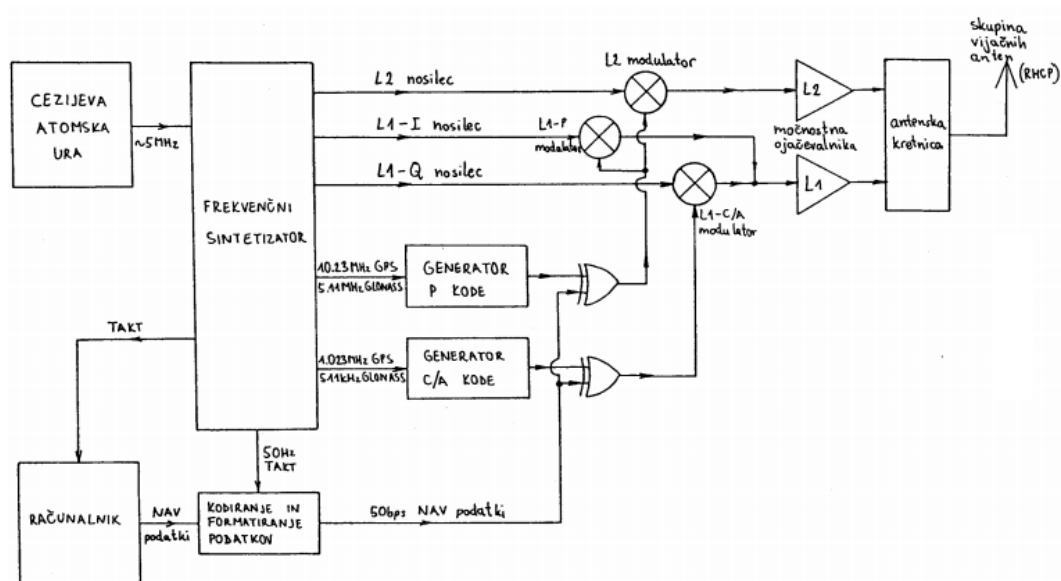


VAJA 15 - Meritev radionavigacijskih signalov GPS in GLONASS

1. Radionavigacijski signali v sistemih GPS in GLONASS

Sodobni satelitski radionavigacijski sistemi uporabljajo signale, ki omogočajo meritve zakasnitev in meritve Doppler-jevega pomika. Radionavigacijska oprema na krovu satelitov običajno vključuje radijske svetilnike, ki oddajajo takšne signale, uporabnik pa potrebuje le ustrezen sprejemnik. Ker so navigacijski sateliti v svoji osnovni vlogi vojaški navigacijski sateliti, je oprema na krovu načrtovana za čimdaljšo povsem samostojno delovanje.

Navigacijska oprema na krovu sodobnih satelitov sistemov NAVSTAR-GPS in GLONASS je prikazana na sliki 1. Razen oddajnikov imajo sateliti na krovu tudi visoko stabilno časovno-frekvenčno normalo za držanje sinhronizacije sistema, vezja za proizvodnjo radionavigacijskih signalov in računalnik s pomnilnikom, kjer so shranjeni podatki, ki se skupaj z navigacijskimi signali oddajajo uporabnikom.



Slika 1: Navigacija na krovu GPS/GLONASS satelitov

Sodobni sateliti uporabljajo kot časovno-frekvenčno normalo cezijevo atomsko uro s točnostjo v razredu en del v 10^{12} , ki jo le v slučaju okvare nadomesti manjša, a za en velikostni razred manj točna rubidijeva atomska ura. Signal atomske ure krmili frekvenčni sintetizator, ki proizvaja vse potrebne visokofrekvenčne nosilce in takte modulacije, koherentno iz istega referenčnega signala.

Visokofrekvenčni nosilci se modulirajo fazno 0/180 stopinj z znanimi psevdonaključnimi zaporedji. Uporabniški navigacijski sprejemnik izmeri zakasnitev signala z meritvijo časa prihoda psevdonaključnega zaporedja. Doppler-jev pomik sprejemnik izmeri na regeneriranem nosilcu signala. Uporabniški sprejemnik najpogosteje izračuna vektor položaja uporabnika iz izmerjenih zakasnitev modulacije in vektor hitrosti iz izmerjenih Doppler-jevih pomikov na nosilcih, čeprav lahko radionavigacijske signale uporabljamo tudi drugače.

