septembar 1989) opremljena za rad u E opsegu sa brzim hopingom.

Leased Satellite (LEASAT)

LEASAT sistem koncipiran je da sa 4 satelita obezbedi komunikaciju širom Zemlje za potrebe Ministarstva odbrane SAD i da preuzme korisnike FLSATCOM sistema. LEASAT-1 lansirani su 30. 08. 1984, a LEASAT-2 08. 11. iste godine. LEASAT-3, koji je lansirani 12. 04. 1985. nije uspešno postavljen u planiranu nisku orbitu, pa je kvar otklonjen 27. 08. 1985. uz pomoć Space Shuttlea prilikom lansiranja LEASAT-4. Kako je 06. 09. 1985. izgubljen UHF signal sa LEASAT-4, lansirani su LEASAT-5 u januaru 1990.

Sateliti su pozicionirani iznad SAD, Atlantika, Pacifika i Indijskog okeana. Zemaljski segment sastoji se od: glavnog operativno-kontrolnog centra (El Segundo, Kalifornija), satelitskih kontrolnih centara (Guam, Havaji, Stockton — Kalifornija i Norflok — Virdžinija).

U UHF opsegu (240—400 MHz) sateliti imaju po 12 transpondera i koriste helikoidalne antene, a poseduju i difuzne antene. SHF opseg (7.250—7.500 MHz i 7.975—8.025 MHz) koristi se za telemetriju, komandovanje i radio-difuziju za Mornaricu SAD. Kod radio-

-difuzije up-link je u UHF opsegu, a emitovanje sa satelita se vrši u UHF i SHF opsegu.

UHF Follow-on (UFO)

Prema planu UHF Follow-on (UFO), Communications Satellite Programme trebalo je da zameni FLSATCOM i LEASAT satelite i da od 1992. postane primarni satelitski komunikacioni sistem za potrebe Mornarice SAD. Sistem je predviđen za rad u SHF opsegu, tako da, u prelaznoj fazi, koristi postojeće zemaljske stacionarne i mobilne stanice iz FLSATCOM i LEASAT sistema.

Sateliti imaju po 39 kanala sa višestrukim pristupom po DAMA sistemu. Prema dostupnim podacima, sa lansiranjem četvrtog satelita prelazi se u EHF opseg sa primenom tehnika za zaštitu od ometanja. Zanimljivo je da se, i pored primene tehnika za zaštitu od ometanja, primarni značaj daje kapacitetu sistema.

Planirano je da se po dva satelita postave nad okeanom i nad SAD, a jedan treba da bude rezervni u orbiti i još jedan na Zemlji.

Strategic Satellite System (SSS)

Strategijski satelitski sistem (SSS) obezbeđuje veze komandovanja sa stratejskim snagama, uključujući nuklearne snage i veze za potrebe nadgledanja u kritičnim situacijama.

Komunikacijski servis se obezbeđuje za potrebe:

— Vrhovne komande (National Command Authorities -NCA);

— Nuklearnih snaga (Nuclear Capable Forces);

— Obaveštajnih organa komandi združenih sastava i specifičnih komandi (Critical Intelligence Communication of Unified and Specified Command).

Pred sistem je postavljen zahtev da ima zaštitu od ometanja i veliku verovatnoću preživljavanja nuklearne eksplozije.

U okviru SSS-a nalazi se sistem AFSATCOM i novi sistem MILSTAR.

U planovima razvoja SSS predviđeno je da uzlazne veze budu u opsegu 45 GHz, a silazne u opsegu 20 GHz i/ili 40 GHz. U svakom slučaju, razvoj sistema SSS biće koordinisan sa razvojem sistema TSS zbog potrebe međusobnog uvezivanja. Osim toga, prelazak na nova rešenja (viši frekvencijski opseg, druge vrste višestrukog pristupa, i sl.) uvodiće se postepeno sa prelaznim periodom u kojem će se koristiti postojeća tehnička rešenja i oprema koja je u naoružanju.

