



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Југославија
Деканат: 021 350-413; 021 450-810; Централа: 021 350-122
Рачуноводство: 021 58-220; Студентска служба: 021 350-763
Телефакс: 021 58-133; e-mail: ftndean@uns.ns.ac.yu



Сертификован
систем
квалитета



Studijski program: Geodezija i geomatika

SEMINARSKI RAD

CORS permanentne stanice

- Integrirani sistemi premera -

Mentor:
Vladimir Bulatović

Kandidat:
Tatjana Kuzmić, gg20-2011

Novi Sad, maj 2015. godina

1. UVOD

Prikupljanje podataka o poziciji je danas veoma značajno. Ove prostorne informacije se koriste u različite svrhe – izrada topografskih podloga, digitalnih modela, navigacija, ažuriranje i izrada baze podataka za prostorne aplikacije kao što je Google Earth, različita geodetska i geofizička istraživanja, itd.

Izbor metode za prikupljanje ovakvih podataka se vrši na osnovu potreba korisnika, zahteva tačnosti i nivoa detaljnosti, vremenskog intervala u kom je potrebno kreirati odgovarajući produkt, ekonomskih mogućnosti i raspoloživih resursa. Geodetska struka se danas suočava sa izazovima u pogledu vremenskog intervala u kome je potrebno kreirati odgovarajući proizvod. Sam proces realizacije proizvoda zahteva da bude kreiran na vreme, u skladu sa budžetom i da zadovoljava potrebe za koje je namenjen i, naravno, da je odgovarajućeg kvaliteta.

U savremeno doba dolazi do intenzivnog razvoja tehnologija i softvera što stručnjacima omogućava da odgovore adekvatno na postavljene zadatke i opstanu na tržištu.

Naravno, veliki napredak ostvaren je kroz integraciju podataka i razvoj baza podataka. Ovo omogućava zajedničko korišćenje podataka prikupljenih različitim metodama i prikupljanje potrebnih podataka znatno boljeg kvaliteta. Danas, efikasnost savremenih metoda je dostigla takav stepen da se za jako kratko vreme može prikupiti velika količina podataka, što je ranije bilo nezamislivo. Takođe, sama obrada podataka, analiza i interpretacija je postala digitalizovana i krajnje pojednostavljena.

U skladu sa navedenim, jedna od metoda koja danas prednjači i ima izuzetno veliku primenu i mogućnosti jeste GPS metoda za prikupljanje podataka. GPS je skraćenica od

NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging Global Positioning System). GPS (Slika 1) je sistem koji nam omogućava da se pozicioniramo u prostoru. Svaki čovek može da se orijentiše relativno u odnosu na objekte koji se nalaze oko njega. Međutim, problem nastaje kada tih objekata nema, npr. u pustinji, na okeanu, itd. Ovaj problem je najpre bio rešavan uz pomoć Sunca i zvezda kao navigatora. Nedostatak pozicioniranja na ovaj način je u tome što zvezde i Sunce nisu vidljivi kada je oblačno i samo pozicioniranje nije dovoljno visoke tačnosti. [1]



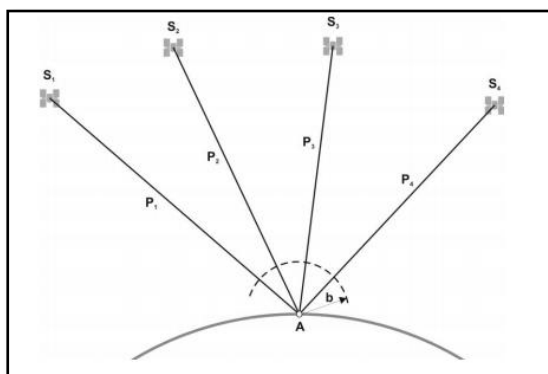
Slika 1 – Različiti GPS uređaji

2. GPS

GPS je pasivni sistem zasnovan na komunikaciji sa satelitima (korisnici primaju informacije sa satelita bez mogućnosti slanja informacija na satelit). Ovim putem moguće je dobiti precizne informacije o poziciji u svakom trenutku.

GPS sistem se sastoji iz tri segmeta – ***kosmički, kontrolni i korisnički***. Kosmički segment podrazumeva 24 satelita raspoređena u kružne orbite, kontrolni segment podrazumeva kontrolne stanice i terestričke antene. Konačno, korisnički segment podrazumeva svakog ko koristi GPS prijemnik.

Osnovni koncept GPS pozicioniranja jeste trilateraciona metoda zasnovana na merenju dužina (Slika 2). Merenje dužina se postiže određivanjem vremena puta signala ili na osnovu razlike faza (poređenje dva signala). U skladu sa time, razlikuju se dve vrste merenja: kodna i fazna. Fazna merenja su daleko preciznija, dok se kodna merenja koriste uglavnom za potrebe navigacije.



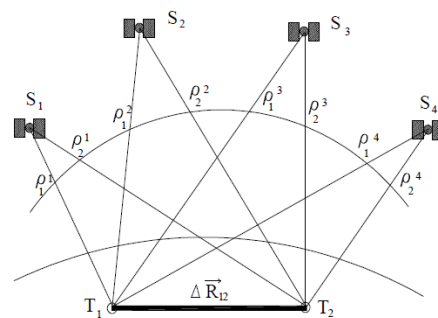
Slika 2 – Trilateraciona metoda pozicioniranja

Velika prednost ove moderne tehnologije je u njenoj zasnovanosti na elektromagnetnim talasima koji se prostiru kroz vazduh. To omogućava da se merenje vrši u svim uslovima – dan i noć, kiša i oblaci.

Postoji više metoda za dobijanje pozicije koristeći GPS. Upotrebljeni metod zavisi od zahtevane tačnosti i tipa rapoloživog GPS prijemnika. Tehnike mogu biti podeljene na:

➤ ***Apsolutna navigacija*** – koristi se jedan prijemnik, pomoću kodova se meri rastojanje od satelita do prijemnika. Položaj prijemnika se određuje u terestričkom sistemu, vezanom za Zemlju, odnosno u sistemu WGS84.

➤ ***Relativno pozicioniranje*** (Slika 3) – koriste se najmanje dva prijemnika koji vrše opažanja ka istim satelitima (kodno ili fazno), gde su koordinate jednog prijemnika obično poznate, dok se koordinate drugog prijemnika određuju relativno u odnosu na koordinate prvog – određuje se vektor između dve tačke, tzv. bazna linija. Tačnost je znatno veća nego kod apsolutnog pozicioniranja.



Slika 3 – Relativno pozicioniranje

➤ ***Statičko pozicioniranje*** podrazumeva stacionarnost prijemnika za vreme opažanja. Povremeni prekidi u prijemu signala nisu kritični.

➤ Kod ***kinematičkog pozicioniranja*** koriste se dva prijemnika – bazni i pokretni prijemnik. Bazni prijemnik se postavlja na poznatu stanicu i statičan je za vreme premera. Za to vreme pokretni prijemnik (rover) se kreće od tačke do tačke, zaustavljajući se na tim tačkama radi kratkih

opažanja. Velika osetljivost se javlja na prekide u prijemu signala.

