

## NAVSTAR GPS SISTEM-AUTOMATIZACIJA MERENJA I MERENJE STABILNOSTI ETALONA FREKVENCIJE

Vuksanović, D., Zindović, Z.  
 Tehnički opitni centar u Beogradu

### I. UVOD

NAVSTAR GPS satelitski sistem je najsavremeniji navigacioni sistem SAD, prevashodno namenjen za određivanje položaja i brzine objekata na zemlji i u vazduhu. Sastoji se iz tri osnovna segmenta: svemirskog sa 25 satelita, kontrolnog sa 3 zemaljske satelitske stanice i kontrolnim centrima i korisničkog koga čine GPS prijemnici.

Osnovni faktor koji utiče na preciznost određivanja položaja objekata je preciznost emitovanog signala sekunde, odnosno frekvencije. Ova činjenica omogućava korišćenje GPS navigacionog sistema za precizno merenje frekvencije i vremena lokalnih atomskih i drugih oscilatora. Kontrolu frekvencije i vremena u GPS sistemu vrše dve vrhunske metrološke laboratorije NIST i USNO, obe iz SAD.

Sa većom preciznošću i većim značajem za metrologiju vremena i frekvencije u SR Jugoslaviji, moguće je komparirati lokalne oscilatore, koji se nalaze na geografski manjim udaljenostima. Tehnologija izrade GPS prijemnika se u poslednjih nekoliko godina naglo razvija u pravcu minijaturizacije i smanjenja cene što će u narednom periodu omogućiti masovnije korišćenje GPS sistema i na našim prostorima.

Rešenja koja su rezultat rada u ovom istraživanju omogućavaju povezivanje GPS prijemnika preko PC računara u mrežu i na taj način formiranje najsavremenijeg i relativno jeftinog sistema za distribuciju vremena i frekvencije.

### II. KARAKTERISTIKE SISTEMA

Savremeni komercijalni GPS prijemnici imaju rezoluciju merenja razlike lokalnog i GPS ili UTC vremena 0.1 ns, tačnosti u odnosu na GPS vreme bolju od 50 ns i omogućavaju komparaciju sekunde dva oscilatora sa greškom manjom od 5 ns, odnosno komparaciju frekvencije bolju od  $5 \times 10^{-14}$  dan.

Program praćenja satelita se može dobiti automatski, korišćenjem podataka koji se nalaze u memoriji samog prijemnika ili "ručno". Program sadrži podatke o tipu praćenja, vremenu početka praćenja, broju satelita, vremenu ukupnog

praćenja, minimalnoj elevaciji pri kojoj počinje praćenje i druge.

GPS satelitski prijemnik od početka praćenja satelita, svake sekunde meri razliku između lokalne i GPS sekunde (LOK-GPS). Nakon svakih 15 sekundi, mogu se na displeju prijemnika ili printeru dobiti sledeći podaci: srednja razlika (LOK-GPS) sa rezolucijom 0.1 ns, srednje kvadratno odstupanje pojedinačnih merenja u ns i drugi podaci. Svi ovi podaci se na kraju perioda praćenja, koje je obično 24 min, usrednjavaju i čuvaju u memoriji prijemnika. U memoriji prijemnika može ostati zapisano najviše 142 podatka o praćenju, nakon čega počinje brisanje prvo upisanog podatka i upis novog podatka.

Ako u obradu podataka emitovanih sa GPS satelita uzmemo samo podatke od interesa za određivanje dugotrajne stabilnosti lokalnog oscilatora, u toku 24 h može se dobiti  $48 \times 7 = 336$  podataka. S obzirom da je za praćenje kvalitetnijih oscilatora potrebno najmanje 10 dana, to bi za kompletnu obradu podataka trebalo obraditi oko 3300 podataka.

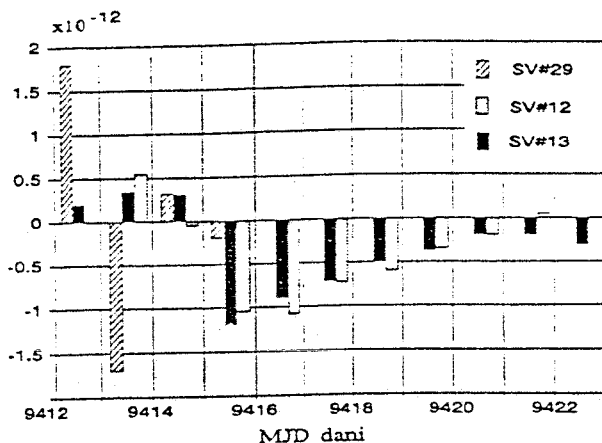
Sa automatizovanim sistemom se svi podaci koje dekoduje GPS prijemnik preko RS 232 interfejsa i softverskog paketa za modemsko povezivanje PC računara mogu sačuvati u nekom fajlu PC računara. Ovi podaci se preko originalnog programa selektuju po zahtevanim kriterijumima i pripremaju za matematičku i grafičku obradu.