Air Force Satellite (AFSATCOM)

AFSATCOM je satelitski komunikacioni sistem koji koristi višekanalne UHF transpondere na FLTSATCOM i SDS satelitima, a jednokanalne transpondere ima instalirane i na DSCS satelitu. Radi u UHF opsegu. Obezbeđuje veze komandovanja strategijskim nuklearnim snagama SAD. Verovatno će se korisnici AFSATCOM-a preseliti na MILSTAR.

Milstar Satellite Communication System (MILSTAR)

Ratno vazduhoplovstvo SAD pokrenulo je krajem 1981. razvoj novog satelitskog komunikacionog sistema -Milstar Satellite Communication System. Milstar je značio početak nove ere satelitskih komunikacija karakterisanih prelaskom u EHF opseg, fleksibilnošću i otpornošću na ometanje. Rad u EHF opsegu omogućava prednosti rada sa uskim antenskim snopom, čak uz upotrebu malih — praktičnih antena. Zahvaljujući primeni prenosa u proširenom spektru, procesiranju signala na

satelitu i upravljanju nulom antenskog snopa u smeru ametajućeg signala, kod ovog sistema je minimizirana mogućnost ometanja. Sistem Milstar omogućava komunikaciju satelit — satelit. Na taj način rešen je problem komuniciranja između predajne i prijemne zemaljske stanice koje ne »vide« isti satelit, a bez retranslacije preko zemaljskih stanica.

Planirano je da se lansira 8 satelita, uključujući jedan rezervni. Četiri radna satelita treba da budu postavljena u geosinhronu orbitu, a tri u eliptičnu polarnu orbitu. Prvo lansiranje je trebalo da bude obavljeno 1992. Prema nekim informacijama bilo je planirano da se lansira 10 satelita, ali je posle polemike u Senatu program smanjen na 6 ili 4 satelita.

Predviđeno je da korisnici Milstar-a, kao strategijskog i taktičkog satelitskog komunikacijskog sistema, budu ne samo RV SAD, nego i RM SAD i KoV SAD, zbog čega je posebno financiran razvoj zemaljskih uređaja prema vlastitim potrebama. RV SAD investiralo je u razvoj terminala za ugradnju na B-52, B-1B, E-3A, AWACS i E-4.

Tracking and Data Relay Satellite (TDRS)

Tracking and Data Relay Satellite (TDRS) sistem razvijen je za NASA-u, a projektovan je za potrebe komuniciranja između satelita, Zemlje i svemirskih brodova. Lansiranjem trećeg satelita u martu 1989. zaokružen je sistem TDRS — dva radna i jedan rezervni satelit. Sateliti su teški po 2259 kg sa snagom 1,7 KW. Pozicije satelita su: TDRS CENTRAL na 79°W, TDRS EAST na 41°W i TDRS WEST na 171°W. Sistem se kontroliše iz Goddard Space Flight centra u Grenbeltu, Maryland, a druga zemaljska stanica je u White Sandsu, New Mexico [6].

TDRS sateliti rade sa višestrukim i jednostrukim pristupom u S i Ku opse-

gu, sa brzinama prenosa podataka od 100 bit/s do 300 Mbit/s.

U Ku opsegu predajna frekvencija je 15,0034 GHz, a prijemna 13,775 GHz. U S opsegu predajna frekvencija je 2,287 GHz, a prijemna je 2,106 GHz. Za potrebe praćenja položaja (tracking servisa) satelita u niskim orbitama i svemirskih brodova emituje se signal u X opsegu na frekvenciji 8,212 GHz.

TDRS se koristi i za potrebe LANDSAT-a kao posredni komunikacioni sistem (LANDSAT ima i mogućnost direktne komunikacije sa zemaljskom stanicom u X opsegu).

