

SATELITSKI SISTEM ZA GLOBALNO POZICIONIRANJE GLONASS

Uvod

U članku „Satelitski sistem za globalno pozicioniranje – GPS“ koji je objavljen u Vojnotehničkom glasniku broj 4–5/2000 opisan je sistem za globalno pozicioniranje koji je razvijen u SAD pod imenom GPS ili NAVSTAR. Sličan sistem, poznat pod nazivom GLONASS (ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА), razvijen je u Ruskoj Federaciji.

Prvi satelit sistema GLONASS lansiran je 12. oktobra 1982. godine. Do 1985. godine lansirano je 10 satelita tzv. Bloka I. Od 1985. do 1986. godine lansirano je 6 satelita Bloka IIa, kod kojih je poboljšana preciznost i stabilnost etalona frekvencije (vremena). Dvanaest satelita Bloka IIb lansirano je u 1987. i 1988. godini. Od 1989. godine pa do danas lansiran je 51 satelit Bloka IIc. U pripremi su sateliti bloka GLONASS M, koji imaju znatno poboljšane osobine u odnosu na svoje prethodnike [3]. Do danas nije lansiran nijedan od satelita ovog bloka. Iako je planirano da se puna funkcionalnost sistema ostvari do 1991. godine, GLONASS je službeno proglašen operativnim dekretom koji je predsednik Ruske Federacije potpisao 24. septembra 1993. godine, tek su u januaru 1996. godine svih 24 satelita prvi put postali operativni.

Opis sistema GLONASS

GLONASS se sastoji od tri segmenta: svemirskog, kontrolnog i korisničkog.

Svemirski segment čine 24 satelita koji se nalaze u približno kružnim orbitama oko Zemlje, na visini od oko 19 100 km iznad nivoa mora. Sateliti su raspoređeni u tri ravni koje se seku pod uglom od 120°. U svakoj ravni se nalazi 8 ravnomerno raspoređenih satelita, tako da je ugao između susjednih satelita u istoj ravni 45°. Prava u kojoj se seku orbitalne ravni zaklapa sa ekvatorijalnom ravni ugao od 64,8°. Svaki satelit napravi pun krug oko Zemlje za 11 sati, 15 minuta i 44 sekunde. Sateliti emituju navigacione radio-sigale na frekvencijama od približno 1,6 GHz (L1 opseg) i 1,2 GHz (L2 opseg). Emituju se dve vrste signala:

– signal standardne tačnosti (SP), čiji osnovni nosilac ima 0,511 MHz, a namenjen je civilnoj upotrebi. U ovaj signal se ne unose nikakve namerno izazvane smetnje;

– signal visoke tačnosti (HP), čija namena je prevashodno vojna. Osnovni nosilac ovog signala ima frekvenciju od 5,11 MHz. Civilna upotreba ovog signala se ne preporučuje bez posebne dozvole Ministarstva odbrane Ruske Federacije. Ovo ministarstvo može promeniti HP-

-kod u bilo kom trenutku bez prethodne najave.

Kontrolni segment sastoji se od pet kontrolnih stanica raspoređenih na tlu bivšeg Sovjetskog Saveza. Glavna stanica nalazi se u Golicinu (Moskovski region), a ostale u Sankt Petersburgu, Trnopolju, Jenisejsku i Komsomolsku na Amuru. Kontrolne stanice vrše nadzor nad sistemom. Po potrebi se obavljaju korekcije u orbitalnim parametrima i navigacionim podacima. Dvosmernu komunikaciju sa satelitima ima samo glavna stanica.

Korisnički segment čine GLONASS prijemnici.

Koordinatni sistem

Osnovni koordinatni sistem za GLO-NASS je PZ-90 (Параметри Земли – 1990) CTS koordinatni sistem koji je definisan na sledeći način: centar koordinatnog sistema nalazi se u centru mase Zemlje, Z-osa je usmerena u pravcu Konvencionalnog Zemljinog pola (po preporuci IERS – International Earth Rotation Service), X-osa je paralelna sa presekom ekvatorijalne ravni i nultog meridijana (definisanog od BIH – Bureau International de l'Heure), a Y-osa je tako odabrana da sa X i Z osama čini desni ortogonalni koordinatni sistem. Kako je dato u [1], dužina veće poluose PZ-90 elipsoida iznosi 6 378 136 m, a dužina manje poluose je 6 356 751 m. Iako na zvaničnom GLO-NASS veb-sajtu [1] nije dat način konverzije iz PZ-90 u WGS-84 koordinatni sistem (i obrnuto) formule za konverziju mogu se naći npr. u [2], zahvaljujući kampanji IGEX (International Glonass EXperiment je obrazovan radi pružanja međunarodne podrške korišćenju GLO-NASS).

GLONASS vreme

GLONASS vreme upravlja se prema vremenu hidrogenskog časovnika koji

pripada kontrolnom segmentu. Nestabilnost ovog časovnika nije veća od $5 \cdot 10^{-14}$ sekundi na dan. Cezijumski časovnici na satelitima (svaki satelit ih ima po tri) imaju nestabilnost koja nije veća od $5 \cdot 10^{-13}$ sekundi na dan. GLONASS vreme žuri 3 sata u odnosu na rusko UTC vreme. Rusko UTC vreme održava se u Glavnom metrološkom centru u Mendeljejevu, u Moskovskom regionu [4]. Ako se izuzme pomeraj od 3 časa, GLONASS vreme prati UTC vreme sa odstupanjem koje nije veće od 1 ms. Uz korišćenje korekcionih podataka koji su sadržani u navigacionim signalima, ovo odstupanje se može svesti na ispod 1 μ s. GLONASS vremenu dodaju se prestupne sekunde isto kao i UTC vremenu.

