

STATUS VRS SUSTAVA I SERVISI U OKRUŽENJU

Ilija Grgić¹, Željko Bačić², Mihajla Liker³

¹Hrvatski geodetski institut, Zagreb (e-mail:ilija.grgic@cgi.hr)

²Državna geodetska uprava, Zagreb (e-mail:zeljko.bacic@dgu.hr)

³Hrvatski geodetski institut, Zagreb (e-mail:mihajla.likier@cgi.hr)

Sažetak: Precizno relativno GPS pozicioniranje provodi se na temelju obrade vektora. Najvažniji korak u obradi vektora je određivanje cjelobrojne dvostruke razlike fazne višeznačnosti koja se provodi za par postaja. Prostorno ograničenje postupka obrade vektora može se prevladati razvijanjem mreže referentnih stanica, pri čemu se fazna mjerenja više referentnih stanica na mjernom području koriste za modeliranje s najvećom preciznosti onih pogrešaka koje ovise o duljini i smjeru kao što su: ionosferska i troposferska refrakcija, pogreška orbite, a osim tih na taj način će se smanjiti utjecaj višestruke refleksije signala, pogreške koja ovisi o izboru položaja stajališta. Korištenje permanentno instaliranih referentnih stanica u nekoj regiji ili državi uklanja potrebu za uspostavljanjem lokalnih mreža na području rada ili postavljanjem privremenih referentnih stanica na terenu. Nekoliko velikih tvrtaka na tržištu ima potpuno rješenje za uspostavu mreže referentnih stanica. Koristeći proizvođačka rješenja (hardver i softver) za mrežne analize u realnom vremenu i modeliranje pogrešaka osigurava se konstantna konzistentna visoka preciznost i poboljšavaju se RTK performanse u cjelokupnom području mreže.

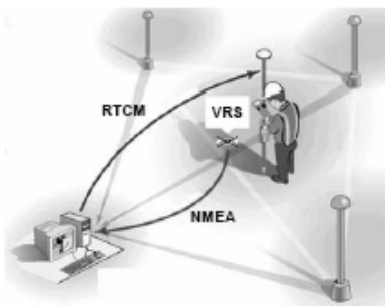
Ključne riječi: referentne stanice, proizvođačka rješenja

1 UVOD

RTK (Real Time Kinematic) metoda GPS (Global Positioning System) pozicioniranja je danas jedna od najčešće korištenih metoda izmjere u razvijenim zemljama. Međutim, GPS izmjera u realnom vremenu ograničena je utjecajima ionosfere i troposfere koji se manifestiraju u obliku sustavnih pogrešaka u originalnim podacima opažanja. Eliminiranje utjecaja tih pogrešaka odnosno njihovo umanjivanje podrazumijevalo je da se u načinu rada koriste kratke udaljenosti GPS rovera od baze. U većem broju europskih država danas postoje mreže referentnih GPS stanica koje osiguravaju podatke individualnim korisnicima. Izmjera u realnom vremenu RTK metodom zahtijeva kratke udaljenosti GPS rovera od bazne točke, ili gustu mrežu referentnih stanica. U većini zemalja mreža je dovoljno gusta da bi zadovoljila metarski nivo preciznosti, ali nedovoljno dobra za RTK, preciznost od 1 do 2 cm. U slučaju velikih udaljenosti od bazne stanice, kada su područja nepokrivena podacima za RTK izmjeru, korisnik je prisiljen sam uspostaviti svoju baznu točku. U najgorem slučaju se situacija još dodatno pogoršava u vrijeme perioda visoke solarne aktivnosti koje karakteriziraju značajne nestabilnosti u atmosferi.