Navstar GPS system

NAVSTAR je globalni navigacioni sistem koji se sastoji od 18 radnih i 3 rezervna satelita na visini 20.187 km. Pozicionirani su tako da se sa svake tačke na Zemlji vide 3—7 satelita i obezbeđuju određivanje vlastite pozicije u tri dimenzije. Sistem NAVSTAR emituje na dva kanala — 1575,42 MHz (L1) i 1227,6 MHz (L2). Kanal L1 obezbeđuje korisnicima tačnost određivanja pozicije u okviru 150 m. Drugi navigacioni signal emituje se na L1 i L2 kanalu i obezbeđuje korisnicima tačnost određivanja pozicije 15 m. Sistem poseduje mehanizam »selektivne raspoloživosti« (Selective Availability — SA) koji omogućava neovlašćenim korisnicima određivanje pozicije sa potpunom preciznošću. Deklarisana preciznost ostvarena je primenom frekvencijskog diverziteta i potrebnom širinom kanala na koji način je rešen problem kašnjenja i doplerovog pomaka.

NAVSTAR je odigrao jednu od ključnih uloga u ratu u Golfu. Međutim, kako nije bilo mogućnosti da se angažovane snage opreme potrebnim brojem prijemnika sa SA opcijom, to je SA mehanizam isključen. Jedinice su opremljene sa SLGR prijemnicima (Small Lightweight GPS Receiver — »slugger«) koji su pružali tačnost od-

ređivanja pozicije od 25 m. Rat u Golfu dao je zamah razvoju ručnog (hand-held) uređaja koji je nazvan Precision Lightweight GPS Receiver — »plugger«, i uređaja za avijaciju Miniaturised Airborne GPS Receiver (MAGR) — »maggger«. Istovremeno sa razvojem novih uređaja sa SA opcijom, razvijaju se i razne tehnike korekcije greške koje omogućavaju zadovoljavajuću preciznost uređaja bez SA opcije.

Ostali vojni satelitski sistemi

Satelitski sistemi Zajednice nezavisnih država

Poznato je da satelitski sistemi Zajednice nezavisnih država, u daljem tekstu satelitske sisteme Rusije, nije moguće podeliti prema korisnicima na civilne i vojne.

Smatra se da polovina od 150 ruskih satelita, koji su bili u operativnoj upotrebi sredinom 1988, spada u komunikacione satelite. Osnovu ruskog satelitskog komunikacionog programa čine sateliti iz sistema MOLNIJA. Kako se povećava broj satelita iz sistema MOLNIJA, a kako nema podataka da raste njihova upotreba za civilne komunikacije i difuziju, može se tvrditi da se koriste za državne i vojne komunikacije. Program MOLNIJA započeo je 1965 a iz serije MOLNIJA-1 krajem 1975 bilo je zadržano 33 satelita. Iz serije MOLNIJA-2, od 1971. stavljen je u operativni rad 15 satelita. Serija MOLNIJA-3 od 1974. ima 4 satelita.

Ruski svemirski brodovi, koji se koriste za lansiranje satelita, imaju veću nosivost nego brodovi zapadnih zemalja. Osim toga, 1987. poleteo je brod *Energia*, nosivosti 270 tona.

MOLNIJA sateliti postavljaju se u orbitu u toku 12 sati, sa perigejom 500 km nad južnom hemisferom, i apogejom 4.000 km nad severnom hemisferom. Do 1976. sistem MOLNIJA sadržavao je tri satelita pomaknuta po 120,

a od 1976. postavljaju se četiri satelita pomaknuta po 90° (sateliti MOLNIJA-1 ubačeni su između satelita MOLNIJA 2 i 3).

Sateliti MOLNIJA prave dve orbite dnevno — jednu nad Zajednicom nezavisnih država, a drugu nad Severnom Amerikom. Orbitalni parametri optimizirani su za maksimalni komunikacijski period nad prostorom od Moskve do Vladivostoka.

Sateliti iz serije MOLNIJA-1 nose jedan aktivni transponder 40 W i dva rezervna transpondera. Rade u frekventnom opsegu 1,0/0,8 GHz. Antene na satelitu su parabole sa prečnikom 1 m. Satelit je težak 1600 kg, dugačak 3,4 m, prečnika 1,6 m. Ima 6 solarnih panela koji obezbeđuju 500—700 W. Sateliti iz serije MOLNIJA-2 u odnosu na MOLNIJU-1 imaju drugačiju konfiguraciju solarnih baterija koje obezbeđuju snagu od 1 kW. Parabolična antena zamenjena je horn-antenom, a transponder radi u opsegu 6/4 GHz. Sateliti iz serije MOLNIJA-3 nose tri transpondera po 40 W, koji rade u opsegu 6/4 GHz. Od 1976. imaju antenski sistem koji se sastoji od 4 helikoidalne antene.