### III. REZULTATI

U ovom delu rada prikazani su rezultati korišćenja automatizovanog sistema za merenje dugotrajne stabilnosti etalona frekvencije.

Program praćenja satelita za dobijanje najboljih rezultata radi se "ručno" pri čemu se selekcija satelita vrši prema očekivanoj navigacionoj tačnosti i srednje kvadratnom odstupanju (LOK-GPS).

Nakon dobijanja podataka iz sistema softverski se izdvajaju potrebni podaci prema tipu praćenja (07), broju satelita, danu, času i minutu zadnjeg praćenja i minimalno prihvatljivom trajanju praćenja (600 s). Jedna mera tačka za dugotrajnu stabilnost lokalnog oscilatora se izračunava iz dve izmerene



Slika 1. Izmerena relativna odstupanja frekvencije etalona HPS061A u odnosu na GPS

razlike lokalne i GPS sekunde  $\Delta t_1$  i  $\Delta t_2$  po formuli:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2) \times 10^{-9}}{86400}$$

$\Delta t_1$  i  $\Delta t_2$  [ns], se uzimaju u intervalu od 24 h umanjenom za 4 min, koliko iznosi interval dvostruke rotacije satelita oko zemlje.

Krajnji rezultat obrade podataka, koji je delimično prezentiran u ovom radu, daje grafički obradjene rezultate merenja razlike lokalnog i GPS vremena, odstupanje pojedinačnih merenja od fitovane krive prvog stepena i dugotrajnu stabilnost lokalnog oscilatora u odnosu na GPS oscilator za interval usrednjavanja od 24 h.

Na slici 1 je dat rezultat merenja dugoročne stabilnosti cezijumskog etalona frekvencije HPS061A sa realizovanim sistemom. Sateliti SV#12 i SV#13 su u periodu merenja imali očekivanu navigacionu tačnost od 2 m a satelit SV#29 od 32 m. Iz rezultata na slici se može zaključiti da je ukupna nesigurnost komparacije frekvencija u periodu merenja bila manja od  $1 \times 10^{-12}$  dan za satelite sa većom navigacionom tačnošću.

#### IV. ZAKLJUČAK

U radu su, ukraiko, prikazane osnovne karakteristike NAVSTAR GPS sistema sa posebnim osvrtom na elemente koji su bitni za merenje dugoročne stabilnosti etalona frekvencije.

Ostvarivanjem veze između GPS prijemnika i PC računara omogućena je automatizovana obrada i čuvanje navigacionih i vremenskih podataka. Otvorene su mogućnosti za povezivanje prijemnika

u računarsku mrežu i formiranje najsavremenijeg sistema za distribuciju vremena i frekvencije.

#### LITERATURA

- [1] J.A.Austin, *GPS, Global Positioning System an 18-star Navigation Constellation*, Military Electronics/Countermeasures, Jun 1980., str.63,64,66,70.
- [2] Proševski, J., *NAVSTAR globalni pozicioni sistem (GPS) i merenje vremena i frekvencije korišćenjem satelita GPS*, JUKEM 1990., Sarajevo, str.177-181
- [3] W.Lewandowski, M.Weiss, and D.Davis, *A Calibration of GPS Equipment at Time and Frequency Standards Laboratories in the USA and Europe*, Metrologia 24, str. 181-186, 1987.

**Abstract:** The basic characteristics of the NAVSTAR GPS system, with special attention to the elements which are fundamental for measuring of the frequency standard longterm stability, was briefly presented in this article. The automatic processing and storing of the navigation and weather data, by the realization of the connection between the GPS receiver and PC, was enabled. The possibilities for the connection of the GPS receivers into an computer network and forming the state-of-the-art system for the time and frequency distribution are opened.

NAVSTAR GPS SYSTEM - AUTOMATIZATION OF MEASURING AND FREQUENCY STANDARD STABILITY MEASURING, Vuksanović, D., Zindović, Z.