

VAJA 23. - MERITEV SIGNALOV SATELITSKE MOBILNE TELEFONIJE

1. Sistemi satelitske mobilne telefonije

Načrtovalske zahteve satelitske telefonije so zelo hude. Po eni strani je treba zagotoviti visoko zmogljivost radijskih zvez v obeh smereh, od satelita do uporabnika in od uporabnika do satelita. Po drugi strani razpolaga uporabnik le z majhno, neusmerjeno anteno. Neusmerjena uporabniška antena pogojuje vsaj v začetnih sistemih uporabo razmeroma nizkih frekvenc v pasu med 1.6GHz in 2.5GHz.

Razmeroma nizke frekvence uporabniških zvez po drugi strani zahtevajo velike in komplicirane antenske sisteme z večjim številom snopov sevanja na krovu satelita. Izmere in maso anten na krovu satelita se da nekoliko zmanjšati z uporabo večjega števila satelitov v razmeroma nizkih tirnicah. Ker sateliti v takšnih tirnicah ne morejo biti geostacionarni, se mora uporabnikov telefon samodejno preklopiti na naslednji viden satelit oziroma hkrati komunicirati z več sateliti.

Čeprav je bilo predlagano večje število različnih satelitskih mobilnih telefonskih sistemov, sta bila v resnici do danes izdelana samo dva: IRIDIUM (Motorola) in GLOBALSTAR (Qualcomm). Čeprav uporabljata oba sistema večje število satelitov v nizkih, skoraj krožnih tirnicah okoli Zemlje, se v podrobnostih v marsičem razlikujeta.

Sistem IRIDIUM uporablja več kot 80 satelitov v nizkih krožnicah na višini 780km z naklonom 86.4 stopinje glede na ekvatorialno ravnino. Sateliti sistema IRIDIUM so razmeščeni v šestih različnih tirnicah, ki se med sabo razlikujejo po rektascenziji dvižnega vozla v korakih po 30 stopinj. Na vsaki takšni tirnici je razmeščenih 11 delovnih satelitov in še nekaj rezervnih, saj premik vzdolž iste tirnice zahteva le manjšo količino raketnega goriva.

Radijske zveze v sistemu IRIDIUM so prikazane na sliki 1. Uporabniška zveza s satelitom poteka v frekvenčnem pasu 1610...1626.5MHz v obeh smereh. Upravne postaje oddajajo proti satelitom v pasu 30GHz ter sprejemajo v pasu 20GHz. V sistemu IRIDIUM upravne postaje sicer niso nujno potrebne za vzpostavljanje zvez, saj imajo sateliti na krovu tudi vso potrebno komutacijo in po potrebi vzpostavijo medsebojno, medsatelitsko zvezo v frekvenčnem pasu 23GHz.

Uporabniška zveza v frekvenčnem pasu okoli 1.6GHz uporablja frekvenčni in časovni multipleks podobno kot zemeljski telefonski sistem GSM, le da so frekvence, hitrosti prenosa podatkov in dolžine okvirjev prirejene satelitskim zvezam. Visok naklon tirnic satelitov IRIDIUM omogoča pokrivanje celotne zemeljske površine vključno s tečaji. Medsatelitske zveze pri tem omogočajo delovanje sistema tudi v slučaju, ko razpoložljivi satelit ni v vidnem polju ene od upravnih postaj.

Sistem GLOBALSTAR predvideva uporabo 48 satelitov v nekoliko višjih krožnicah na višini 1420km z naklonom

52 stopinj glede na ekvatorialno ravnino. Sateliti sistema GLOBALSTAR so nameščeni v osmih različnih tirnicah, ki se med sabo razlikujejo po rektascenziji dvižnega vozla v korakih po 45 stopinj. Na vsaki takšni tirnici bo razmeščenih šest delovnih satelitov in še nekaj rezervnih.