Vsak satelit običajno oddaja tri različne radionavigacijske signale. Psevdonaključno C/A zaporedje (Coarse/Acquisition) ima kratko periodo ponavljanja (1ms), ki omogoča začetno sinhronizacijo ter grobo navigacijo za manj zahtevne uporabnike. C/A signal se oddaja na enem samem visokofrekvenčnem nosilcu in sicer na višji frekvenci (L1). Psevdonaključno P

zaporedje (Precision) ima zelo dolgo periodo ponavljanja (1 teden) in se oddaja z desetkratno hitrostjo C/A zaporedja na dveh različnih visokofrekvenčnih nosilcih (L1 in L2), kar omogoča popravljanje ionosferskih pogreškov.

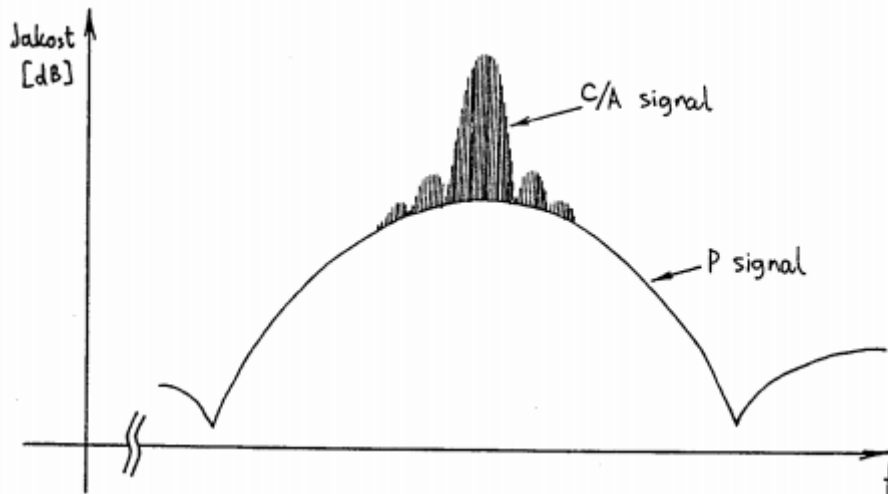
Satelitski signali so razmeroma šibki in uporabniški sprejemnik je opremljen le z majhno neusmerjeno anteno. Sprejem in uporaba satelitskih radionavigacijskih signalov je vseeno možna zato, ker se navedene hitrosti psevdonaključnih zaporedij nanašajo na znano zaporedje in ne na informacijsko pasovno širino signalov, ki je dosti manjša. Uporabniški sprejemnik sinhronizira svoj lastni generator znanega psevdonaključnega zaporedja na prihajajoči signal tako, da s ponovno fazno modulacijo 0/180 izniči fazno modulacijo na signalu. Pasovna širina signala se tedaj skrči za več velikostnih razredov. Koristni signal, ki vsebuje le še 50bit/s navigacijske podatke, izseje ozko frekvenčno sito.

Sprejem signalov z razširjenim spektrom omogoča tudi tehniko kodnega multipleksa. Kodni multipleks omogoča, da uporabljajo vsi sateliti iste visokofrekvenčne nosilce (GPS) oziroma, da se sosednji kanali lahko brez večje škode med sabo prekrivajo (GLONASS), kot je to prikazano na sliki 2.