➤ U slučaju *merenja u realnom vremenu* konačni rezultati se dobijaju u trenutku opažanja. Zahteva se stalna radio veza između baznog i pokretnog prijemnika. Na pokretnom prijemniku se računaju pozicije tačaka i beleže u odgovarajući registrator.

➤ *Naknadna obrada merenja* se izvodi nakon prikupljanja određene količine podataka i obavlja se u birou gde se kombinuju merenja izvedena na više tačaka.
[2]

3. CORS PERMANENTNE STANICE

Većina aplikacija koje se koriste za mapiranje, snimanje, navigaciju i druge srodne discipline koriste GPS tehnologiju sa zahtevima tačnosti koja odgovara upotrebi relativnih tehnika pozicioniranja. U tom cilju, mnoge organizacije uspostavljaju GPS referentne stanice koje kontinuirano rade – CORS (Continuously Operating Reference Stations), omogućavaju kodna i fazna merenja kao podršku trodimenzionalnom pozicioniranju – Slika 4.



Slika 4 (a,b) – CORS referentne stanice

Ove referentne stanice na automatizovan način prikupljaju i snimaju GPS podatke sa poznatih lokacija koje su neophodne za relativno pozicioniranje. Nakon toga se ovi podaci kombinuju sa podacima prikupljenim pomoću prijemnika čije pozicije tek treba utvrditi. Ova obrada se može vršiti u realnom vremenu ili naknadno.

Kako bi se situacija pojednostavila, korisnik može da prikuplja podatke na terenu

pomoću jednog prijemnika. Kasnije, u kancelariji, ima mogućnost da preuzme podatke prikupljene u istom tom vremenskom intervalu sa obližnje referentne stanice i obradi ova dva seta prikupljenih podataka.

Oprema i procedure koje se koriste u okviru relativnog GPS pozicioniranja definišu nivo tačnosti koji je dostižan.

Sem primene u relativnom pozicioniranju, referentne stanice takođe mogu da se koriste i za definisanje preciznih efemerida, korekcija časovnika, praćenje pomeranja Zemljine kore, analizu Zemljine rotacije, itd.

Nacionalna geodetska služba radi na CORS programu kao podršci za kreiranje nacionalnog koordinatnog sistema koji je poznat i kao Nacionalni prostorni referentni sistem (NSRS). Takođe, ovaj CORS program mora da reši i pitanja distribucije, arhiviranja i kontrole kvaliteta podataka koje prikupi.

Tačnost koju obezbeđuje CORS sistem referentnih stanica iznosi nekoliko centimetara, kako u horizontalnom, tako i u vertikalnom pogledu u odnosu na NSRS.

Glavni parametri koji se razmatraju prilikom realizacije CORS mreže jesu:

- rastojanje između stanica;
- povezanost sa referentnim okvirom ili nacionalnim geodetskim datumom i
- uticaj prekida rada stanice na isporuku podataka.

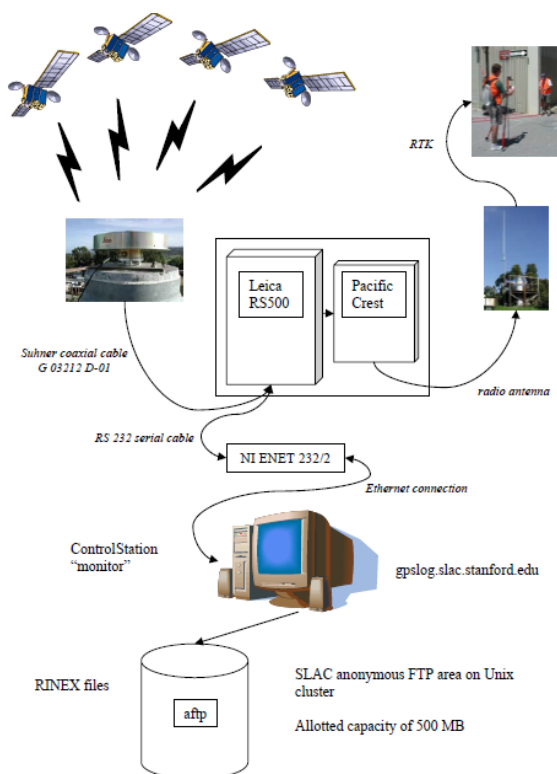
Prednosti CORS-a jesu:

- greške koje zavise od dužine su redukovane;
- robustan, tačan, pouzdan, višenamenski, ekonomičan sistem;
- poboljšana efikasnost;
- korisniku je potreban samo jedan prijemnik;
- veća pokrivenost područja sa manjim brojem stanica.

4. PRINCIP FUNKCIONISANJA

CORS mreža je dizajnirana tako da bude efikasna i jednostavna da bi je korisnik razumeo.

Koncept ove mreže je baziran na mreži GNSS referentnih stanica koje su putem interneta konstantno povezane sa Glavnim centrom za obradu (CPC – Central Processing Centre). Kompjuterski procesor unutar kontrolnog centra konstantno prikuplja podatke sa svih prijemnika u roku od nekoliko sekundi od trenutka merenja. Sirovi GNSS podaci se onda procesiraju, modeluju i eliminišu uticaji nekih grešaka, kao što su troposferske i jonosferske. Tako se kreira živa baza regionalnih korekcija koja je dostupna korisniku u svakom trenutku. Putem radio antene, korekcije se mogu slati i direktno do korisnika (Slika 5).



Slika 5 – Opis toka podataka unutar CORS sistema [3]

➤ Glavni centar za obradu

Glavni centar za obradu se sastoji iz: GPSNet servera, monitora, GPStream servera, monitora za web server i distribuciju podataka, rutera za pristup internetu, štampača i neometanog izvora napajanja. [4] Prikaz glavnog centra za obradu je dat na Slici 6:



Slika 6 – Prikaz glavnog centra za obradu

Efikasna upotreba ovog sistema u realnom vremenu zahteva definisanje protokola za razmenu podataka. Trenutno, dva protokola predstavljaju i standard - NMEA i RTCM. NMEA se koristi uglavnom za potrebe navigacije, ne za RTK aplikacije i radi se o ASCII formatu. RTCM je internacionalni standard za razmenu podataka u realnom vremenu. Do sada je realizovano više verzija standarda (RTCM 2.x, RTCM 3.x i NTRIP).

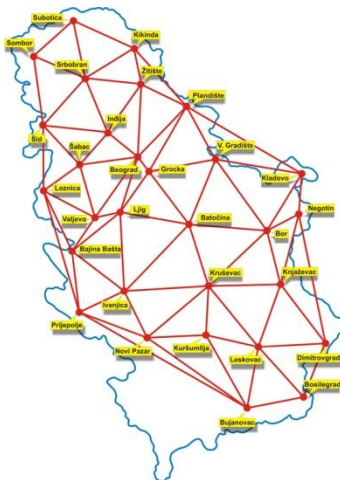
NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) jeste najnoviji standard i koristi se za razmenu podataka putem interneta. Ovo nije format podataka. NTRIP koristi Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP).