2 PRINCIP RADA VRS-A

Mogućnosti primjene RTK metode znatno se proširuju konceptom virtualnih referentnih stanica (VRS). Korištenjem VRS-a sustavne pogreške u podacima referentnih stanica se mogu umanjiti ili potpuno eliminirati, čime se omogućuje povećanje udaljenosti rovera od baze kao i povećanje ukupne pouzdanosti sustava te skraćenje vremena potrebnog za automatsku inicijalizaciju On The Fly (Wanninger 2002). Princip rada VRS-a koristi se pri uspostavljanju novih i za poboljšanje performansi postojećih mreža referentnih stanica. VRS koncept temelji se na mreži referentnih stanica međusobno povezanih telefonskim linijama s kontrolnim centrom. Svaka referentna stanica opremljena je GPS prijammnikom, antenom, napajanjem i modemom koji služi za komunikaciju s kontrolnim centrom. Kontrolni centar kontinuirano preuzima podatke i na osnovu njih kreira bazu podataka regionalnih korekcija. Ti podaci koriste se za kreiranje VRS-a, koji je zapravo imaginarna točka nekoliko metara udaljena od rovera. Rover prima i interpretira podatke kao da se oni odnose na fizičku referentnu stanicu u njegovoj neposrednoj blizini. Kao rezultat dobije se evidentan porast performansi RTK izmjere (Landau, Vollath 2002). VRS bi trebao iskazati slične ili bolje karakteristike pogrešaka od opažanja koja bi se s realnom referentnom stanicom na jednom te istom položaju mogla ostvariti. Za prostorno definiranje VRS-a koriste se približne koordinate rovera za reduciranje na minimum pogrešaka ovisnih o udaljenosti. U tu svrhu je preciznost od 100 m više nego dovoljna, a s apsolutnim GPS pozicioniranjem je u bilo koje vrijeme lako ostvariva, slika 1.



Sl. 1. Princip rada VRS-a

Formiranje opažanje VRS-a realizira se u dva koraka. U prvom se računaju stajališno ovisne pogreške i korekcijski modeli za pogreške ovisne o udaljenosti i smjeru prema rješenju fazne višeznačnosti u mreži referentnih stanica iz opažanja dobivenih na njima. Na taj način dobivaju se korekcije opažanja za kodna i fazna mjerenja u odnosu na izabrani položaj i korekcijski modeli pogrešaka ovisni o smjeru i udaljenosti, koji omogućuju preračunavanje korekcija opažanja željenog položaja u području mreže. U drugom koraku se

tako dobivene informacije koriste da bi se oformila opažanja VRS-a. Izračun opažanja VRS-a može se svuda provesti gdje se raspolaze približnim položajem korisnika, korekcijama opažanja i korekcijskim modelima (Wanninger 1998). Pozicioniranje rovera rezultira korištenjem kratke bazne linije prema VRS-u, koja je oslobođena od pogrešaka ovisnih o udaljenosti. VRS sustav funkcionira tako da rover odašilje svoju približnu poziciju kontrolnom centru standardnom NMEA (National Marine Electronics Association) porukom. Kontrolni centar prihvaća poziciju i odgovara roveru slanjem RTK ili DGPS (Differential GPS) korekcija u RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) formatu. Po prijemu korekcija rover računa preciznu poziciju te je odašilje u kontrolni centar. U kontrolnom centru računaju se nove RTCM korekcije tako da izgleda kao da ih je emitirala bazna stanica postavljena u neposrednoj blizini rovera te ih odašilje putom GSM (Global System for Mobile Communications) veze. Tom tehnikom ostvaruju se puno bolji rezultati RTK pozicioniranja unutar mreže referentnih stanica. Očekivana horizontalna preciznost na međusobnoj udaljenosti referentnih stanica do 70 km iznosi 1-2cm.

3 PROIZVOĐAČKA RJEŠENJA

Nekoliko velikih tvrtaka na tržištu ima potpuno rješenje za uspostavu mreže referentnih stanica od kojih će ovdje biti predložena rješenja za hardver i softver tvrtaka Leica, Trimble i Thales Navigation.

3.1 Proizvođačka rješenja tvrtke Leica

GPS Spider softver je integrirani specijalizirani programski sustav za centralizirano kontroliranje i rad referentnih stanica i/ili mreža. GPS Spider je modularan i prilagodljiv s novim naprednim rešenjima za velike visoko precizne RTK mreže, centraliziranom distribucijom podataka, upravljačkom pristupu podacima, te podrškom za naplatu podataka i servisa (URL 1).