Rusi poseduju i jeftine satelite u niskim orbitama koji se koriste za »posebne« aktivnosti. Krajem šezdesetih aktivirali su dva takva sistema i smatra se da su još operativni. Prvi od ovih sistema imao je tri satelita mase po 900 kg i imali su kružnu orbitu na visini 800 km. Projektovane orbite omogućavaju da predajnik sa Zemlje, bilo gde u svetu, ima nekoliko prilika tokom 24 sata da preda informaciju satelitu koji će je kasnije proslediti na odredište. U toku izvođenja borbenih dejstava ovi sateliti se koriste za skoro real-time komunikaciju među elementima borbenog poretka.

Za satelite iz drugog od navedenih sistema poznato je da imaju kružnu orbitu na visini od 1.500 km i teški su 40 kg.

Rusi rade na satelitskom komunikacionom sistemu sa satelitima koji imaju sinhronu orbitu. Prvi ruski satelit sa sinhronom orbitom bio je Cosmos 637, lansiran 1974, a godinu dana kasnije u ekvatorijalnu sinhronu orbitu lansiran je satelit Molnija 1S. Smatra se da su dva navedena satelita eksperimentalni, a da je lansiranjem satelita Raduga, krajem 1975. započela era ruskih sinhronih komunikacionih satelita.

Za razliku od satelita iz serije MOLNIJA-1, koji rade u UHF opsegu, sateliti iz serije MOLNIJA-3, Raduga i kasnije lansirani sateliti iz klase GORIZONT rade u SHF opsegu.

Prvi iz klase geostacionarnih višenamenskih komunikacionih satelita VOLNA lansirana je 1980. Ovi sateliti rade u frekvencijskom opsegu dodeljenom za pomorsku satelitsku službu. Locirani su iznad Atlantskog, Tihog i Indijskog okeana.

U februaru 1989. Rusi su lansirali šest vojnih taktičkih komunikacionih satelita, pod nazivom COSMOS 1994 do 1999.

Kao što je već navedeno, potpuno je operativan i sistem Gonetz, koji poseduje »lake« satelite.

U člancima o ratu u Golfu pominje se da su Rusi koristili osmatračke satelite iz serije »Kosmos« i »Resurs« (angažovali su 14 satelita iz serije Kosmos — generacije 3, 4 i 5, sa vekom od 14 do 200 dana) [8].

Velika Britanija — SKYNET

Britanci su od prvog uspešnog lansiranja Skyneta-1 u novembru 1969. imali više neuspeha u programu Skynet.

Skynet-2, zamišljen kao standby satelit, pao je prilikom lansiranja u avgustu 1970. Skynet-2A, koji je trebalo da zameni ostareli Skynet-1, pao je prilikom ulaska u orbitu krajem 1973.

Skynet-2B uspešno je lansiran krajem 1974. i ako nije bio potpuno operativan, funkcionisao je krajem 1988. Radi u opsegu 7/8 GHz sa dva kanala (20 MHz i 2 MHz).

Kako NATO i DSCS sateliti nisu mogli zadovoljiti potrebe britanskih OS, posebno kraljevske mornarice, početkom osamdesetih britansko ministarstvo odbrane donelo je odluku da se lansiraju dva nova satelita (Skynet-4A u decembru 1988 — kasnio zbog pada Shuttlea 1986. i Skynet-4B u februaru 1989).

Skynet-4 ima 4 redundantna kanala u SHF opsegu (7/8 GHz) koji pokrivaju Evropu i severni Atlantik. U UHF opsegu (250/300 MHz) Skynet-4 ima jedan redundantan transponder, a eksperimentalno radi u EHF opsegu (44 GHz). Sistem je otporan na elektronsko ometanje.

