



Vještački sateliti kao sredstvo za navigaciju

Kap. freg. N. Safonov, Split

Izgradnja američke podmorničke flote sa atomskim pogonom, naoružane vođenim raketama srednjeg dometa »POLARIS«, zahtjevala je — pored ostalog — da se pronađe mogućnost što tačnijeg određivanja pozicija na otvorenom moru. U protivnom se ne bi moglo postići tačan pogodak raketom na cilj na daljinama 1500 km i više. Prvi korak u određivanju tačnih pozicija i vođenja navigacije na zaronjenoj podmornici, koja danima pa i mjesecima ne izronjava, bila je inerciona navigacija. Navigacijski inercioni uređaji (takozvani SINS = Ship Inertial Navigation System) su već u praksi dokazali da pouzdano rade, ali je još uvijek ostala potreba za povremenim kontrolama pozicija dobivenih inercionim proračunom.

Brod na površini mora može kontrolisati podatke inercionog uređaja pomoću astronomskih osmatranja. Međutim i ovaj način sadrži izvjesne greške (naročito u mjerenju visine nebeskih tijela), a osim toga moguće je samo onda kada se vide nebeska tijela. Pošto se za gađanje raketama mora odrediti pozicija sa što manjom greškom i neovisno o vidljivosti nebeskih tijela, to je bilo nužno da se pronađe pouzdaniji način.

Ideja da se vještački satelit upotrebi kao navigacijsko sredstvo potekla je iz univerziteta John Hopkins u SAD. U ovom univerzitetu je 1957. godine vršeno posmatranje i praćenje sovjetskih vještačkih satelita SPUTNIK—I i SPUTNIK—II i određivani su veoma precizno elementi njihovih orbita na osnovu Dopplerovog efekta, t. j. vršeno je mjerenje promjene primljene frekvencije radio-talasa,

koje su emitirale radio-stanice satelita. Na osnovu prirodnog zakona da je promjena frekvencije proporcionalna radialnoj (uzdužnoj) komponenti brzine u odnosu na nepomičnog posmatrača i uz mjerenje ove promjene istovremeno sa više mjesta na površini zemlje (čija pozicija je bila tačno poznata) uspjelo je odrediti tri geografske koordinate (dužina, širina i visna) i tri vektora brzine (uzdužni, bočni i vertikalni) satelita.

Pošto su izmjereni podaci bili veoma precizni to je 1958. godine vještački satelit iskorišten za određivanje pozicija pojedinih mjesta na zemlji. Tom prilikom korišteni su radio-signali, koje je emitirao američki vještački satelit VANGUARD—I, čija orbita je bila tačno poznata. Ove signale primale su radio-stanice na tihooceanskim otocima Wake, Kwajalein i Guam i na osnovu toga određene su pozicije prijemnih radio-stanica na nabrojanim otocima. Proračun je pokazao da su na taj način pozicije stanica određene sa greškom ispod 20 metara.

Na osnovu ovih ispitivanja predloženo je da se pristupi određivanju pozicija brodova na otvorenom moru pomoću vještačkih satelita. Osnovna ideja ovakvog načina bila je slijedeća:

— brod mora u svakom momentu tačno poznavati elemente orbite vještačkog satelita, dakle njegove geografske koordinate (apsolutna pozicija),

— mjerenjem smjera i udaljenosti satelita od broda dobila bi se relativna pozicija broda u odnosu na satelit,

— na osnovu tačno poznate, apsolutne pozicije satelita i relativne pozicije broda dobija se i apsolutna pozicija broda, t. j. njegove geografske koordinate.

Isti princip može se upotrebiti i za određivanje pozicija aviona, s tim što bi se osim toga odredila i apsolutna visina leta aviona.

Osnovna teškoća ovog načina određivanja pozicija leži u tome odakle će brod odnosno avion dobiti u bilo kom momentu podatke o koordinatama satelita. Orbita satelita nije potpuno ustaljena i može se znatno mijenjati tokom vremena, a ove promjene se obično ne mogu predvidjeti za duži vremenski period unaprijed. Proračun trenutnih elemenata orbite i prognoza daljeg načina kretanja satelita mora se vršiti dosta često, a može se vršiti samo pomoću komplikovane i glomazne opreme, koju mogu imati veliki opservatoriji na kopnu.

No, ovdje je priskočila u pomoć suvremena elektronika i navigacijski satelit postaje i sredstvo za osmatranje, t. j. mjerenje i ujedno izvor informacija. Zahvaljujući elektronicima postupak u određivanju pozicija pomoću vještačkog navigacijskog satelita odvija se na slijedeći način. Na jednom mjestu na zemlji mora postojati stanica opremljena elektronskim uređajima za praćenje satelita. U momentu (T_1) prolaza satelita iznad nje, uređaji hvataju njegove radio-sigurne i određuju veličinu promjene frekvencije primljenih signala. Ovaj proračun vrši poseban računski centar. Na osnovu primljenih signala i promjene frekvencije određuju se trenutni elementi orbite. Ovi podaci služe za proračun budućeg kretanja satelita za izvjestan pariod unaprijed. Predajna radio-stanica prenosi zatim satelitu ove podatke u momentu (T_2), a njegov prijemnik ih hvata i bilježi u takozvanu »elektronsku memoriju«. Poslije toga radio-predajna stanica satelita u kratkim intervalima, na primjer — svake minute, daje svoje trenutne koordinate, koje diktira elektronska memorija. Prilikom prolaza satelita iznad broda na moru (T_3) brodske prijemne radio-stanice hvataju ove podatke, a ujedno i promjenu frekvencije. Poseban brodski računar određuje na osnovu Dopplerovog efekta relativnu poziciju broda u odnosu na satelit, a zatim i apsolutnu poziciju na osnovu primljenih koordinata satelita. Pored ovih koordinata satelit emitira i signale tačnog vremena. Takav metod određivanja pozicija može koristiti i zaronjena podmornica koja će isturiti periskop sa prijemnom antenom.