Sl.2. GRX1200Pro, geodetska Antena i AT504 Choke Ring Antena

GPS Spider osigurava mnoge različite korisničke servise, kao što su servisi u realnom vremenu, automatizirani RTK i pozicijski servisi, servisi za menadžment korisnika, i servisi vezani za datoteke. GPS Spider također nudi GPS monitoring aplikacije za prirodne i umjetno izgrađene objekte u realnom

vremenu. Sa svojim novim centraliziranim RTK pozicioniranjem, cm-nivo točnosti koordinata stanica može biti korišten za analize u realnom vremenu. Procesni algoritmi koriste Leica SmartCheck tehnologiju osiguravajući precizno i pouzdano pozicioniranje jednofrekvencijskih i dvofrekvencijskih GPS opažanja. GRX1200Pro s Ethernet portom i eksternim ulazom za frekvenciju ima sve funkcije GRX1200 Classic plus dodatni Ethernet port za laku LAN/WAN konekciju, i eksterni ulaz za frekvenciju za eksterni oscilator, puls po sekundi izlazni port, i event input port. IP-port osigurava Internet sigurnost. GRX1200Pro ispunjava i one strožije zahtjeve za referentne stanice, slika 2.

AT504 Choke Ring Antena za GNSS referentne mreže projektirana je od strane NASA/JPL i proizvedena po Leica preciznim standardima, posjeduje dobre performanse u pogledu eliminiranja višestruke refleksije signala, s dobrom stabilnošću faznog centra (<1mm) i otporna je na RF ometanja, slika 2. Choke Ring je zahtijevani standard za permanentne GPS mreže diljem svijeta.

3.2 Proizvođačka rješenja tvrtke Trimble

Trimble NetR5 je novi prijamnik namijenjen instalacijama u VRS GNSS mrežama ili radu kao samostalna referentna stanica. Prijamnik karakterizira jednostavno rukovanje, mala potrošnja električne energije, praćenje GPS L1, L2+L2C, L5 i GLONASS L1/L2 signala, slika 3. Trimble NetR5 ima proširivu memoriju zahvaljujući podršci za USB memorijske module i vanjske hard diskove. Brojne komunikacione opcije Bluetooth, RS232, LAN i USB, zatim ugrađeni Linux i NTRIP podrška omogućuju rad bez PC računara (URL 2).

Trimble Zephyr geodetic 2 antena s patentiranom Trimble Stealth tehnologijom. omogućava submilimetarsku stabilnost faznog centra antene, bolje praćenje satelita na nižim visinama iznad horizonta pa se, uz Trimble Choke Ring antenu, može koristiti pri uspostavi mreža referentnih stanica, slika 3..



Sl.3. NetR5, Choke Ring i Zephyr Geodetic Antena

Osnovni sustav čini jedna permanentna referentna stanica kojom se upravlja iz ureda GPSBase softverom. Pri proširenju mreže korisnik prelazi s GPSBase na GPSNet softver. Pridoda li se tome RTKNet modul mreža od više referentnih stanica transformira se u kompletnu VRS mrežu. GPSNet omogućuje upravljanje neograničenog broja prijamnika u velikoj GNSS mreži, a s

dostupnošću RTK korekcija i podataka za postprocessing stvorene su pretpostavke za uspostavu stalne mreže referentnih stanica. Posredstvom LAN/Interneta ili modemske veze GPSNet konfigurira postavke prijarnika. Praćenje integriteta podataka provodi se GPSNet modulom za analizu pojedinačnih točaka. U slučaju kritičnih situacija GPSNet upozorava korisnika putem automatskog sustava za alarmiranje.

RTKNet modul GPSNet softvera je posljednji stupanj nadogradnje Trimble GPS infrastrukture. RTKNet modul koristi podatke za stvaranje korekcijskih modela u realnom vremenu, koje nude korisnicima na terenu koji imaju pristup kinematičkoj poziciji u realnom vremenu u okviru većeg područja.

RTK-on-Demand (RTK na zahtjev) je funkcija koja osigurava efikasnu Internet vezu koja ujedno reducira troškove korištenja GPRS-a na minimum. RTK na zahtjev omogućava korisnicima po potrebi prekid dotoka podataka.