Zemaljski segment sistema Skynet sastoji se od fiksnih, prevoznih-brodskih i mobilnih stanica.

Skynet sistem je korišćen u operaciji Pustinjska oluja.

Francuska — SYRACUSE

SYRACUSE je francuski satelitski komunikacioni sistem koji se naslanja na satelite Telecom. Razvoj je započeo 1983. godine i do lansiranja prvog satelita Telecom 1, krajem 1984, zemaljska mreža bila je kompletirana. Postavljene su 4 fiksne zemaljske stanice u Francuskoj, opremljeno je 20 brodova francuske RM i uveden je u naoružanje veliki broj mobilnih stanica. Višestruki pristup satelitu ostvaren je sistemom CDMA, a podaci su kriptozštićeni. Transponderi rade u opsegu 8/7 GHz. Oblast pokrivanja prijemnih i predajnih antena je identičan i obuhvata prostor od srednjeg istoka do istočnih obala severne i južne Amerike [3].

Drugi Telecom satelit lansiran je 1988, a iste godine odlučeno je da se lansiraju 3 satelita za sistem Syracuse 2.

NATO

NATO satelite razvili su Lora Western Development Labs. i British Space and Communications Division. NATO sateliti — I saze postali su operativni šezdesetih godina kroz američki satelitski program »US Defense Communications Satellite Program — IDSP«. Navedeni program obuhvatao je dve zemaljske stanice MASCOT i 27 satelita.

NATO — II faza obuhvatila je 12 zemaljskih stanica i dva satelita srednjeg kapaciteta, slična britanskom satelitu Skynet-1.

NATO — III faza sa follow-on satelitima projektovana je kao kosmički segment komunikacionog sistema NATO »NATO Integrated Communications Systema — NICS«. Za potrebe NICS definisan je frekvencijski plan na transponderima — tri kanala širine 17 MHz, 85 MHz i 550 MHz u X-opsegu. Prva dva opsega namenjena su za pokrivanje Evrope, a treći za vezu među obalama Atlantika. U skladu sa takvom podelom koncipirani su i antenski snopovi. Projektovani životni vek satelita iznosi 7 godina sa 29% verovatnoće da prežive definisani period [1, 2].

Iz NATO-III faze lansirani su sateliti NATO-IIIA u aprilu 1976, NATO-IIIB u proleće 1977, NATO-IIIC u novembru 1978. i NATO-IIID u maju 1981.

NATO-IV faza kasnila je tako da je NATO-IVA satelit lansiran u januaru 1991, a i lansiranje NATO-IVB predviđeno je bilo za početak devedesetih godina.

Komercijalni satelitski sistemi u vojnoj primeni

MARISAT

Pomorski satelitski sistemi MARISAT razvila je i stavila u funkciju 1976. General Comsat Corp., sa namerom da obezbedi telekomunikacioni servis za

trgovačke brodove i obalsku industriju. Međutim, korisnici sistema postali su i američka ratna mornarica (oko 600 plov-
nih objekata RM SAD opremljeno je
za rad u sistemu MARISAT) i britanska
ratna mornarica (od 1981). Sistem po-
seduje tri satelita. Dva su u sinhronim
orbitama na visini 36.000 km i locira-
ni su iznad Pacifika i Indijskog okea-
na. Treći je lociran iznad američkog
kontinenta. Svaki od satelita iz siste-
ma MARISAT radi u tri frekvencijska
opsega :UHF za američku i britansku
mornaricu, L i C opsezi za komercijalne
pomorske i mobilne zemaljske koris-
nike.

Comsatov centar u Clarksburgu,
Maryland je glavni komandni i kon-
trolni centar za sistem MARISAT. Obal-
ske stanice, locirane u Southburyu, Con-
necticutu, Santa Paulau i Yamaguchiu,
omogućavaju korisnicima sistema MA-
RISAT uključivanje u svetske teleko-
munikacione mreže (telefonske ,telex,
data...).