Komunikacija između kontrolnog centra i referentne stanice je potrebna kako bi se podaci u kontrolnom centru skladištili, konvertovali, sračunale koordinate i korekcije. Slanje podataka se odvija putem fiksne telefonske linije, ADSL interneta, GSM/GPRS/EDGE komunikacionih satelita ili radio komunikacije.

Kako bi se korigovani podaci dobijeni različitim kalkulacijama (MAC, FKP, VRS,

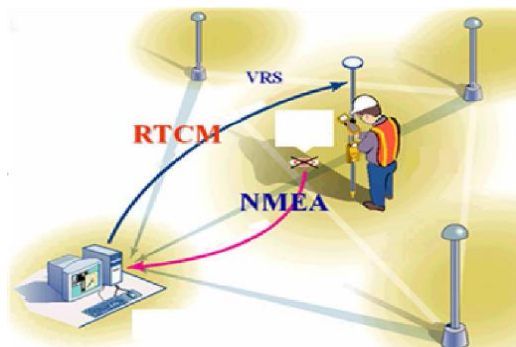
itd.) iz kontrolnog centra poslali do korisnika, preferiraju se metode zasnovane na IP adresi (LAN, WAN, WLAN, Internet, Intranet, Radio). Međutim, sa razvojem NTRIP-a, Internet je sve dominantniji. [5]

Aktivna geodetska referentna osnova Srbije (AGROS) - Slika 7, jeste CORS mreža razvijena na teritoriji Reoublike Srbije kao podrška za izvođenje preciznog pozicioniranja. [6]



Slika 7 - AGROS mreža

Mreža je zasnovana na VRS konceptu. Pri uključivanju rovera i prijavljivanju na mrežu, rover šalje približnu poziciju serveru u formatu NMEA. Zatim server, na osnovu arhiviranih poruka sa najmanje tri okolne referentne stanice generiše virtuelnu stanicu u blizini rovera. Sada server kontinuirano šalje RTCM poruke kao da su poslate sa virtuelne stanice (Slika 8). [7]



Slika 8 – VRS koncept

5. HIJERARHIJA CORS-A

ICSM (Internacionalni komitet za snimanje i mapiranje) je usvojio hijerarhiju CORS stanica. Raspodela je definisana prema pouzdanosti i doprinosu stanica definisanju i realizaciji referentnog okvira.

➤ Tier 1 CORS

Ovaj nivo zahteva visoku stabilnost kako bi se podržala geofizička istraživanja i definisanje globalnog referentnog okvira. Rastojanja između stanica su od 500 do 1500 km.

➤ Tier 2 CORS

Tier 2 CORS su osnovane od strane nacionalnih geodetskih agencija za potrebe definisanja i održavanja nacionalnog geodetskog referentnog okvira. Zahteva se takođe visoka stabilnost stanica. Tier 1 CORS stanice jesu podskup Tier 2 stanica obezbeđujući vezu između nacionalnog geodetskog datuma i ITRF-a. Podaci sa ovih stanica moraju biti dostupni odgovarajućim nacionalnim i državnim institucijama zarad realizacije i poboljšanja referentnog okvira. Rastojanja između stanica su od 80 do 500 km.

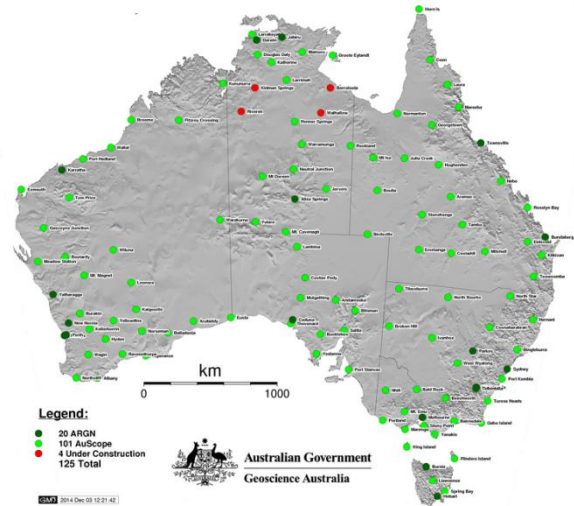
➤ Tier 3 CORS

U ovome slučaju se zahteva stabilnost stanica. Ove stanice podržavaju aplikacije za pristup u realnom vremenu i omogućavaju pristup datumu, a ne definišu ga. Rastojanja između stanica su od 20 do 80 km. [8]

Mnoge zemlje imaju razvijenu svoju nacionalnu CORS mrežu koja omogućava precizno pozicioniranje bilo gde na njenoj teritoriji.

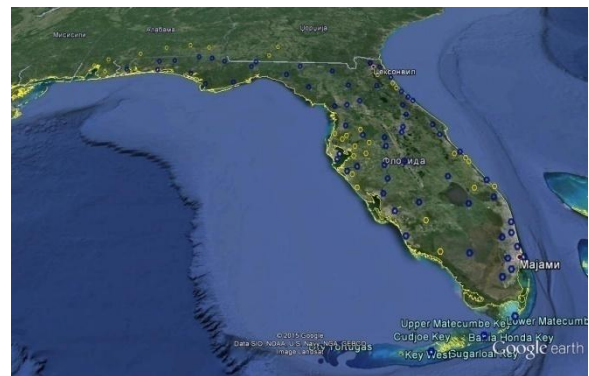
Australia je razvila takođe svoju CORS mrežu (ARGN - Australian Regional GNSS Network) – Slika 9. Podaci sa ove mreže mogu da se koriste u okviru AUSPOS-a (Australian Processing Online Service) – online sistema za obradu podataka koji omogućava da se podaci snimanja pošalju

putem interneta, a kroz nekoliko sati se informacija o pozicijama šalje putem mail-a tačnosti od nekoliko cm. [9]



Slika 9 – ARGN (Australian Regional GNSS Network)

Florida je razvila svoju mrežu FPRN (Florida Permanent Reference Network) od oko 100 CORS-a rasprostranjenih duž cele teritorije (Slika 10). Svaka stanica vrši kodna i fazna merenja kao podršku trodimenzionalnom pozicioniranju. [10]



Slika 10 – FPRN (Florida Permanent Reference Network)

6. KARAKTERISTIKE HARDVERA

Pri razvoju CORS sistema, potrebno je razmotriti nekoliko ključnih pitanja koja se tiču samog hardvera (Slika 11), odnosno potrebno je definisati karakteristike prijemnika, antene i ostale opreme. Prijemnik jeste primarni element CORS sistema i kako bi podržao širok spektar aktivnosti, on mora biti visoko kvalitetan, pouzdan i mora da omogući praćenje i snimanje svih komponenti GPS signala.



Slika 11 – CORS hardver

Još neke od karakteristika prijemnika jesu brzina prikupljanja podataka, broj pratećih satelita, mogućnost daljinskog upravljanja, itd. Većina današnjih prijemnika zadovoljava potrebe raznih aplikacija sa prikupljanjem podataka u svakoj sekundi. U izuzetnim slučajevima, kao što je pozicioniranje aviona, može se podesiti da

prijemnik prikuplja podatke češće, npr. na svakih pola sekunde.