3.3 *Proizvođačka rješenja tvrtke Thales*

iCGRS (internet stalna referentna geodetska stanica), konstruirana za visoko precizne primjene, je prikladna za uspostavljanje mreže referentnih stanica i omogućava direktno spajanje na internet. Podaci se mogu kontrolirati jednostavnim web pretraživačem ili direktno s komunikacijskim protokolima za različite aplikacije (URL 3). *iCGRS*, slika 4, se bazira na *Z* Tehnologiji za visoke signal/šum odnose na L2 frekvenciji. To osigurava nesmetani rad tijekom Anti-Spoofing (AS) ometanja i jakih ionosferskih smetnji. *iCGRS* se jednostavno spaja s meteorološkim i ostalim senzorima.



Sl.4. Ashtech Chocke ring antena i *iCGRS* referentna stanica

Thales Navigation za kompletiranje sustava mreže referentnih stanica koristi softverska rješenja tvrtke Geo++.

GNSMART je Geo++[®] realizacija i baziran je na SMART (State Monitoring And Representation Technique) postupku. GNSS-SMART sadrži praćenje stanja sustava, stanje regionalne atmosfere, pripremu sustava za korisnika u svrhu određivanja položaja visoke preciznosti, pouzdanosti i dostupnosti podataka u realnom vremenu i postprocessingu (URL 4).

Geo++[®] GNREF 2.0 modul je softver koji radi u realnom vremenu i preuzima na sebe sve funkcije referentne stanice, uključujući upravljanje perifernim uređajima (GNSS uređajima, komunikacijskim sustavom itd.).

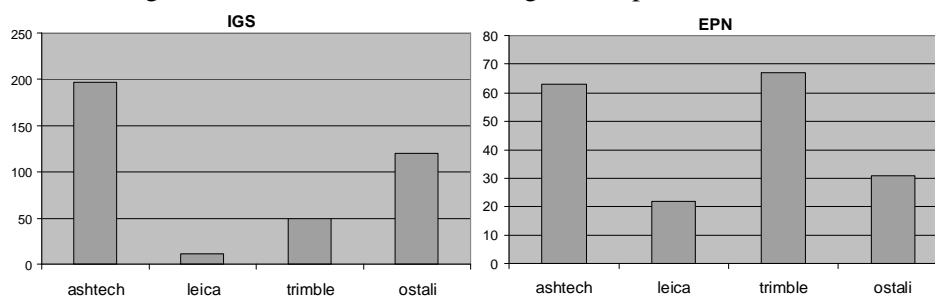
Geo++[®] GNNET modul realizira umrežavanje referentnih stanica sukladno Geo++[®] GNSMART konceptu. Računanjem u realnom vremenu GPS rješenja za mrežu više stanica osjetno se poboljšava preciznost, pouzdanost i dostupnost DGPS usluge. Modul generira specijalne parametre za korekciju površina (FKP) i omogućuje uspostavu virtualnih referentnih stanica.

Geo++[®] GNNET-RTK modul omogućuje osim uobičajenog RTK rješenja simultanu obradu više referentnih ili mobilnih stanica u realnom vremenu i podržava oba globalna navigacijska sustava kao i sva proizvođačka rješenja.

GNALARM-System modul prepoznaje probleme u najkraćem mogućem vremenu i dojavljuje ih pojedinoj stanici na kojoj se pojavila pogreška.

3.4 Zastupljenost proizvođačkih rješenja u IGS-u i EPN-u

U siječnju 1994. utemeljen je IGS (International GPS Service). Osim velikog broja referentnih stanica, agencija i regionalnih podatkovnih centara IGS obuhvaća 8 globalnih analitičkih centara i 3 globalna podatkovna centra.