INMARSAT

Međunarodna korporacija INMAR-
SAT formirana je 1979. sa kapitalom
Comsata (SAD), SSSR-a, Velike rBita-
nije i Japana. INMARSAT, kao global-
ni pomorski satelitski sistem iznajmlju-
je svoje kapacitete i raznim drugim ko-
risnicima, uključujući industriju,špedci-
ju, i sl. Komercijalni status sistema i re-
lativno jeftina oprema malog gabarita
za zemaljsku stanicu, uslovili su da si-
stem ima mnogo raznovrsnih korisnika,
što potvrđuje mogućnost da su posredni
korisnici i armije nekih zemalja. Već je
spomenuto da je sistem našao primenu
i u ratu u Golfu.

Deo kapaciteta INMARSAT-a kori-
sti se za mobilnu satelitsku telefoniju.

INMARSAT koristi iznajmljene ka-
pacitete na satelitima Intelsat V, Mare-

cs, Marisat, firme Comsat General i Ev-
ropske kosmičke agencije. U atlantskom
regionu aktivna su dva satelita — isto-
čni i zapadni (nasledili satelit Marecs
na 334°E), u indijskom regionu Intelsat
V na 63°E, a u pacifiku Intelsat V na
177,5°E (nasledio Marisat na 176,5°E).

Brodске stanice ostvaruju prenos
telegrafije u TDM/TDMA 2ΦPSK nači-
nu rada, a telefoniju sa FM/FDMA na-
činom rada. Obalske stanice upravljaju
radom brodskih stanica, odnosno dode-
ljuju slobodne radio-kanale unutar ra-
spoloživih 339 parova frekvencija sa ra-
sterom 25 kHz. Po svakom kanalu mo-
guće je obavljati dvosmernu telefonsku
i telegrafsku komunikaciju, prenos fa-
ksimila i podataka sa protokom 56
kBit/s.

Frekvencijski plan sistema IN-
MARSAT kada koristi INTELSAT V je
sledeći:

— satelit ka brodu — — — —	
	1535 — 1542,5 MHz;
— brod ka satelitu — — — —	
	1636,5 — 1644,5 MHz;
— satelit ka kopnu — — — —	
	4192,5 — 4200,5 MHz;
— kopno ka satelitu — — — —	
	6417,5 — 6425,0 MHz.

U eksploataciju su uvedeni minija-
turni prenosni terminali raznih proiz-
vođača za komunikaciju u sistemu IN-
MARSAT. Terminali su dimenzija LAP-
-TOP računara, a antene su sličnih di-
menzija ili manje.

INTELSAT

Intelsat je globalni satelitski komu-
nikacioni sistem. Preko 150 zemalja ko-
risti sistem Intelsat. O njemu postoji
obilje podataka, s obzirom na civilni ka-
rakter sistema. U ovom članku posve-

čuje mu se izvesna pažnja s obzirom na značaj sistema i na činjenicu da su, prema nekim informacijama, kapaciteti sistema korišćeni u zalivskom ratu.

Lansiranjem Intelsata I (Rada Ptica) 1965. otvorena je era komercijalnih geostacionarnih satelita. U međuvremenu sistem je prošao razvojni put do V, V-A i VI generacije. Sistem predstavlja okosnicu međunarodnog TT i TV saobraćaja. Za potrebe globalnog pokrivanja sistem je organizovan po regionima koji nose imena okeana. Sateliti se završavaju, a oni koji su u međunarodnom saobraćaju stavljeni van funkcije zbog nedovoljnog kapaciteta, koriste se za domaći saobraćaj zainteresovanih zemalja članica organizacije Intelsat. U orbitu su postavljeni i rezervni sateliti (57°E , 179°E , 322°E , $338,5^{\circ}\text{E}$), a određena je i pozicija za »penzionisane« satelite (između 1°E i 7°E i između 31°E i 322°E).