Takođe, potrebno je rešiti i pitanje modela i tipa antene i kompjutera na stanici ukoliko je potreban. Vršiti se i izbor dodatne opreme kao što je neprekidni izvor energije, meteorološka stanica, razni senzori, precizni časovnici za merenje vremena, kao i mehanizmi za povezivanje sa korisnikom poput modema, telefonske linije ili mrežne konekcije.

CORS sistemi podrazumevaju i postojanje računara na odgovarajućim lokacijama. Oni se mogu koristiti za skladištenje prikupljenih podataka, daljinsko upravljanje i samo snimanje sa referentnih stanica. Velika prednost ovih referentnih stanica jeste što poseduju mogućnost da rade duži vremenski period bez održavanja od strane osoblja. Operater ima mogućnost da iz kancelarije nadgleda rad stanice i eventualno, kontroliše operacije prijemnika kao da se nalazi ispred njega. Ovakav način funkcionisanja omogućava kompjuter koji je postavljen na lokaciji, ali postoji i nekoliko vrsta prijemnika koji ne zahtevaju računar da bi funkcionisali na ovaj način.

Kako bi pouzdanost CORS sistema bila odgovarajuća, potrebna je i sigurnost da će sistem raditi i u slučaju nestanka struje. Ovaj problem se rešava upotrebom neprekidnog izvora struje (UPS – Uninterruptable Power Supply). On snabdeva stanicu strujom odgovarajući vremenski period ili je stavlja u stand by mod gde neke od komponenti nisu funkcionalne. Unutar dizajna sistema može se nalaziti i generator struje koji se koristi u slučajevima dužeg prekida energije. Drugi aspekt pouzdanosti jeste postojanje odgovarajućih sigurnosnih mehanizama u slučaju da dođe do prekida u radu neke od komponenti sistema.

Takođe, da bi sistem funkcionisao potrebna je i veza sa spoljnim svetom. To se često realizuje putem telefonske linije ili modema sa velikom brzinom. Ukoliko postoji

internet ili neka druga lokalna mreže, stanica treba biti direktno povezana na tu mrežu. Zbog velike količine podataka, preferira se direktna mreža umesto modema. U Sjedinjenim američkim državama se razvija X.25 paket za razmenu podataka koji ima veliku brzinu razmene obimnih podataka putem telefonske linije. [11]

Zarad povećanja tačnosti prikupljenih podataka, potrebno je i da se prikupe informacije o vremenskim uslovima. Na osnovu ovih informacija se može napraviti tačniji model troposfere i preciznije odrediti kašnjenje GPS signala. Postoji mogućnost da se u referentnu stanicu integriše meteorološka stanica i na taj način meri i temperatura, pritisak i drugi slični podaci. Zajedno sa prikupljenim GPS podacima, ovi podaci se isporučuju korisniku u posebnom ili istom fajlu.

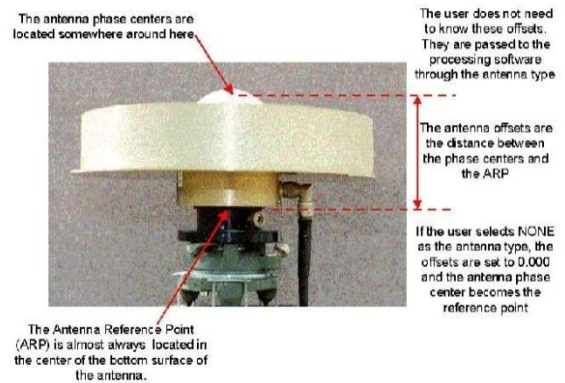
Pri realizaciji CORS sistema, neophodno je rešiti pitanje tipa antene (Slika 12), njene lokacije, zaštite od groma, način učvršćivanja za konstrukcijom kojom je povezana sa Zemljinom površinom, itd. Antena bi trebalo da podržava signale koji se emituju na obe, L1 i L2 frekvencije, kao i javno dostupne C/A kodove i zaštićene, precizne P(Y) kodove.



Slika 12 – GNSS antenna

Pod kalibracijom antene se podrazumeva uspostavljenje veze između faznog centra antene (APC - Antenna Phase Centre) i referentne tačke antene (ARP - Antenna

Reference Point). Fazni centar antene jeste tačka unutar nje na koju se odnosi svaki mereni GNSS signal. Međutim, ova tačka se ne može fizički odrediti, pa se merenja odnose na referentnu tačku antene pri čemu se određuje ofset između APC-a i ARP-a (Slika 13). [12]






Slika 13 – Fazni centar antene i referentna tačka; ofset

Kada se instalira, antena ne bi trebalo da se menja ili uklanja sem ako je to neophodno i metapodaci se moraju ažurirati ubrzo nakon bilo kakve promene.




Naravno, potrebno je i da stanice nesmetano prikupljaju podatke sa određenog broja satelita. Ako se pozicioniranje vrši u realnom vremenu, prijemnik mora sadržavati i komponentu koja će računati i emitovati korekcije za pozicije korisnika.

7. UPOREDNE KARAKTERISTIKE PRIJEMNIKA RAZLIČITIH PROIZVOĐAČA

Tabela 1 – Uporodne karakteristike prijemnika različitih proizvođača (podaci su preuzeti iz literature 15-20)

	Trimble NetR9	Leica GR25	Stonex SC200
Slika			
Interfejs:	Florescentni displej sa 2 reda x 16 karaktera	ON/OFF dugme, 6 dugmadi, OLED displej, Web Interfejs, 7 LED indikatora	4 LED indikatora, 256x64 OLED displej
Prateći satelitski signali:	GPS, GLONASS, Galileo, SBAS, L band	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS	GPS, GLONASS, Galileo, GIOVE, SBAS
Izlazni formati:	T02, RINEX 2.11 i 3.0, BINEX, Google Earth files CMR, CMR+, CMRx, RTX, RTCM2.x, RTCM 3.x, NMEA	Leica, Leica 4G, CMR, CMR+, RTCM2.x, RTCM 3.x, BINEX, NMEA	CMR, CMR+, RTCM2.x, RTCM 3.x, SCMRX, NMEA
Snimanje sirovih podataka:	50Hz	50Hz	50Hz
Kanali	440	> 500	220
Podržani mrežni protokoli: Transfer podataka	HTTP, HTTPS, TCP/IP, UDP, FTP, NTRIP, FTP Push and Email Push	HTTPS, SSL sertifikati, FTP Server i FTP Client (push), Email obaveštenja, SNMP podrška, Ntrip	HTTP, NMEA,CMR, GSOF na NtripServer-u, TCP/IP ili UDP
Memorija:	Unutrašnja: 8 GB Spoljašnja: 1TB	SD kartica do 32GB	4 GB ; 512MB RAM; 512MB sistemska memorija
Komunikacija, portovi i konektori:	Serijski port, Bluetooth, Ethernet, USB	Radio/GSM/GPRS/UMTS uređaji su podržani, Ethernet, Bluetooth, USB	100Mb Ethernet Interface, WiFi, Bluetooth, Wireless network WCDMA 3G USB
Tačnost:	H: 3mm+0.1ppm, V: 3.5mm+0.4ppm (statika) H: 8 mm + 0.5 ppm V: 15 mm + 0.5 ppm (RTK)	H: 3 mm + 0.1 ppm V: 3.5 mm + 0.4 ppm (statika) H: 6 mm + 0.5 ppm V: 10 mm + 0.5 ppm (RTK)	H: 2mm+0.3ppm, V: 3mm+0.5pp (statika)
Napajanje:	9.5 V DC do 28 V ulaznog napona preko Lemo port-a, Struja preko Ethernet-a (PoE), Integrirana baterija (15h)	Nominalno 12 V DC (10.5-28), Unutrašnja ukloniva Li-Ion baterija (GEB242) i ugrađen punjač, PoE	9-18V ulaznog napona, Struja - 2.3W (PoE)-9W, Baterija od 5000mAH (16h)
Cena:	19000\$	15750\$	13250\$