Sl. 5. Zastupljenost proizvođačkih rješenja u IGS i EPN mreži referentnih stanica

EUREF potkomisija koja je odgovorna za održavanje Europskog referentnog sustava ETRS89 preuzela je 1995. godine inicijativu koordiniranja aktivnosti u svezi sa postojećim lokalnim referentnim GPS mrežama u Europi. Te stanice u kontinuitetu opažaju satelite koji su potvrdili svoju vrijednost za primjenu u širem spektru prostornih geodetskih aktivnosti. Odabir odgovarajućih europskih referentnih stanica bio je osnova za EPN (EUREF Permanent Network). Na slici 5. prikazana je zastupljenost pojedinih proizvođačkih hardverskih rješenja u IGS mreži od 378 (URL 5) i EPN mreži od 183 referentne stanice (URL 6).

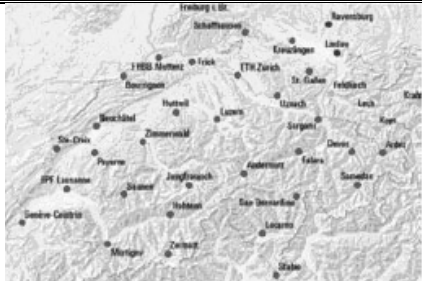
4 SERVISI U NEKIM EUROPSKIM DRŽAVAMA

Osnovu servisa čini mreža referentnih stanica koja se održava iz jednog ili više računskih centara. Mreža referentnih stanica nadopunjuje stalne točke geodetske osnove i temelj je za raznovrsna geodetska mjerenja. Pomoću transformacijskih parametara dobivenih na osnovu identičnih točaka moguće je jednostavno prijeći iz referentnog sustava u dosada korištene državne koordinatne sustave.

4.2. Švicarska

Automatsku GPS mrežu Švicarske AGNES (Automatisches GPS Netz Schweiz) čini 30 referentnih stanica u konstantnom pogonu koje pokrivaju cijelu državu. Podaci se primarno koriste za stavljanje na raspolaganje referentnog okvira LV95 korisnicima. Podaci se dnevno, djelomično i svakog sata obrađuju a rezultati aktualiziraju. Moguće smetnje i promjene referentnih stanica uslijed tektonskih pomaka mogu se na taj način efikasno detektirati. AGNES ima za cilj (URL 7): za državnu izmjeru on je on-line realizacija novog referentnog sustava CHTR95, kontinuirana opažanja doprinose određivanju kinematičkog modela CHKM95 za švicarski referentni sustav, u službenoj izmjeri potiče korištenje referentnog okvira i time potpomaže brži prijelaz sa starog na novi referentni sustav, predstavlja osnovu za SWIPOS (Swiss Positioning Service) usluge pozicioniranja, te znanstvenu primjenu u geodinamici i istraživanju atmosfere. Za primjenu u realnom vremenu korisnicima stoji na raspolagannju servis za pozicioniranje SWIPOS koji nudi dvije vrste usluga, tablica 1.

Tablica 1. SWIPOS servisi

Usluga/Preciznost/Medij	SWIPOS
SWIPOS- NAV, DGPS usluga s preciznosti 0.5-2m za primjenu u navigaciji, pomoću UKW/RDS i Natel/GSM	
SWIPOS-GIS/GEO RTK usluga s preciznosti 0.01-0.5m za naknadnu obradu podataka i primjenu u realnom vremenu pomoću Natel/GSM	

4.3 Austrija

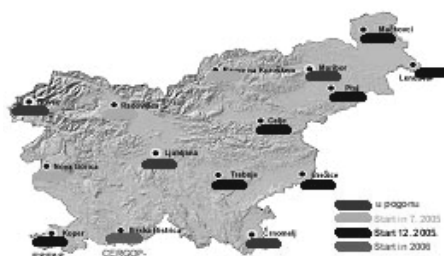
Osnova Austrijskog sustava pozicioniranja APOS čine pravilno raspoređene i uspostavljene referentne stanice uvažavajući načelo međusobne udaljenosti referentnih stanica 40-60km. U APOS su integrirane referentne stanice Bundesamta für Eich- und Vermessungswesen (BEV) i Austrijske akademije znanosti, Institut za istraživanje svemira, slika 6. Danas se u konstantnom pogonu održava 26 referentnih stanica, a još nekoliko ih je u pripremi. U okviru javno-privatnog partnerstva u primjeni su podaci još 8 referentnih stanica u vlasništvu Kärntner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft (KELAG). Na svim stanicama se podaci prikupljaju, pohranjuju i obrađuju. Koordinate referentnih stanica su u ETRS89 i kontroliraju se svakodnevnom obradom podataka. Te referentne stanice predstavljaju najvišu razinu referentnog okvira i odgovaraju klasi A-EUREF specifikacije s ponovljivosti u okviru $\pm 1\text{cm}$ (URL 8).