Princip rada sistema GLONASS

Princip izračunavanja koordinata GLONASS prijemnika i jedinstvenog vremena isti je kao kod NAVSTAR prijemnika. Na osnovu signala sa najmanje četiri satelita GLONASS prijemnik određuje rastojanje od antena satelita i svoje antene, a zatim i svoje X, Y i Z koordinate u CTS koordinatnom sistemu, kao i jedinstveno vreme. Sateliti emituju radio-sigale na L1 i L2 opsezima. Pri tome se koristi tzv. multipleksiranje sa frekvenčijskom podelom (FDMA – Frequency division multiple access). To znači da svaki od GLONASS satelita ima poseban kanal (opseg frekvencija) i na L1 i na L2 opsegu na kojima emituje signale. Izuzetno, dva satelita mogu emitovati signale na istim kanalima samo ako pripadaju istim orbitalnim ravnima, a nalaze se na 180° udaljeni jedan od drugog, tako da nisu oba istovremeno „vidljiva“ sa Zemlje.

Za SP signal noseće učestanosti kanala (f_k) za L1 i L2 opseg dobijaju se po sledećoj formuli:

$$f_k = f_0 + k \cdot \Delta f$$

gde je $f_0 = 1602$ MHz, $\Delta f = 562,5$ kHz za L1 opseg, ili $f_0 = 1246$ MHz, $\Delta f = 437,5$ kHz za L2 opseg.

Celobrojna promenljiva k predstavlja broj kanala i može imati sledeće vrednosti: $-7, -6, -5, \dots, 0, 1, \dots, 13$.

Kako se vidi, postoji 21 kanal i 24 satelita, tako da pojedini sateliti moraju koristiti iste kanale. Poseban problem predstavlja preklapanje frekventnih opsega GLONASS sistema i sistema predviđenog za satelitske komunikacije (1610 MHz). Zbog toga se napušta korišćenje kanala sa indeksom većim od 7, tako da se za period posle 2005. godine planira korišćenje kanala sa indeksima od -7 do 6. Osnovni nosilac C/A signala je pseudoslučajni kod (PRN) dužine 511 bita sa periodom ponavljanja od 1 ms. Ovaj pseudoslučajni kod je isti za sve GLONASS satelite. Navigacioni podaci se emituju brzinom od 50 bita u sekundi. Nosilac na L1 opsegu moduliše se zbirom (po modulu 2) sledeća tri binarna signala: – pseudoslučajnog koda brzine 511 bita/s; – navigacione poruke brzine 50 bita/s i – pomoćnog signala frekvencije 100 Hz.

Nosilac na opsegu L2 moduliše se zbirom (po modulu 2) pseudoslučajnog koda i pomoćnog signala.

Osnovni nosilac HP-signala je pseudoslučajni signal učestanosti 5,11 MHz. HP-signali se, takođe, emituju na L1 i na L2 opsegu.

Navigacioni podaci su organizovani u stringove, ramove i superramove. Trajanje stringa je dve sekunde. Prvih 1,7 sekundi čine 85 bita navigacione poruke, a preostale 0,3 sekunde zauzima 30-bitni sinhronizacioni blok koji je isti za sve stringove. Jedan ram se sastoji od 15 stringova. Superram ima pet ramova.

Osim podataka o sopstvenim koordinatama i vremenu svog časovnika, svaki satelit šalje podatke o položajima ostalih satelita. Predaja kompletne poruke superrama traje 2,5 minuta.

Tačnost sistema GLONASS

Uz korišćenje SP signala, bez drugih dodatnih mera za povećanje tačnosti, GLONASS obezbeđuje sledeću tačnost:

- greška određivanja horizontalnog položaja (u odnosu na elipsoid PZ-90) kreće se od 57 do 70 m sa verovatnoćom od 99,7%;
- greška određivanja vertikalnog položaja (u odnosu na elipsoid PZ-90) iznosi do 70 m sa verovatnoćom od 99,7%;
- razlika između ruskog UTC vremena i GLONASS vremena (izuzimajući tri sata) ne prelazi 1 μ s sa verovatnoćom od 99,7%.

U SP signal se ne unose namerne greške. Izvori grešaka su iste prirode kao i kod NAVSTAR sistema: DOP (rasipanje preciznosti), promenljiva putanja signala kroz jonosferu i troposferu, greške u koordinatama satelita, refleksija radio-talasa i slično. Mere za povećanje preciznosti su iste kao kod NAVSTAR sistema (diferencijalni GPS i slično).

Literatura:

- [1] INTERFACE CONTROL DOCUMENT, fourth release. Coordination Scientific Information Center (KNIC) of the Russian Space Forces, Russia, 117279, Moscow, PO Box 14 (1998) <http://www.rssi.ru/SFCSIC/SFCSIC-main.html>.
- [2] Habrich, H.: GEODETIC APPLICATION OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GLONASS) AND OF GLONASS/GPS COMBINATIONS, Dissertation, University of Berne, Switzerland, 1999.
- [3] Borjesson, J.: GLONASS CONTRIBUTION TO SPACE GEODESY, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden, 2000.
- [4] State Frequency and Time Service Official Bulletin (Mendeleev, Moscow region) <http://www.ru/SFCSIC/SFCSIC-main.html>.