CORS permanentne stanice

	Topcon Net G5	Javad Delta 3	NovAtel ProPack6
Slika			
Interfejs:	8 LED indikatora, multifunkcionalno dugme za napajanje	2 LED sijalice, dva funkcijska tastera	2 dugmeta
Prateći satelitski signali:	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS, L band	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS, L band
Izlazni formati:	TPS, RTCM 2.x i 3.x, CMR, CMR+, RINEX, BINEX, NMEA	NMEA 0183 v. 2.x i 3.0, BINEX, JPS, RTCM 2.x i 3.x, CMR	RTCM 3.0, CMR version 3.0, CMR+, NMEA 3.01, i RTCA
Snimanje sirovih podataka:	do 100Hz	do 100Hz	do 100Hz
Kanali	452	864	240
Podržani mrežni protokoli:	Ntrip	Ntrip	Ntrip
Memorija:	Memorijske kartice sa do 32GB, USB	16 GB memorije koja se ne može ukloniti	4 GB memorije, USB
Komunikacija, portovi i konektori:	Integrirani GSM, GSM Quad-Band, CDMA2000, UMTS/HSPA+, Bluetooth, WiFi, serijski port, Ethernet	Serijski port, Ethernet	WiFi, Bluetooth, Ethernet, CAN, Radio
Tačnost:	H: 3 cm + 0.5ppm V: 5 cm + 0.5 ppm (statika) H: 10 cm + 1 ppm V: 15 cm + 1 ppm (RTK)	H: 0.3 cm + 0.1ppm V: 0.35 cm + 0.4 ppm (statika) H: 1 cm + 1 ppm V: 1.5 cm + 1.5 ppm (RTK)	H: 1 cm + 1 ppm
Napajanje:	Nominalno 12VDC, eksterni ulaz za struju (9-28VDC), dva porta (primarni i rezervni)	Eksterna baterija, 4.5-35V (jedan eksterni port za struju)	Ulaz za struju 9 do 36VDC
Cena:	7000\$ (minimum)	6225\$ (minimum)	

8. USPOSTAVLJANJE CORS SISTEMA

Prilikom uspostavljanja CORS sistema, pozicije stanica se biraju tako da budu ispunjeni određeni uslovi. Svaka lokacija zahteva razmatranje različitih uticaja, ali globalno govoreći potrebno je voditi računa o:

- stabilnosti referentne tačke antene (ARP – Antenna Reference Point). Ova tačka jeste na spoljašnosti antene i na nju se odnosi pozicija faznog centra antene;
- kvalitetu signala i potpunosti podataka;
- kontinualnom i pouzdanom izvoru energije;
- pouzdan sistem za komunikaciju sa minimalnim kašnjenjima;
- infrastrukturi koja nije podložna okolnim uticajima životne sredine.

8.1. Kvalitet signala

Da bi CORS sistem pravilno funkcionisao, potrebno je da antena neometano prima kvalitetne signale.

8.1.1. Vidljivost na nebu

Pri izboru lokacija stanica, vodi se računa o tome da javlja što manje prepreka iznad lokalnog horizonta.

Sateliti bliski horizontu ne daju precizne informacije o poziciji, pa se definiše ugao koji se naziva elevaciona maska (Slika 14) koji će eliminisati uticaje satelita koji se nalaze ispod određenog ugla iznad horizonta. Preporuka za elevacionu masku kod CORS sistema iznosi 10° , što znači da se neće vršiti opažanja ka satelitima koji se nalaze pod ovim uglom u odnosu na horizont ili manje.



Slika 14 – Elevaciona maska

8.1.2. Višestruko odbijanje

Višestruko odbijanje se javlja u slučaju kada signal sa satelita stiže do prijemnika kroz više različitih putanja. Signal stiže jednom direktno do prijemnika i onda još nekoliko puta indirektno, od površina od kojih se reflektovao signal.

Ove reflektujuće površine mogu biti metalni objekti, zidovi i krovovi zgrada, voda, drveća, itd.

Pri uspostavljanju stanice, potrebno je voditi računa o okolini i postojanju ovakvih površina i objekata. Preporuka jeste da se stanice postavljaju na rastojanju od 20m od ovakvih površina, pri čemu njihova elevacija mora biti ispod 5° .

8.1.3. Interferencija radio signala

CORS antena mora biti postavljena u sredini u kojoj ne dolazi do interferencije signala jer ono predstavlja smetnju i onemogućava dobijanje tačnih informacija. Ove smetnje se mogu javiti usled radio, televizijskih i mobilnih predajnika.

Efekat interferencije jeste funkcija idaljenosti do antene, frekvencije i jačine radijacije.

Ne može se definisati rastojanje na kome bi uticaj ovih smetnji bio eliminisan. Interferencija se teško dokazuje i ponekad su potrebni i specijalisti kako bi se proverilo da li dolazi do interferencije. Ako je to slučaj, mora se potražiti nova lokacija za stanicu.

8.1.4. Procena kvaliteta podataka

Naime, pre uspostavljanja samog sistema, potrebno je da se proceni kvalitet podataka koji bi bili prikupljeni na nekoj lokaciji. Potrebno je da se antena postavi što je bliže moguće planiranoj lokaciji stanice.

Prikupljanje podataka se vrši u periodu od 48h na frekvenciji od 1Hz i elevacionom maskom postavljenom na 0°. Prikupljeni podaci se analiziraju pomoću softvera za procenu kvaliteta kao što je TEQC. Snimanje se ponavlja nekoliko dana i vrši se poređenje da li postoji neka sistematičnost u njima.

Neki od parametara koji se posmatraju jesu višestruko odbijanje signala, odnos između snimljenih i dostupnih opažanja, odnos signal-šum (SNR), itd.

8.2. Dozvola za gradnju i pristup lokaciji

Pre same realizacije CORS stanice, potrebno je od odgovarajućih nadležnih institucija dobiti pismenu dozvolu za postavljanje stanice na odgovarajućoj lokaciji i proceniti pogodnost same lokacije za planirane radove. U tom cilju, razmatra se postojanje podzemnih cevi i kablova na lokaciji, lokalni planovi zaštite životne sredine, dela kulturne baštine, itd.