Sl. 6. Mreža referentnih stanica u Austriji, APOS

4.4 Slovenija

GPS mreža Republike Slovenije sastoji se od 15 referentnih stanica, od kojih su 5 u konstantnom pogonu. Jedna od 5 već uspostavljenih referentnih stanica (Ljubljana) je dio EUREF-EPN mreže. Mrežom referentnih stanica planirano je ravnomjerno pokrivanje teritorija države na međusobnoj udaljenosti 50- 70km. Prosječna udaljenost do sada uspostavljenih stanica je 70-130 km, a preciznost na području pokrivanja za krajnjeg korisnika je u okviru decimetra (Stopar, 2005). Do sada Slovenski sustav satelitskog pozicioniranja ima 50 registriranih korisnika. Za bolje pokrivanje države i veze sa susjedstvom uspostavljena je razmjena podataka s Austrijskim sustavom satelitskog pozicioniranja. Osim referentnih stanica, slika 7, koje su konstantnom pogonu na području Slovenije nalazi se još 8 privatnih GPS stanica koje nisu uključene u mrežu.



Sl. 7. Mreža referentnih stanica u Sloveniji

4.5 Mađarska

Mađarska aktivna GPS mreža, slika 8., financirana je od geodetske uprave pri Ministarstvu za poljoprivredu i Ministarstva obrazovanja. Mreža referentnih stanica uspostavlja se u dvije faze. U prvoj fazi je prosječna udaljenost između stanica oko 100 km, ostvareno s 12 referentnih stanica planski raspoređenih po području države. Polovica od tih referentnih stanica je trebala biti u funkciji 2003. godine. GPS mreža od 12 referentnih stanica je dovoljna za pružanje

usluga centimetarske preciznosti GPS mjerenja na području države u naknadnoj obradi podataka, i submetarske preciznosti u aplikaciji za realno vrijeme (URL 9). U drugoj fazi uspostaviti će se daljnjih 17 referentnih stanica. Te referentne stanice su planirane za urbana područja. Kompletna mreža referentnih stanica biti će u mogućnosti zadovoljiti centimetarsku točnost za RTK aplikaciju u realnom vremenu. Podaci će biti transferirani u računski centar FÖMI SGO putem Takarnet mreže i interneta. Rover prijammnici na terenu mogu primati korekcije s interneta pomoću mobilnih mreža koristeći GPRS servis.



Sl. 8. Mreža referentnih stanica u Mađarskoj

4.6 Srbija

AGROS se sastoji iz GPS segmenta (32 referentne stanice), komunikacijskog i korisničkog segmenta. Mreža referentnih stanica je uspostavljena u fazama od 2002. do zaključno 05.12.2005. godine, a 16.12.2005. godine započelo se s ekonomskim korištenjem servisa za korisnički segment (URL 10), tablici 2.

Tablica 2. AGROS servisi

Servis	Preciznost [m]	AGROS
AGROS RTK, Pozicioniranje primjenom kinematičke metode	0.02 - 0.03	
AGROS DGPS, Pozicioniranje primjenom diferencijalne metode	0.5 - 3.0	
AGROS PP, Pozicioniranje primjenom statičke metode	0.01	


Aktivna geodetska referentna osnova Srbije (AGROS), je permanentni servis preciznog satelitskog pozicioniranja. Uspostavom AGROS-a ostvaren je nužan uvjet za rješavanje problema referentne geodetske osnove i stvoreni su uvjeti koji omogućavaju realizaciju i održavanje geodetskog referentnog okvira, realizaciju, kontrolu kvalitete i unificiranje datuma geodetske osnove državne

izmjere, pozicioniranje detaljnih tačaka državne izmjere pri izradi i održavanju katastra, pozicioniranje za potrebe izrade svih vrsta topografsko-kartografskih podloga, realizaciju geodetskih kontrolnih mreža kao i druge vrste pozicioniranja pri projektiranju i izgradnji građevinskih i drugih vrsta inženjerskih radova te praćenje i izučavanje geodinamičkih fenomena, itd.