Radijske zveze v sistemu GLOBALSTAR so prikazane na sliki 2. Uporabniški telefon sprejema satelit v pasu 2483...2500MHz ter oddaja proti satelitu v pasu 1610...1626.5MHz. Upravne postaje oddajajo proti satelitom v pasu 5GHz ter sprejemajo v pasu 7GHz. Sateliti sistema GLOBALSTAR so veliko enostavnejši od satelitov IRIDIUM in vsebujejo le navadne radijske pretvornike brez komutacije ali obdelave signalov na krovu. Sistem GLOBALSTAR tudi ne vsebuje medsatelitskih zvez.

Uporabniška zveza v frekvenčnih pasovih 1.6GHz in 2.5GHz uporablja frekvenčni in kodni multipleks podobno kot zemeljski telefonski sistem IS-95, le da so frekvence nosilcev prilagojene satelitskim zvezam. Višina tirnice 1420km in naklon 52 stopinj omogočata dobro pokrivanje gosto naseljenih delov zemeljske površine do približno 70 stopinj severne ali južne zemljepisne širine. Sistem GLOBALSTAR ne pokriva polarnih področij kot tudi ne področij, kjer ni razpoložljivih zemeljskih upravnih postaj.

## 2. Seznam potrebnih pripomočkov

-----

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Parabolično zrcalo premera 1.2m na stojalu z desno-krožno polariziranim žarilcem za frekvenčno področje 1.6GHz in 2.5GHz.
- (2) 30dB malošumni ojačevalnik za frekvenčno področje 1.6GHz.
- (3) 30dB malošumni ojačevalnik za frekvenčno področje 2.5GHz.
- (4) Napajalno kretnico in 12V napajalnik za ojačevalnik.
- (5) Pasovni siti za 1.6GHz in 2.5GHz.
- (6) Visokofrekvenčni spektralni analizator 0...3GHz z demoduliranim izhodom in zvočnikom.
- (7) Priključne kable za vse povezave.
- (8) Računalnik s programom za izračun položaja satelita in vmesnikom za krmiljenje vrtiljaka.

Razporeditev in povezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 3.

## 3. Obrazložitev in opis poteka vaje

-----

Za vajo si oglejmo signale, ki jih sateliti IRIDIUM in GLOBALSTAR oddajajo mobilnim uporabnikom. Od vseh satelitskih so ti najmočnejši in jih je zato najlažje sprejemati. Hkrati jakost teh signalov predstavlja glavno omejitev sistema. Za vajo si seveda privoščimo veliko večjo, usmerjeno anteno, ki daje boljše razmerje signal/šum ter omogoča izbiro željenega satelita.

Pred začetkom opazovanja moramo ugotoviti, kateri sateliti so sploh vidni ob danem času. V ta namen uporabimo računalnik s primernim programom za izračun tirnice satelita ter njegovega položaja na nebu. Program potrebuje kot vhodne podatke Keplerjeve elemente tirnice satelita, zemljepisno lego naše sprejemne postaje in točen čas. Vsi programi za izračun tirnic delujejo v času UTC, ki približno ustreza

Sončni uri na Greenwich-evem poldnevniku.

Ker sateliti sistemov IRIDIUM in GLOBALSTAR krožijo v razmeroma nizkih tirnicah, so preleti posameznih satelitov razmeroma kratki, 10 do 15 minut in v tem času satelit preleti znaten del neba. Z usmerjeno anteno moramo zato stalno slediti satelit ter smer antene popravljati vsakih 15 sekund ali manj. Sledenje satelita znatno olajša vmesnik, preko katerega računalnik samodejno krmili smer antene.

Kot merilni sprejemnik uporabimo visokofrekvenčni spektralni analizator v različnih načinih delovanja: kot merilnik spektra v frekvenčnem področju, kot selektivni sprejemnik v časovnem področju in kot sprejemnik z demodulatorjem, ki krmili zvočnik. Ker je šumno število običajnih spektralnih analizatorjev razmeroma visoko (okoli 20dB), uporabimo še dodaten nizkošumni ojačevalnik.