Sateliti iz generacije Intelsat V imaju kapacitet 25000 telefonskih kanala i 2 TV kanala. Navedeni kapacitet postignut je četvorstrukim korišćenjem opsega 6/4 GHz i korišćenjem novog opsega 14/11 GHz. Četvorstrukom korišćenju raspoloživog opsega od 500 MHz u području 6/4 GHz postignuto je dvostrukim korišćenjem frekvencija prostornom izolacijom snopova zračenja i dvostrukim korišćenjem frekvencija polarizacionom izolacijom snopova zračenja antena, odnosno korišćenjem suprotnih kružnih polarizacija.

Kod Intelsata V moguće je ostvarivanje veza na 6/4 GHz, 6/11 GHz i 14/4 GHz. U FDM/FM/FDMA načinu rada, radi se sa različitim kapacitetima od 12 do 972 kanala širine opsega od 1,25 do 36 MHz (devet različitih širina). U sistemu se radi sa: FDM/FM/FDMA, FM/TV, SPADE/PSK, SCPC/PSK, CMF, TDMA/DSI načinima rada.

Nove generacije sistema Intelsat (V-A i VI) karakterisane su dinamičkom komunikacijom većeg broja uskih snopova u toku TDMA/DSI rama prema zemaljskim stanicama koje trenutno emituju.

Zaključak

Analizirajući publikovane i ostale raspoložive podatke o novim i planiranim satelitskim sistemima, kao i iskustva o upotrebi satelitskih sistema u skorijim ratovima (rat za Foklande, Pustinjska oluja, rat u bivšoj Jugoslaviji) moguće je izvući zaključke o trendu razvoja i načinu upotrebe satelitskih komunikacionih sistema u vojnoj primeni.

Satelitske komunikacije našle su primenu na svim nivoima rukovođenja i komandovanja. Intencija je da se usluge koje pružaju satelitski sistemi (komunikacioni, navigacioni, izviđački, meteorološki) stave na raspolaganje, ne samo komandama operativno-strategijskog nivoa i specijalnim snagama, već i nižim taktičkim jedinicama, borbenim sistemima, letelicama, plovnim objektima svih kategorija, pa čak i vojniku. To, naravno, ne isključuje upotrebu zemaljskih komunikacionih sistema i sredstava, već se komunikacije organizuju kao komplementarne ili redundantne.

Prelazak na više frekvencijske opsege (SHF, EHF), uz odgovarajuću tehnologiju, donosi prednosti rada sa manjim snagama i antenama i veće kapacitete sa manjim terminalima. Međutim, UHF opseg i dalje ostaje atraktivan za mobilne zemaljske stanice koje se ugrađuju na vozila i za ručne — prenosne stanice, zbog relativno jednostavnih antena i jeftinih terminala.

Opređenje je da se prelazak na nove sisteme vrši evolutivno radi mak-

simalnog iskorišćenja instaliranih potencijala u kosmosu i stanica na Zemlji, odnosno primaran značaj se daje kapacitetu svih instaliranih sistema. To se odnosi i na komercijalne satelitske sisteme. Jedan od zaključaka iz rata u Golfu bio je da jedinice treba opremiti i laganim, jeftinim terminalima za komunikaciju preko komercijalnih satelitskih sistema koji imaju rešeno globalno, svetsko pokrivanje [1]. U tom smislu zanimljive su i informacije koje govore da se sa zapada vrši pritisak na Rusiju da iznajmi deo kapaciteta na komunikacionim satelitskim sistemima, za koje je već rečeno da su istovremeno i civilni i vojni. Međutim, za takav aranžman Rusi nemaju rešen problem tarifiranja.

Snage UNPROFOR-a na prostorima bivše Jugoslavije koriste, pored ostalog, komercijalni satelitski sistem Inmarsat, kao i navigacioni sistem NAVSTAR GPS.

Zaštita satelitskih komunikacija od elektronskog izviđanja i ometanja (zaštićeni sistemi prenosa, postupci višestrukog pristupa, obrada signala na satelitu, formiranje antenskog dijagrama sa nulom u smeru ometajućeg signala...) visok su prioritetni zahtev pri projektovanju satelitskih komunikacionih sistema.