Kolikogod je ideja jednostavna i primamljiva, u praktičnoj izvedbi nailazi na teškoće pa su potrebna mnogobrojna prethodna ispitivanja. U ovu svrhu izvršen je do sada niz lansiranja vještačkih navigacijskih satelita. Prvi je lansiran TRANSIT—I, težine 120 kg na dan 17. IX 1959. godine, ali lansiranje nije uspjelo. Drugi pokus izvršen je 13 aprila 1960. godine kada je lansiran satelit TRANSIT—I. B, koji je takođe imao težinu 120 kg. Satelit je izrađen od plastične mase u obliku lopte prečnika 90 cm sa dva trobridna ispuščenja za smještaj sunčanih baterija. Osim toga kao izvor struje služe nikel-kadmij i srebreno-cinčane baterije. Njegova oprema obuhvata dva oscilatora sa veoma visokom stabilnošću frekvencije, infra-crveni uređaj za mjerenje rotacije satelita oko vlastite osi, i dva radio-telemetrijska predajnika, koji rade na frekvencijama 54, 162, 216 i 324 MHz. Antena je izrađena u obliku srebrne spiralne trake na vanjskoj površini satelita. Prilikom kruženja oko zemlje satelit se približava najviše 355 km, a udaljava najviše 766 km. Njegova pro-

sječna brzina kruženja je 26544 km/sat pri čemu obilazi jednom oko zemlje za 101,7 minuta. Putanja je nagnuta prema ekvatoru za 56,7 stupnjeva.

22. VI 1960. godine lansiran je TRANSIT—II. A, težak 100 kg, pri čemu na uređaje otpada 19 kg. Ima opremu sličnu svom prethodniku, a pored toga i elektronski sat za davanje tačnog vremena. Satelit kruži na visinama između 622 i 1064 km. 30. XI 1960. godine lansiran je TRANSIT—III. A, ali pokus nije uspio usljed eksplozije rakete 3 minute nakon ispaljivanja. 21. II 1961. godine ponovljen je pokus sa TRANSIT—III. B. Međutim ni ovog puta nije postignut uspjeh, jer satelit nije ušao u predviđenu orbitu (putanju).

Pomoću navedenih lansiranja navigacijskih satelita trebalo je ispitati da li refrakcija radio-talasa od inosfere utiče na Dopplerov efekt. U ovu svrhu TRANSIT—I. B emitirao je signale istovremeno na više harmoničnih frekvencija (54, 162, 216 i 324 MHz), što je trebalo da posluži za određivanje korekture zbog refrakcije. Izgleda da je uspjelo određivanje ove korekture sa dovoljnom tačnošću, ali ipak ova postaje netačna za vrijeme magnetskih oluja i polarne svjetlosti.

Pored određivanja korekture zbog refrakcije radio-talasa, pokusna lansiranja trebala su da daju podatke za rješavanje slijedećih tehničkih problema:

— stabilnost radio-oscilatora u radu, što je obavezan uslov za mogućnost korištenja Dopplerovog efekta; do sada je uspjelo postići promjene frekvencije manje od 10^{-9} tokom 15 minuta,

— održavanje stalne unutrašnje temperature radi pravilnog rada svih uređaja. Kod TRANSIT—I. B uspjelo je održati $+ 9^{\circ}$ C sa promjenama ispod $0,5^{\circ}$ C za vrijeme perioda kada je satelit bio obasjan suncem i kada se nalazio u sjenki zemlje,

— pravilno funkcionisanje sunčanih baterija, koje pretvaraju sunčanu svjetlost u električnu struju.

— regulisanje rotacije satelita oko vlastite osi, jer kod prevelike rotacije nastaju smetnje u Dopplerovom efektu. Kod TRANSIT—I. B uspjelo je smanjiti ovu rotaciju na svega 2 obnata za vrijeme, koje je potrebno satelitu da jednom obiđe oko zemlje.

Na osnovu postignutih rezultata u SAD smatra se da će sistem navigacijskih satelita biti spreman za praktičnu upotrebu tokom 1962. godine i sastojat će se od 4 satelita u skoro kružnoj orbiti na visini oko 800 km. Dva satelita imat će orbitu nagnutu prema ekvatoru za $67,5^{\circ}$, a druga dva za $22,5^{\circ}$.

Pomenuti sistem sa 4 satelita omogućio bi određivanje pozicije brodova i aviona na bilo kom mjestu na zemaljskoj kugli i u svakom momentu, jer će uvijek u »vidokrugu« biti jedan od satelita. Na određivanje pozicija neće uticati oblačnost i jedina korektura, koja će biti potrebna, je ona zbog refrakcije radio-talasa.

Do sada su se ispitivanjem navigacijskih satelita bavili isključivo laboratoriji američke ratne mornarice pa su stoga i svi signali satelita bili šifrovani, jer su predviđeni prvenstveno za atomske podmornice. Da li će sistem sa 4 satelita biti uspostavljen takođe samo za ratne svrhe nije poznato, no može se pretpostaviti da će u budućnosti postojati i sistemi navigacijskih satelita za mirnodopske svrhe.