Nizkošumni ojačevalnik vgradimo čimbližje anteni, kot je to prikazano na sliki 3. Nizkošumni ojačevalnik dobi napajanje preko visokofrekvenčnega koaksialnega kabla, kar razen ustreznega napajalnika zahteva še napajalno kretnico (bias tee). Pred spektralni analizator vstavimo še pasovno sito (širine približno 200MHz), ki preprečuje, da močni signali zemeljskih oddajnikov prekrmlijo vhodni mešalnik spektralnega analizatorja.

Spektralni analizator nato nastavimo na tisto osrednjo frekvenco, kjer pričakujemo satelitske signale: 1624MHz v sistemu IRIDIUM oziroma 2492MHz v sistemu GLOBALSTAR. Širino preleta nastavimo na 5MHz, ločljivost pa okoli 100kHz. Z vrtenjem antene skušamo nato poiskati satelitski signal in satelitu slediti pri preletu preko neba.

#### 4. Prikaz značilnih rezultatov

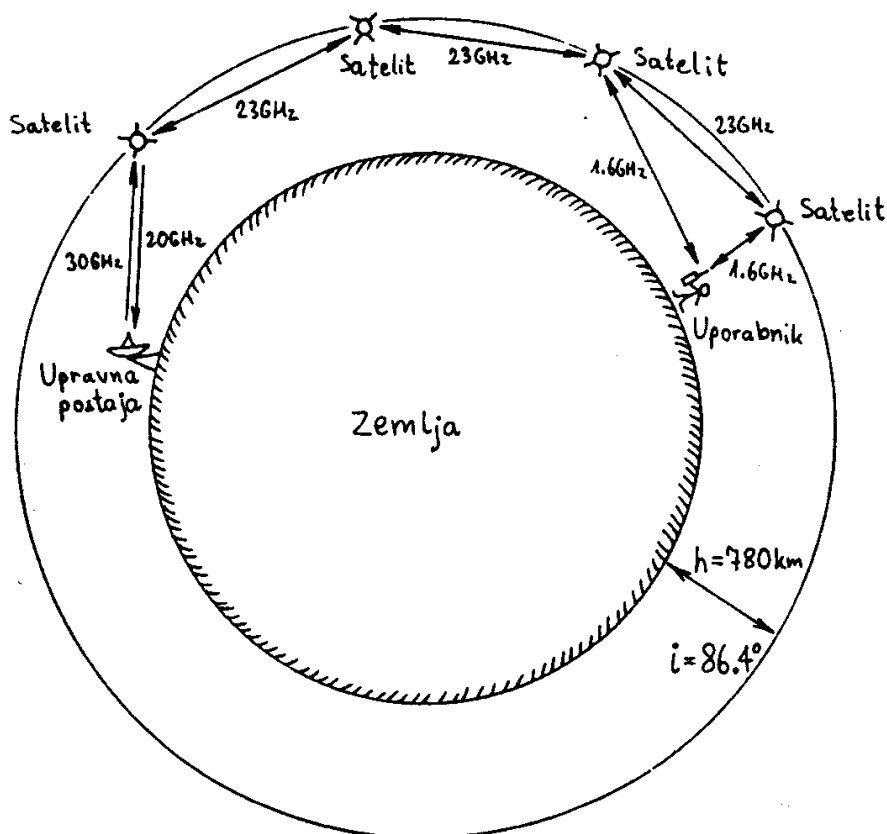
-----

V vaji izmerimo signale, ki jih oddajajo sateliti IRIDIUM in GLOBALSTAR. V obeh slučajih izmerimo frekvence in pasovne širine signalov, ki jih vidimo na zaslonu spektralnega analizatorja. Iz istega satelita dobimo več signalov različnih jakosti, saj imajo sateliti obeh sistemov oddajne antene z več snopi, ki so usmerjeni v različne smeri.