Takođe, zahteva se dokumentovanje svih troškova, potrebnih obaveštenja, vremena pristupa lokaciji, bezbednosnih mera, zahteva za nadzor posetilaca, procene lakoće pristupa u slučaju loših vremenskih uslova i mogućnost pristupa u slučaju da se stanica nalazi na privatnom zemljištu.

8.3. Sigurnost stanice i lokacije

Ova mera podrazumeva zaštitu opreme i lokacije stanice od vandalizma, krađe, vremenskih nepogoda, životinja i insekata. Potrebno je koristiti opremu koja je

definisana industrijskim standardima za zaštitu od raznih faktora.

Elektronska oprema zahteva zatvorenu, zapečaćenu i sigurnu kutiju kao što je prikazano na slici 15.



Slika 15 – Oprema postavljena unutar zaštitnog kućišta

Ova elektronska oprema, ukoliko je moguće, može biti postavljena i unutar neke zgrade (Slika 16).



Slika 16 – Oprema postavljena unutar zgrade

Ponekad je potrebno da se unutar ovih zaštitnih kućišta ugradi i klima ili neki drugi uređaji koji će kontrolisati temperaturu i vlažnost. Mogu se konstruisati i solarni paneli ili razna druga oprema kako bi se izdržali ekstremni uslovi. Na slici 17 je prikazan solarni panel koji deluje i kao senka za kućište sa opremom.



Slika 17 – Solarni panel koji stavlja kućište u senku

Pogodno je da se na kućištu, odnosno anteni, ili u njenoj blizini postavi natpis (Slika 18) sa nazivom same stanice i kontaktom operatora zaduženim za tu stanicu. Na taj način se ljudi mogu informisati o stanici i steći uvid u njihov značaj.



Slika 18 – Natpis na CORS stanici

8.4. Stabilnost lokacije

Za svaku stanicu postoji nekoliko osnovnih parametara koje se uzimaju u obzir prilikom stabilizacije antene:

- kratkoročna i dugoročna stabilnost;
- minimalizacija višestrukog odbijanja;
- tačnost dovođenja sistema u vertikalni položaj od 1mm (Tier 1 i 2) ili 5mm (Tier 3);
- jednostavnost dizajna radi održavanja i instalacije;

- niski troškovi i potrebe održavanja;
- sposobnost podnošenja mase antene;
- otpornost sleganju, koroziji i eroziji.

Antene u okviru Tier 1 i 2 hijerarhijske grupe, moraju biti utvrđene pomoću čvrstog temelja (Slika 19). Na ovaj način omogućeno je prikupljanje podataka o kretanju tektonskih ploča, plimi i realizaciji referentnog okvira. Bolje je koristiti lokacije sa vidljivim temeljom. U slučaju kada je stenovito tlo više od 4m ispod površine, mogu se koristiti veliki betonski temelji. Treba izbegavati mesta gde pukotine na površini dovode do pomeranja zemljišta. Ponekad se preporučuju i razna geofizička istraživanja zemljišta.



Slika 19 – Primer učvršćivanja Tier 1 i 2 CORS-a za Zemlju

Tier 3 CORS imaju veću fleksibilnost u pogledu dizajna. Ovo daje mogućnost operaterima da koriste dostupne resurse kao što su obližnji izvor energije, sigurnost lokacije, komunikaciona infrastruktura, itd. Ove antene mogu biti pričvršćene za tlo pomoću temelja, betonskog temelja u stabilnoj zemlji, cigala, itd. Mogu se postaviti i na zidanoj konstrukciji, i to u blizini preseka dva zida (Slika 20) ili na krovu, pri čemu visina antene iznad krova mora biti minimum 0.5m (Slika 21). [8]



Slika 20 – Antena montirana na zidu



Slika 21 – Antena montirana na krovu

Antena se može učvrstiti na Zemlji i pomoću metalnih cevi postavljenih u stenovito tlo kako bi se postigla stabilnost. U zavisnosti od dizajna, visina antene varira od malo iznad površi Zemlje, pa do nekoliko metara iznad nje (Slika 22). [13]



Slika 22 – Antena montirana pomoću metalnih cevi

Zbog vetrova i temperature, preferiraju se strukture do 10m visine. Zbog smanjivanja efekta višestrukog prelamanja, potrebno je izbegavati strukture sa metalnim krovovima.

Širina vrha konstrukcije treba da bude manja od prečnika antene kako bi se eliminisalo višestruko odbijanje od ivice konstrukcije i gornje površine.

Ukoliko postoji bilo kakva sumnja o stabilnosti konstrukcije, potrebno je sprovesti različite analize kako bi se utvrdilo najbolje rešenje.

Posebni uređaji se koriste kako bi se sama GNSS antena povezala za stub, odnosno konstrukciju kojom je ona učvršćena na Zemlji (Slika 23). Uloga ovih uređaja jeste da kada se antena jednom postavi i pričvrsti, ona se ne može više pomeriti niti rotirati. Ako se vrši promena antene, ovi uređaji će postaviti njenu referentnu tačku na odgovarajuću lokaciju i orijentaciju. Ovi uređaji treba da orijentišu antenu u pravcu prema pravom severu u okviru 5° tačnosti kako bi kalibracija antene bila efektivna.



Slika 23 – uređaji za povezivanje antene na konstrukciju

8.5. Napajanje i komunikacija

8.5.1. Napajanje

Kako bi sam CORS sistem bio funkcionalan i pouzdan, potreban mu je stalni izvor energije.

Mrežna i solarna energija je sasvim zadovoljavajuća kao primarni izvor energije. Izbor između ova dva elementa je zasnovan na troškovima, sigurnosti, dostupnosti i lokaciji.

Ako je udaljenost do konekcije na energetska mrežu velika, upotreba solarne energije (Slika 24) bi bila ekonomičniji izbor. Do istog izbora mogu da dovedu nepouzdana i nestabilna strujna napajanja. Dostupnost Sunčeve svetlosti na lokaciji jeste ključan faktor za solarno napajanje i ono je u funkciji geografske širine i lokalnih klimatskih uslova.



Slika 24 – Solarni način napajanja i baza sa baterijom

U slučaju da se koristi mrežni napon, preporučuje se privrženo strujno kolo kako bi se smanjio rizik od njegovog prekida i omogućio neometani dotok struje CORS opremi.

Preporučuje se, sem primarnog, i sekundarni izvor struje za sva tri hijerarhijska nivoa CORS sistema. U slučaju Tier 1 i 2, sekundarni izvor struje treba da snabdeva minimalno GNSS prijemnik, redna pojačala i automatsku meteorološku stanicu tokom

sedam dana. Ukoliko stanica obezbeđuje podatke u realnom vremenu, sekundarni izvor energije će morati da napaja i komunikacioni uređaj.

Baterije su potrebne kod solarnog napajanja, ali se često koriste i kod mrežnog napajanja kao sekundarni izvor energije. UPS jeste električni uređaj koji se često koristi kao kratkoročni izvor energije pri prelazu sa primarnog na dugoročni sekundarni izvor.