Satelitski kanal	"L1" nosilec	"L2" nosilec
GPS (vsí sateliti)	1575.420 MHz	1227.600 MHz
GLONASS kanal 0	1602.000 MHz	1246.000 MHz
GLONASS kanal 1	1602.5625 MHz	1246.4375 MHz
GLONASS kanal 2	1603.125 MHz	1246.875 MHz
GLONASS kanal 3	1603.6785 MHz	1247.3125 MHz
GLONASS kanal 4	1604.250 MHz	1247.750 MHz
GLONASS kanal 5	1604.8125 MHz	1248.1875 MHz
GLONASS kanal 6	1605.375 MHz	1248.625 MHz
GLONASS kanal 7	1605.9375 MHz	1249.0625 MHz
GLONASS kanal 8	1606.500 MHz	1249.500 MHz
GLONASS kanal 9	1607.0625 MHz	1249.9375 MHz
GLONASS kanal 10	1607.625 MHz	1250.375 MHz
GLONASS kanal 11	1608.1875 MHz	1250.8125 MHz
GLONASS kanal 12	1608.750 MHz	1251.250 MHz
GLONASS kanal 13	1609.3125 MHz	1251.6875 MHz
GLONASS kanal 14	1609.875 MHz	1252.125 MHz
GLONASS kanal 15	1610.4375 MHz	1252.5625 MHz
GLONASS kanal 16	1611.000 MHz	1253.000 MHz
GLONASS kanal 17	1611.5625 MHz	1253.4375 MHz
GLONASS kanal 18	1612.125 MHz	1253.875 MHz
GLONASS kanal 19	1612.6785 MHz	1254.3125 MHz
GLONASS kanal 20	1613.250 MHz	1254.750 MHz
GLONASS kanal 21	1613.8125 MHz	1255.1875 MHz
GLONASS kanal 22	1614.375 MHz	1255.625 MHz
GLONASS kanal 23	1614.9375 MHz	1256.0625 MHz
GLONASS kanal 24	1615.500 MHz	1256.500 MHz

Slika 2: Frekvence VFnosilcev signalov GPS in GLONASS

Frekvenčni spekter satelitskih radionavigacijskih signalov je prikazan na sliki 3. Kodni multipleks omogoča C/A in P oddaji na istem nosilcu brez velikih medsebojnih motenj. Signal C/A oddaje je navidezno močnejši za približno 13dB, pri tem pa ne smemo pozabiti, da je moč P oddaje razpršena na 10-krat širši frekvenčni pas in je resnična razlika le 3dB. Na spektralnem analizatorju z dovolj ozkim sitom opazimo, da je spekter C/A oddaje sestavljen iz množice črt, ki so med sabo razmaknjene za 1kHz, kar ustreza periodi ponavljanja C/A zaporedja 1ms. Spekter P oddaje izgleda zvezen, ker je tu perioda ponavljanja izredno dolga.



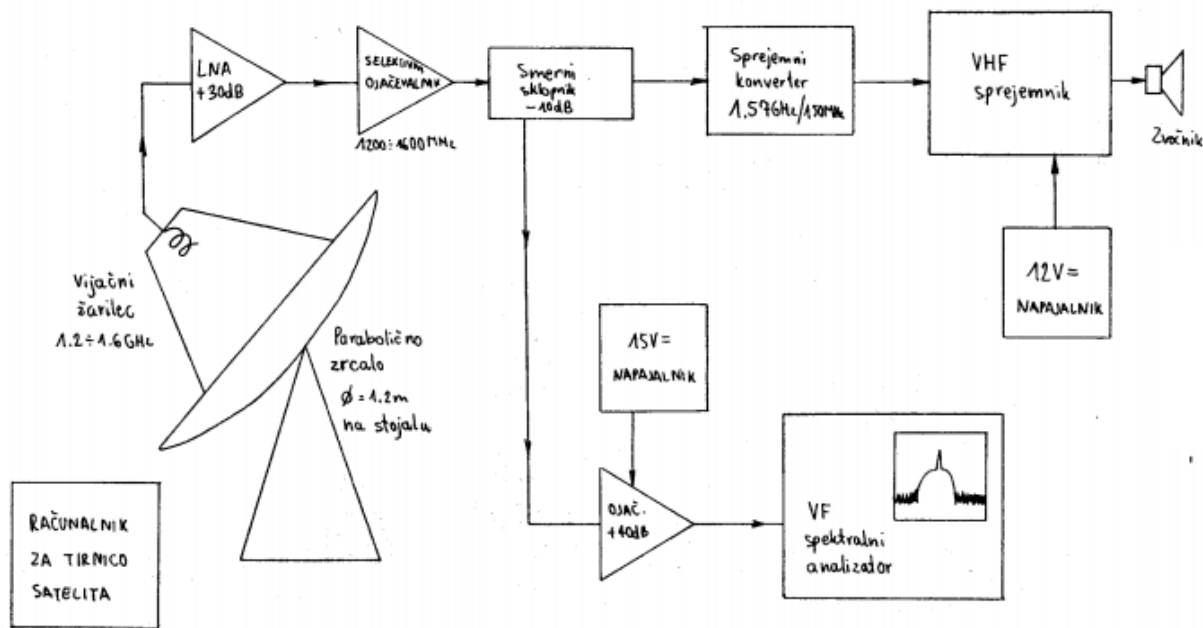
Slika 3: Frekvenčni spekter C/A + P oddaje