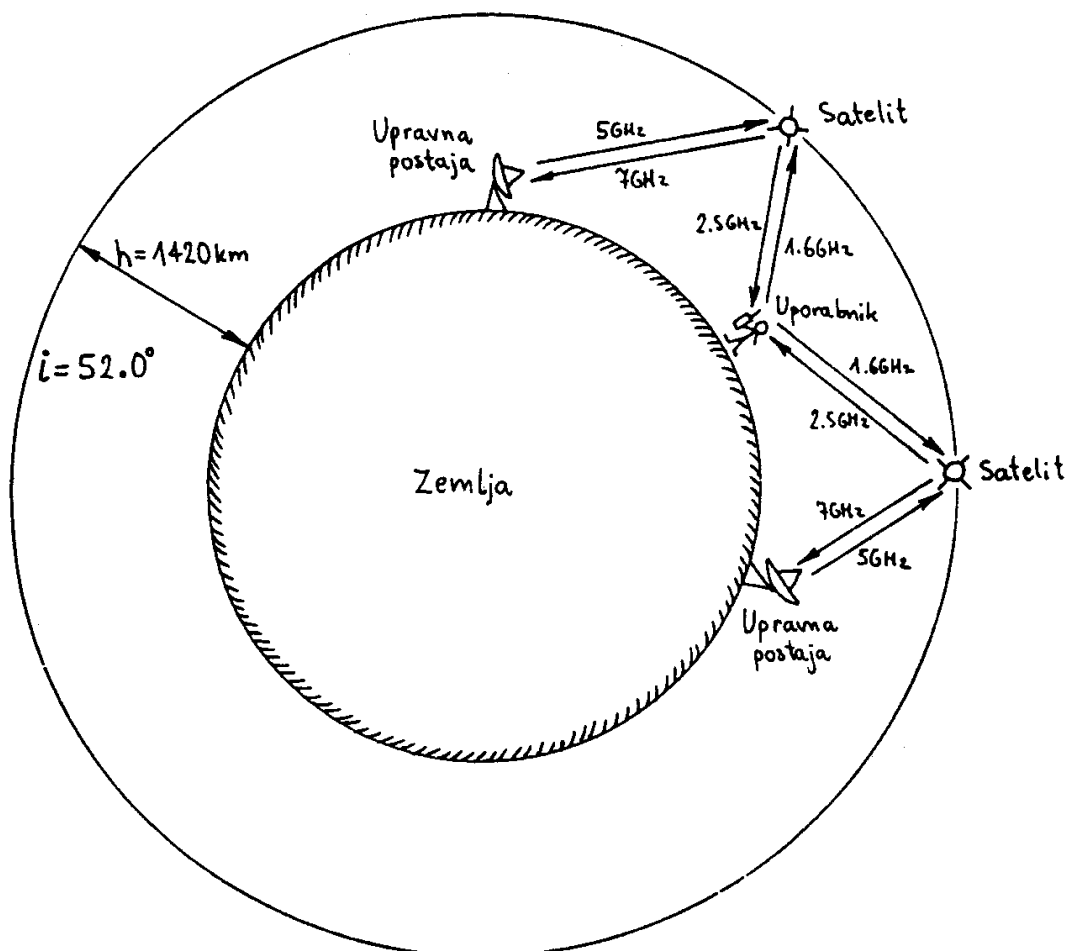
V sistemu IRIDIUM nato skušamo določiti dolžino okvirjev in čas ponavljanja okvirjev iste radijske zveze. To najlažje storimo tako, da spektralni analizator preklopimo na veliko pasovno širino (1MHz ali več) in ustavimo preletavanje po frekvenci (zero span). Na zaslonu spektralnega analizatorja tedaj opazujemo časovni potek jakosti signalov. Delo nam olajša tudi slikovni pomnilnik, če spektralni analizator z njim razpolaga.

V sistemu GLOBALSTAR lahko iz pasovne širine signala sklepamo na bitno hitrost razpršilnega zaporedja. Če tudi v tem slučaju zaustavimo preletavanje po frekvenci (zero span) in vstavimo primerno ozko medfrekvenčno sito, slišimo v zvočniku popačen pisk. Iz frekvence piska lahko sklepamo o periodi ponavljanja razpršilnega zaporedja.