4.7 Crna Gora

GPS SPIDER permanentna GPS Mreža Crne Gore je u vlasništvu Uprave za Nekretnine Vlade Crne Gore (URL 11). GPS mreža se sastoji od 9 referentnih stanica, tablica 3., i pokriva kompletni teritorij države. Mreža referentnih stanica omogućava precizno, homogeno i pouzdano pozicioniranje u realnom vremenu i naknadnoj obradi. Svim korisničkim grupama osigurano je postizanje centimetarskog ili submetarskog nivoa preciznosti pozicioniranja. Realizacija cjelokupnog projekta završena je potkraj 2005. godine.

Sl. 4.7.1. Mreža referentnih stanica u Crnoj Gori

Glavne karakteristike		Mreža Crne Gore
Hardver i softver	GPS Prijemnici: Leica GRX1200 Pro GPS Antena: Leica AT504 Choke Ring Softver: Leica GPS SPider	
Servisi i aplikacije	registriranje podataka na 1 sekundu, prijenos RTK/DGPS podataka za svaku stanicu pojedinačno, generiranje i distribucija mrežnih RTK podataka u različitim RTCM formatima, podrška MAC konceptu mrežnog rada, distribucija podataka: GSM, GPRS, interneta	

6. ZNAČENJE GALILEA ZA MREŽU REFERENTNIH STANICA

Preliminarne studije demonstrirale su da će pouzdanost i produktivnost inicijalizacije pojedinih baza na rover prijatelju enormno porasti s trećom/četvrtom frekvencijom dostupnom s GALILEA i moderniziranog GPS u usporedbi s dvofrekvencijskim klasičnim RTK sustavom (Vollath, i dr. 2005). Svakim analitičkim modelom uspoređen je rad sustava s dvije frekvencije sa sustavom s tri frekvencije u ovisnosti o udaljenosti. Pouzdanost u ovisnosti o sustavu koji je korišten i na koliko frekvencija su emitirani signali, tablici 4., pokazuje da sadašnji sustav s dvije frekvencije jamči punu pouzdanost za udaljenost referentnih stanica do 50 km. S porastom udaljenosti sustav s dvije frekvencije nije dovoljan i vidne su prednosti sustava koji radi s tri frekvencije, a on se dodatno poboljšava u kombinaciji GPS i Galilea.

Tablica 4. Pouzdanost u ovisnosti o sustavu GPS i G&G (GPS i Galileo)

VRS	GPS 2f	GPS 3f	G&G 2f	G&G 3f
50 km	100 %	100 %	100 %	100 %
90 km	99.58 %	99.97 %	99.65 %	99.99 %
120 km	98.73 %	99.75 %	98.96 %	99.76 %

Kao što je vidljivo horizontalna preciznost ovisi o konstelaciji satelita i broju frekvencija jednako za VRS sustav kao i pojedinačne vektore, tablica 5.

Tablica 5. Horizontalna preciznost pozicioniranja (RMS u mm) u ovisnosti o sustavu

VRS	GPS 2f	GPS 3f	G&G 2f	G&G 3f
50 km	9.5	7.9	5.8	4.9
90 km	10.5	8.7	6.7	5.9
120 km	10.7	9.0	6.9	6.1

Ono što je od enormne važnosti jeste eliminacija ili maksimalno reduciranje utjecaja ionosfere. To se poboljšava s brojem frekvencija s kojih se emitiraju signali, te se sukladno tome može reći što više frekvencija to je bolji i pouzdaniji model ionosfere. Osim toga, treća frekvencija će omogućiti povećanje udaljenosti između referentnih stanica do 90 km, a u kombinaciji GPS/Galileo i do 120 km.