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Parabolično zrcalo premera 1.2m na stojalu z desno-krožno polariziranim žarilcem za frekvenčno področje 1.2-1.6GHz.
- 30dB malošumni ojačevalnik za frekvenčno področje "L".
- Selektivni ojačevalnik ali sito za področje 1200-1600MHz.
- -10dB smerni sklopnik za področje 1-2GHz.
- Sprejemni konverter za 1.57GHz in ustrezen VHF sprejemnik z napajalnikom.
- 40dB širokopasovni ojačevalnik z napajalnikom.
- Visokofrekvenčni spektralni analizator 0-2GHz.
- Računalnik s programom za izračun tirnic satelitov.
- Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 4.



Slika 4: Razporeditev in vezava merilnih inštrumentov

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Za meritev GPS ali GLONASS signalov uporabimo usmerjeno anteno z dobitkom vsaj 20dB. Usmerjena antena daje dosti višje razmerje signal/šum od običajnih anten navigacijskih sprejemnikov, kar omogoča opazovanje signalov na spektralnem analizatorju brez ustreznega sprejemnika. Hkrati nam usmerjena antena omogoča, da naenkrat sprejemamo le en sam satelit iz željene smeri in ne množico satelitskih signalov.

Pred meritvijo najprej z računalnikom preverimo, kje se trenutno nahajajo sateliti na nebu. Za meritev si izberemo satelit z visoko elevacijo nad obzorjem. Hkrati pazimo, da se v bližini izbranega satelita, v širini glavnega snopa antene, ne nahaja kakšen drug podoben satelit, ki bi lahko motil meritev. Pri iskanju satelita na nebu si pomagamo tudi z ozkopasovnim FM sprejemnikom, saj se C/A oddaja sliši kot 1kHz pisk v zvočniku sprejemnika.

4. Prikaz značilnih rezultatov

Na zaslonu spektralnega analizatorja odčitamo razmerje signal/šum posebej za vrh C/A oddaje in posebej za vrh P oddaje. Iz izmerjenega razmerja signal/šum nato z upoštevanjem dobitka antene in šumne temperature sprejemnega sistema poskušamo izračunati efektivno sevano moč (EIRP) satelita, se pravi zmnožek moči oddajnika in dobitka oddajne antene. Pri meritvi je pomembno predvsem razmerje signal/šum, ker se ojačenje celotne verige lahko precej spreminja, še posebno v slučaju meritve na obeh frekvencah L1 in L2.

Meritev opravimo za vsaj en satelit GPS in en satelit GLONASS. Ker oddajajo vsi GPS sateliti na istih frekvencah, jih s takšnim sprejemnikom ne moremo ločiti. Pri GLONASS satelitih pa moramo upoštevati, kateri VF kanal uporablja želeni satelit.

Sprejem GPS satelitov preverimo še na ozkopasovnem FM sprejemniku. Pseudonaključno C/A zaporedje se v FM sprejemniku sliši kot 1kHz pisk, ker spekter C/A oddaje sestavlja množica črt, ki so med sabo razmaknjene po 1kHz. Zaradi zelo kratke periode ponavljanja, komaj 1ms, se pseudonaključno C/A zaporedje še ne obnaša kot pravi beli šum!