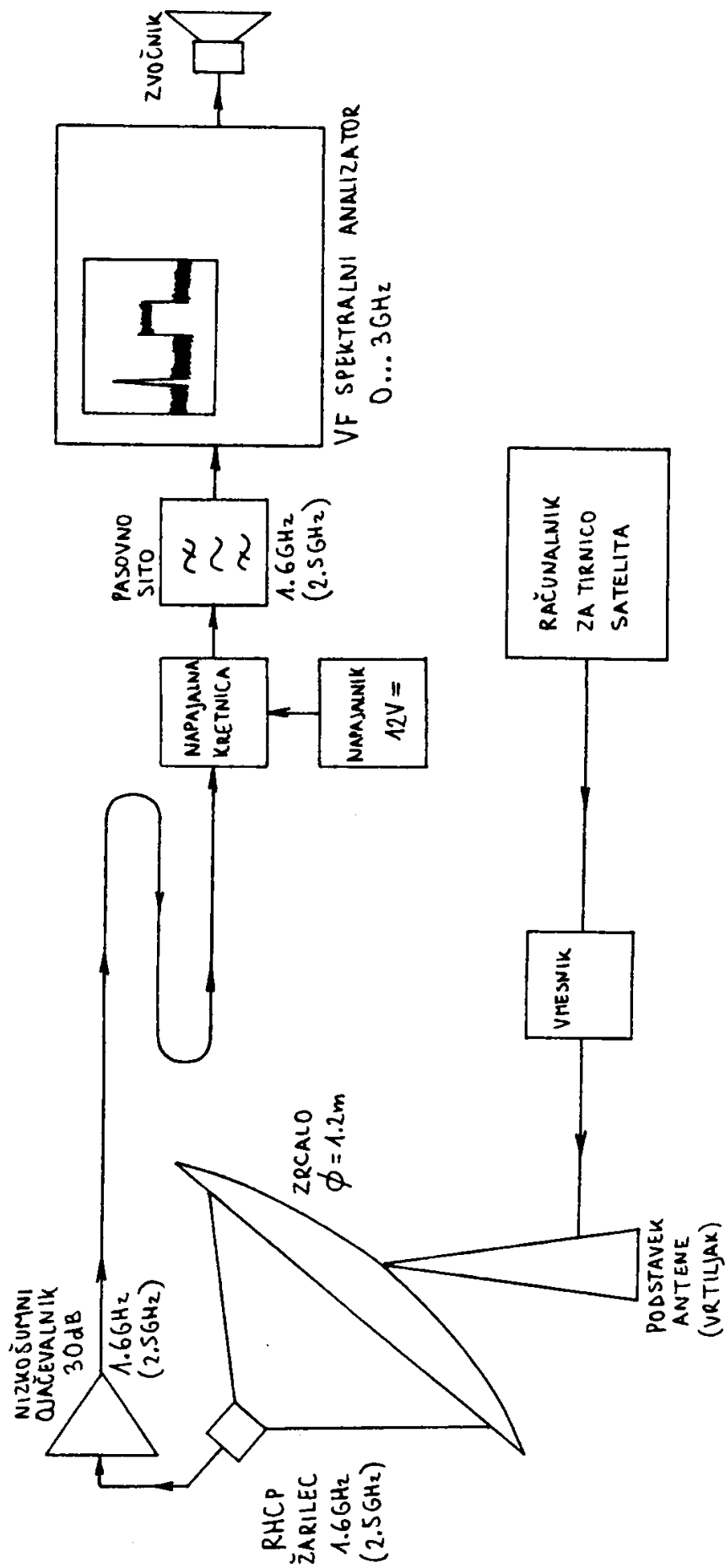
Končno, v obeh sistemi skušamo oceniti stopnjo uporabe sistema. V sistemu IRIDIUM je razmeroma enostavno razlikovati med podatkovnimi okvirji za uporabnike in režijskimi okvirji, ki vsebujejo vedno isti bitni vzorec. V sistemu GLOBALSTAR pa lahko opazujemo vklapljanje in izklapljanje posameznih CDMA nosilcev.



Slika 1 - Satelitski sistem IRIDIUM.



Slika 2 - Satelitski sistem GLOBALSTAR.



Slika 3 - Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.