Jedinica za distribuciju struje (PDU - Power Distribution Unit) upravlja distribucijom struje na lokaciji i snabdevena je automatskim mehanizmima za prelaske između primarnih i sekundarnih izvora. PDU kojim se može upravljati daljinski daje mogućnosti upotrebe raznih dodatnih alata, generisanja izveštaja i alarma. PDU sa komunikacionim linkom omogućava operateru da kontroliše energiju opreme ručno sa udaljene lokacije.

Preporučuje se i upotreba mrežnog sistema upravljanja (NMS – Network Management System), odnosno komunikacionog uređaja koji nadgleda i upravlja elektronskom opremom ugrađenoj na lokaciji. On može da detektuje kada oprema ne funkcioniše, restartuje je, sprovede različite dijagnostičke testove i alarmira. Ovo je korisno jer omogućava da se problem reši bez odlaska na lokaciju u slučaju kada je stanica na udaljenom mestu, a komunikaciona oprema ne funkcioniše kako treba.

Može se reći da ceo ovaj sistem NMS, PDU i UPS predstavlja jedan inteligentni sistem koji u mnogome olakšava funkcionisanje CORS-a. Oni mogu da održe energiju u anteni po cenu snabdevanja neke manje kritične opreme. Takođe, generišući alarme, omogućavaju operateru da izvrši popravku na opremi pre nego što dođe do potpunog prekida u radu.

8.5.2. Komunikacija

Kako bi se podaci slali, CORS sistem zahteva pouzdanu komunikacionu mrežu koja će slati podatke direktno do korisnika ili do mrežnog kontrolnog centra. Karakteristike komunikacionog sistema u velikoj meri zavise od toga da li stanica obezbeđuje podatke u realnom vremenu ili se podaci periodično skidaju.

Uobičajeni komunikacioni sistemi između CORS lokacije i mrežnog kontrolnog centra jesu:

- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line);
- Mreža mobilnog telefona;
- WLAN (Wide Area Network);
- VSAT (Very Small Aperture Terminal) satelitski link za udaljene lokacije.

Tipično, komunikacija između CORS stanice i rovera se vrši putem radio signala.

Komunikacioni sistem zavisi od zahtevanog protoka podataka, dozvoljenog kašnjenja podataka i dostupnih servisa. Sekundarni nezavisni komunikacioni sistem se često preporučuje kako bi se povećala pouzdanost. Ovo je naročito neophodno kod stanica koje obezbeđuju podatke u realnom vremenu ili kod stanica koje su dosta udaljene, pa su troškovi posećivanja stanice veći.

Bez obzira na komunikacioni sistem, kašnjenje podataka od stanice do korisnika ne sme da bude veće od 2 sekunde. U slučaju da se podaci dostavljaju korisniku u realnom vremenu i preko kontrolnog centra, kašnjenje između stanice i kontrolnog centra ne sme biti veće od pola sekunde. Ovo kašnjenje, između ostalog, u velikoj meri zavisi i od dotoka podataka sa drugih uređaja na kontrolni centar. [8]

9. FORMATI PODATAKA

Preporučuje se da GNSS podaci namenjeni za naknadnu obradu budu dostupni u RINEX (Receiver INdependent EXchange) formatu. Upotreba privatnih GNSS formata podataka razvijenih od strane proizvođača opreme omogućava iskorišćavanje prednosti obrade i dodatnih funkcija u softverima za koje se zna da su kompatibilni sa ovim formatima. Međutim, u većini korisničkih softvera, ovi formati se ne mogu dekodirati, pa se zato preporučuje upotreba univerzalnog RINEX formata. Prednost ovog formata jeste i u tome što dozvoljava kombinovanje podataka prikupljenih sa različitih vrsta prijemnika.

Ukoliko se radi o GNSS podacima u realnom vremenu, preporučuje se da oni budu dostavljeni u RTCM formatu.

Meteorološki podaci, kao i podaci sa drugih senzora se mogu čuvati u svom originalnom ili nekom otvorenom formatu. Ukoliko je meteorološki senzor povezan sa samim prijemnikom, njegovi podaci mogu biti sadržani unutar RINEX fajla.

Metapodaci jesu podaci o lokaciji, njenom vlasništvu, kontaktima, koordinatama, načinu učvršćivanja stanice, itd. Obezbeđivanje tačnih i pouzdanih metapodataka jeste u nadležnosti operatera CORS-a. [8]

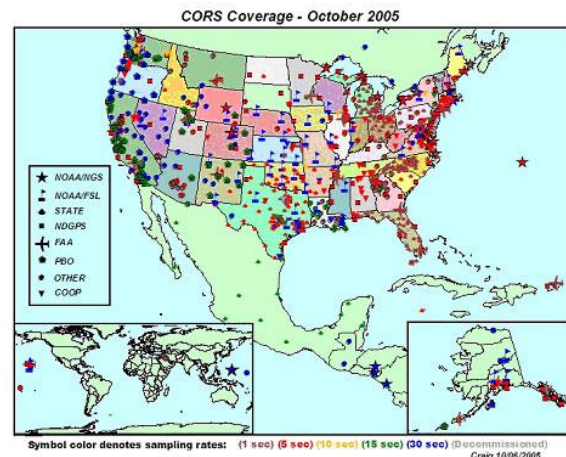
10. PRIMENA CORS SISTEMA

Pojedinačne CORS mreže se razvijaju od strane velikog brojavladinih organizacija, privatnog sektora i akademskih organizacija. Primeri CORS primena jesu: podrška relativnom GPS pozicioniranju, mapiranje područja, snimanje, itd.

Obalska straža u SAD je razvila mrežu od oko 50 CORS objekata u obalskim područjima, kako bi prodržali navigaciju na moru u realnom vremenu. Svaka stanica je opremljena prijemnikom za pružanje diferencijalnih korekcija, kao i za nadgledanje integracije sistema. Komunikacija između CORS objekata i kontrolne stanice, što omogućava daljinsko upravljanje i kontrolu, se vrši velikom brzinom putem telekomunikacionog paketa usluga X.25.

Sem navigacije na moru i okeanu, CORS mreža se može koristiti i za navigaciju aviona. [11]

Nacionalna geodetska služba (NGS – National Geodetic Survey) je razvila svoju CORS mrežu (Slika 25) sa ciljem da sakuplja podatke prikupljene sa raznih stanica, arhivira ih i učini dostupnim korisnicima. Takođe, NGS radi i na određivanju horizontalne pozicije i ortometrijskih i elipsoidnih visina referentnih tačaka povezanih sa instaliranom CORS antenom. Pozicija antene će biti određena na osnovu konekcije antene i obližnje referentne tačke u odnosu na nacionalni prostorni referentni sistem. Uz konstantno snimanje vektora između tačaka CORS-a, NGS je u mogućnosti da nadgleda stabilnost antene i poziciju.