Obrada signala na satelitu, osim značaja koje ima sa stanovišta elektronskog izviđanja i ometanja, omogućava i da sistem racionalno odgovori dinamičkim promenama komunikacijskih zahteva zemaljskih stanica.

Satelitski sistemi za globalno pokrivanje sa rezervnim satelitima u orbiti su kičma svetskog (worldwide) komunikacionog sistema i predviđeni su da prežive nuklearni rat. Mali, jeftini sateliti (tzv. mikrosateliti) u niskim orbitama sa kratkim životnim vekom, koji se lako lansiraju i koji se mogu brzo prilagoditi komunikacijskim zahtevima, afirmisali su se u ratu u Golfu. Taktika upotrebe je slična kao kod tzv. špijunskih satelita — satelit primi informaciju prilikom nailaska iznad zemaljske predajne stanice, a emituje je u trenutku mogućeg kontakta sa prijemnom zemaljskom stanicom ili sa drugim satelitom. Navedeni koncept je poznat pod nazivom store-and-forward data applications.

Na kraju, poznavanje satelitskih komunikacionih sistema potencijalnog agresora nesumnjivo pruža mogućnost da se odrede ranjive tačke u sistemu. Tehnološka i tehnička inferiornost, svakako, predstavljaju ograničavajući faktor za EI i PED na satelitske komunikacione sisteme. Međutim, neke od ranjivih tačaka osetljive su i na protiv-elektronska borbena dejstva (PEBD).

Literatura:

- [1] JANES Military Communications 1992/93.
- [2] JANES C3I Systems 1992/93.
- [3] Military Satellite Communications, P. Houzelot, Electrical Communications, Vol. 65. No 3, 1992.
- [4] Digitalne telekomunikacije, G. Lukatela.
- [5] SIGNAL, Februar 1981.
- [6] Ku-band Satellite Communication Via TDRSS, R. B. Landon, H. G. Raymond.
- [7] Međunarodni pravilnik o radiokomunikacijama i preporuke CCIR.
- [8] Introduction to Satellite Systems, Barry Evans, Satellite Communications Seminar, Bienenheim, 1990.
- [9] Le renseignement durant la guerre du Golfe, Jacques, F. Land, Revue Militaire Suisse.
- [10] Mikrosatellites — a New Species of Satellite, Martin Sweeting, Graduate Scientist & Engineer Vol. 11 No. 7.

TIP SIGNALA	SIGNAL U OSNOVNOM OPSEGU	RF SIGNAL
ANALOGNA TELEFONIJA	jedan telefonski kanal (0,3-3,4 KHz)	SCPC/FM ili SCPC/CFM B=22,5; 30 ili 45 KHz
	FDM multipleks B=12 do 4,5 x n KHz (n=12 do 1092 kanala)	SSB/AM (B= osnov.opseg) FDM/FM ili FDM/CFM B=1,25 MHz (12 kanala) do 36 MHz (1092 kanala)
DIGITALNA TELEFONIJA	jedan kanal PCM 64 Kbit/s ADPCM 32 Kbit/s	SCPC/PSK (B=22,5 ili 45 KHz)
	TDM multipleks do 34 Mbit/s	TDM/PSK
TELEGRAFIJA TELEKS	FDM multipleks 50 do 300 Boda telegrafija ili teleka kanal po telefonskom kanalu (npr. 24 x 50 Boda/kan)	kao analogna telefonija
ANALOGNA TELEVIZIJA	B=0 - 5 MHz	SCPC/FM B=18 ili 30 MHz
PODACI	-male brzine: 2,4; 6,4; 9,6 i 32 Kbit/s -ISDN: 64 Kbit/s -srednje i velike brzine: n x 64 Kbit/s (n=2 do 31) - 2 Mbit/s	TDM/PSK SCPC/PSK

POSTUPCI VIŠESTRUKOG PRISTUPA

Frequency Division Multiple Access (FDMA)

Time Division Multiple Access (TDMA)

Code Division Multiple Access (CDMA)

RASPODELA FREKVENCIJSKO-VREMENSKIH RESURSA
(Fiksna i po zahtevu)

a)

c)

b)

d)