7. ZAKLJUČAK

RTK pod pretpostavkom korištenja podataka VRS-a dopušta mjerenja na udaljenostima na kojima standardni RTK sustav nikada ne bi mogao biti funkcionalan. Veći broj referentnih stanica isključuje potrebu uspostave vlastitih referentnih stanica u svrhu izvođenja raznih geodetskih zadaća.

Koncept VRS moguće je realizirati s raznim proizvođačkim rješenjima. Nekoliko proizvođačkih rješenja trenutno je dominantno svojom zastupljenošću u internacionalnim i Europskim servisima. Obzirom na predstojeću uspostavu Europskog satelitskog sustava nije nevažno skrenuti pozornost na moguća poboljšanja koja proizlaze iz kombiniranja postojećeg GPS satelitskog sustava i GALILEA. Za sada proizvođači u svojim hardverskim rješenjima nisu ili su samo djelomično pripremljeni za prijam signala s GALILEA, pa će biti potrebna nadogradnja postojećih sustava. Usluge preciznog pozicioniranja u mrežama nacionalnih referentnih stanica morati će držati korak s implementacijom novog civilnog signala kod GPS i GALILEA.

Veći dio zapadne Europe je uspostavio modernu infrastrukturu i taj trend je zahvatio i područje istočne i jugoistočne Europe. Države u neposrednom Hrvatskom okružju, s izuzetkom Bosne i Hercegovine, već su djelomično ili u potpunosti uspostavile mreže referentnih stanica. Slijedeći taj trend i u Republici Hrvatskoj započelo se s pripremnim radovima kako bi se i naša zemlja uključila u modernu geodetsku infrastrukturu.

LITERATURA

- Landau, H., Vollath, U. (2002): *Virtual Reference Station Systems*, Journal of Global Positioning System, Vol. 1, No. 2, 137-143.
- Stopar, B. (2005): *National report of Slovenia*, EUREF 2005 Symposium - Vienna, Austria, June 1-3, 2005.
- Vollath, U., Patra, R., i dr. (2005): *GALILEO/Modernized GPS: A New Challenge to Network RTK*, Trimble White Papers.
- Wanninger, L., (2002): *Virtual Reference stations for cm-Level Kinematic Positioning*, Proc of ION GPS2002, Portland, Oregon, 1400-1407.
- Wanninger, L., (1998): *Verwendung virtueller Referenzstationen in regionalen GPS-Netzen*, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 105:113-118, Wichmann Verlag, Heidelberg.
- URL 1: <http://www.leica-geosystems.com> (31.3.2006.)
- URL 2: <http://www.trimble.com> (5.4.2007.)
- URL 3: <http://www.thalesnavigation.com> (20.3.2006.)
- URL 4: www.geopp.de (21.3.2006.)
- URL 5: <ftp://igs.cb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/logsum.txt> (11.3.2006.)
- URL 6: <ftp://ftp.epncb.oma.be/pub/station/general/extlog.sum> (11.3.2006.)
- URL 7: <http://www.swisstopo.ch/de/> (18.3.2006.)
- URL 8: <http://www.bev.gv.at> (20.3.2006.)
- URL 9: http://www.sgo.fomi.hu/21-gnss_eng.html (31.3.2006.)
- URL 10: <http://www.rgz.sr.gov.yu/> (31.3.2006.)
- URL 11: http://www.vekom.com/projekti/cg_mreza.htm (31.3.2006.)

STATUS OF VRS SYSTEM AND SERVICES IN SURROUNDINGS

Abstract: *Precise relative GPS positioning is provided by vector processing. Most important step in vector processing between two stations is to determine integer number of double phase difference. If that can be achieved than it is possible to get a centimeter accuracy for position for short time interval of observation and few kilometers long vectors. Reference station network development provides vector processing without distance limitation by calculating high precision model of ionospheric, tropospheric, orbital and multipath errors from phase observation of several reference stations. Application of permanently reference stations in region or along whole state eliminates need for local reference networks or temporary reference stations on the field. Some big companies have solutions for reference station network installation. Using developed hardware and software solutions for network analyses in real time and error modelling provides consistent and constant high precision and improvement of RTK performances.*

Key words: *reference station, developed hardware and software solutions*