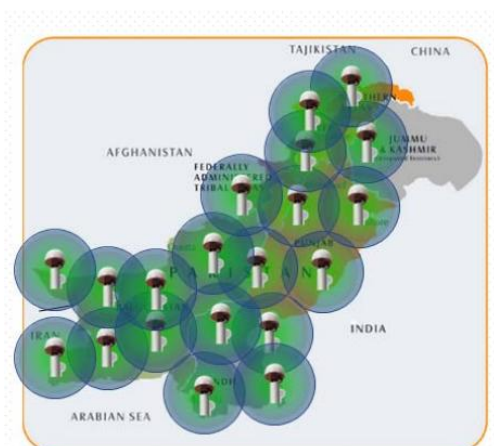


Slika 25 – CORS mreža razvijena od strane NGS-a

Od strane Internacionalne geodetske asocijacije IGS (International Geodetic Association) razvijen je Internacionalni GPS servis sa ciljem da podrži širok spektar geodetskih i geofizičkih istraživanja. Neki zadaci ovog servisa jesu računanje preciznih satelitskih efemerida i precizno merenje vremena, određivanje parametara Zemljine rotacije, varijacije u nivou mora, prikupljanje podataka o jonosferi, realizacija ITRF-a, itd. Iako nije prvobitna namena, može se koristiti i za isporuku podataka u RINEX formatu za potrebe relativnog pozicioniranja upotrebom Online Positioning User Service-a (OPUS).

U Pakistanu je razvijena CORS mreža (Slika 26) za upravljanje katastrofama i reagovanje u vanrednim situacijama sa oko 80 do 100 stanica. Precizne informacije o poziciji će koristiti u realizaciji odgovora na požare i nesreće. Uloga mreže jeste u obezbeđivanju ranih obaveštenja u slučaju opasnosti u okviru alarmnih sistema. Izučavanje tektonskih ploča pomaže u realizaciji upozorenja o zemljotresima, poplavama, olujama, vulkanskim erupcijama i klizištima. U pogledu posledica katastrofalnih događaja, GNSS servisi se koriste za remapiranja, nadgledanje, dugoročno planiranje oporavka, organizovanje uklanjanja ruševina, itd. GNSS prijemnici su ugrađeni u savremene telefone, što omogućava instalaciju raznih

aplikacija koje će korisniku dostavljati obaveštenje o alarmirajućim situacijama.



Slika 26 – Pokrivenost Pakistana mrežom

Australijska CORS mreža SmartNet Aus je našla primeni u poljoprivredi. Naime koristeći ovu mrežu i odgovarajuće servise, korisnik je u mogućnosti da prima korekcije u realnom vremenu, određujući poziciju sa tačnošću od par centimetara, pri čemu nema potrebu da kreira svoju RTK baznu stanicu. Na taj način se štedi na troškovima, a dobija se veća produktivnost na farmi usled preciznijih poljoprivrednih tehnika pri setvi, đubrenju, žetvi, prskanju, itd. [14]

11. ZAKLJUČAK

Skup konstantno operativnih GNSS stanica predstavlja integralnu komponentu geoprostorne infrastrukture. Prvobitna namena CORS-a jeste u prikupljanju podataka za nadgledanje i merenje pomeranja kontinenata kako bi se referentni okvir i datum definisali, unapredili i održali. Takođe, mreža ovakvih stanica ima udela u raznim infrastrukturnim projektima, upravljanju resursima i izvorima, navođenju mašina, istraživanjima zagađenosti životne sredine, itd.

U mnogim zemljama, javnost i privatni sektor ulažu u CORS na nacionalnom, državnom i lokalnom nivou i to najčešće u onome delu koji se odnosi na sistem za pozicioniranje u realnom vremenu zbog sopstvenih ciljeva i potreba.

CORS sistemi su još uvek u razvoju i predstavljaju budućnost GNSS pozicioniranja. Obim mogućnosti njihove primene je veoma veliki i raznovrstan. Predstavljaju napredak u satelitskom pozicioniranju i poboljšavaju efikasnost. Geodete, GIS korisnici, inženjeri, naučnici i ljudi koji prikupljaju GPS podatke mogu da CORS podatke kako bi poboljšali preciznost merene pozicije. Takođe se može reći da se radi o sistemu koji je vrlo pouzdan.

12. LITERATURA

[1] Satelitska geodezija (Uvod u NAVSTAR GPS) / Dragan Blagojević // Beograd 2007.

[2] Geodetski premer / Krsta M. Vračarić, Ivan R. Aleksić, Jelena P. Gučević // Beograd 2011.

[3] SLAC's Continuously Operating GPS Station

[4] The Continuously Operating Reference Station (CORS): How does it work? / Dr. J. D. Dodo // National Space Research and Development Agency; Toro, Bauchi State

[5] Data communication for real-time positioning and navigation in global navigation satellite systems (GNSS)/continuously operating reference stations (CORS) networks / Department of Geomatic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Yildiz Technical University // Istanbul, Avgust 2011.

[6] <http://agros.rgz.gov.rs/>

[7] Koncepti mreža u geodetskom premeru / Krunislav Mihailović, Ivan Aleksić// Beograd 2008.

[8] Guideline for Continuously Operating Reference Stations; Special Publication 1 / Intergovernmental Committee on Survey and Mapping (ICSM) Permanent Committee on Geodesy (PCG) // Australia 2014.

[9]<http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/gnss-networks>

[10]<http://www.dot.state.fl.us/surveyingandmapping/FPRN.shtm>

[11]http://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/GPS_CORS.html

[12]<http://www.ncgs.state.nc.us/Documents/CORS.pdf>

[13] National Continuously operating reference station (National CORS) – Site monumentation / National Geodetic Survey, Process action team 20 // decembar 2000.

[14]<http://smartnetaus.com/home/index.php?q=node/7>

[15] Trimble NetR9 GNSS Reference Receiver – User guide / Trimble

[16] Leica GR25 Brochure / Leica Geosystems

[17] Stonex SC200 Brochure / Stonex

[18] Topcon Net G5 Brochure / Topcon

[19] Javad Delta3 User manual / Javad

[20] ProPak6 Product Sheet / NovAtel

Sadržaj

1. UVOD	1
2. GPS	2
3. CORS Permanentne stanice	4
4. Princip funkcionisanja	5
5. HIJERARHIJA CORS-a	7
➤ <i>Tier 1 CORS</i>	7
➤ <i>Tier 2 CORS</i>	7
➤ <i>Tier 3 CORS</i>	7
6. Karakteristike hardvera	8
7. Usporedne karakteristike prijemnika različitih proizvođača	10
8. Uspostavljanje CORS sistema	12
8.1. Kvalitet signala	12
8.1.1. Vidljivost na nebu	12
8.1.2. Višestruko odbijanje	12
8.1.3. Interferencija radio signala	12
8.1.4. Procena kvaliteta podataka	13
8.2. Dozvola za gradnju i pristup lokaciji	13
8.3. Sigurnost stanice i lokacije	13
8.4. Stabilnost lokacije	14
8.5. Napajanje i komunikacija	15
8.5.1. Napajanje	15
8.5.2. Komunikacija	17
9. Formati podataka	18
10. Primena CORS sistema	19
11. Zaključak	21
12. Literatura	22