

POBOLJŠANJE SUSTAVA SATELITSKE NAVIGACIJE

Developments of Satellite Navigation System

UDK 629.783
Pregledni članak
Review

Sažetak

Pomorska i zračna navigacija su najvažnije globalno dostupne tehnologije pozicioniranja s pomoću satelita jer nema prepreka koje bi ometale "vidljivost" dostatnog broja satelita za pozicioniranje. Točnost je sustava uglavnom dovoljna za navigaciju na moru i u zraku, ali za prilaženje luci ili aerodromu potrebna je veća preciznost. U članku se analiziraju načini poboljšanja karakteristika sustava satelitskog pozicioniranja kako bi zadovoljili strože sigurnosne zahtjeve.

Ključne riječi: GPS, GLONASS, WAAS, EGNOS, Eurofix

Summary

Nautical and aero navigation are the most important applications of global available technology of positioning by means of satellite because there are no obstacles hindering "visibility" of efficient number of satellites for positioning. The accuracy of the system is mostly appropriate for nautical navigation and aero navigation as well but to approach the port or air port better accuracy is required. The article analyses methods to improve the characteristics of the satellite system of positioning so as to comply with more stringent safety demands.

Key words: GPS, GLONASS, WAAS, EGNOS, Eurofix

* doc. dr. sc. Tomislav Kos, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za radiokomunikacije i visokofrekvencijsku elektroniku, Unska 3, 10000 Zagreb

** prof. dr. sc. Sonja Grgić, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za radiokomunikacije i visokofrekvencijsku elektroniku, Unska 3, 10000 Zagreb

*** doc. dr. sc. Srećko Krile, Sveučilište u Dubrovniku, Pomorski odjel, Čira Carića 4, 20000 Dubrovnik

1. Uvod

Introduction

Prihvatanje sustava za globalno pozicioniranje (GPS - *Global Positioning System*) u zrakoplovstvu i pomorstvu ovisi o strogim sigurnosnim aspektima. Navigacijski sustav namijenjen zrakoplovstvu i pomorstvu mora zadovoljiti više sigurnosnih zahtjeva:

- 1) točnost – mogućnost sustava da osigura zadovoljavajuću navigacijsku točnost za pojedine faze leta ili plovidbe,
- 2) cjelovitost – sigurnost da sve funkcije sustava rade unutar operativnih granica tolerancije uz mogućnost detekcije anomalija signala koje bi mogle izazvati navigacijske pogreške veće od propisanih,
- 3) rapoloživost – svojstvo sustava da je upotrebljiv unutar područja pokrivanja i da je navigacijski signal dostupan korisniku,
- 4) kontinuitet – mogućnost sustava da osigura funkcionalnost bez prekida u radu, te da sustav funkcionira za cijelo vrijeme trajanja neke operacije.

Postojeći satelitski navigacijski sustavi, američki GPS i sovjetski GLONASS (*Globalnaja Navigacionaja Sputnikovaja Sistema*), ne zadovoljavaju ove zahtjeve za sve faze leta i plovidbe, pogotovo ne za precizni prilaz pri slijetanju i za približavanje obali. Podatci o poziciji dobiveni satelitskim navigacijskim sustavom mogu poslužiti u zrakoplovstvu tek nakon što se usporede s drugim provjerenim navigacijskim sustavom. I pomorstvo ubrzano zahtijeva sve precizniju navigaciju.

GPS-sustav bio je zamišljen kao globalno dostupan satelitski navigacijski sustav prvenstveno za vojne, a tek

poslije i za civilne korisnike. Za ispravan rad cjelokupnog sustava važno je da sateliti emitiraju točne podatke na temelju kojih prijammnici izračunavaju poziciju. Niti GPS niti GLONASS satelitski navigacijski sustavi ne omogućuju za civilne korisnike dostatan uvid u stanje ispravnosti satelita, pa korisnik ne zna za eventualne probleme s podacima i pogreške u podacima zbog kvara na satelitu [1].

Cjelovitost sustava podrazumijeva jamstvo da sve njegove funkcije rade unutar operativnih granica tolerancije. Ako dođe do kvara na transponderu satelita, taj satelit neće emitirati signale i neće moći utjecati na pogreške pozicioniranja. Međutim, ako satelit odašilje signale, ali je došlo do nepravilnosti u radu zbog kojih šalje netočne podatke, to može rezultirati pogreškom pozicioniranja većom od dopuštene. Takvu pogrešku uočava zemaljski kontrolni segment GPS-a i šalje korekciju satelitu, u čijoj je navigacijskoj poruci sadržan podatak o stanju satelita. Taj podatak može biti emitiran s velikim kašnjenjem s obzirom na koncepciju odašiljanja korekcijskih podataka kontrolne postaje prema satelitima, što u avijaciji može biti kobno. Zbog toga GPS-sustav bez dodatnih dogradnji ne može biti prihvaćen kao jedini navigacijski sustav koji zadovoljava sve zahtjeve.

Problem cjelovitosti sustava treba razmotriti osobito u situacijama približavanja obali ili zračnoj luci, kad bi upozorenje o ispadu sustava ili nepreciznosti trebalo, radi sigurnosti, javiti za manje od 6 sekunda od nastanka kvara. Koristi se raznim varijantama nadzora, kontrole i dojava cjelovitosti, što ima utjecaja na prihvaćenost tehnologije nadgradnje navigacijskih sustava.

Raspoloživost sustava na poziciji korisnika može se definirati kao postotak vremena u kojemu je usluga pozicioniranja iskoristiva unutar definiranog vremenskog razdoblja.

Kontinuitet sustava može se definirati kao vjerojatnost da je usluga pozicioniranja podržana za čitavo vrijeme otkad je korisnik započeo neku operaciju do njezina kraja bez prekida.

2. Diferencijski GPS

Differential GPS

Standardna metoda poboljšanja točnosti navigacijskih sustava je postavljanje kontrolnih stanica na točno poznatim pozicijama, koje izračunavaju korekcijske veličine za točnije pozicioniranje i šalju ih korisnicima preko radijskih veza [1].

Preciznost pozicioniranja GPS-usluge standardnog pozicioniranja (SPS - *Standard Positioning Service*) nije dostatna za sve primjene, pa se zato na nekim područjima koristi diferencijskim GPS (DGPS) sustavom, kako bi se povećala preciznost utvrđivanja položaja. Sustav radi s pomoćnom zemaljskom postajom za nadzor na točno poznatoj poziciji. Nadzorna postaja prima GPS-sigale svih vidljivih satelita, izračunava pogreške izmjerenih pseudoudaljenosti i preko radijskih veza emitira podatke o veličini pogrešaka i potrebne korekcije. S ovakvim korekcijama u krugu od nekoliko

stotina kilometara od nadzorne postaje može se postići točnost od 2 m. Korisnik mora posjedovati prijammnik za DGPS-poruke i program za obradu korekcijskih podataka. Zemaljska postaja može služiti kao "dodatni satelit", i daje dodatni podatak s vrlo točnom pozicijom. Diferencijski GPS se osniva na činjenici da su pogreške pozicija dobivene na jednoj lokaciji vrlo slične na svim lokacijama unutar bliskog područja. Kod DGPS-sustava referentni prijammnik zemaljske stanice mora primati signale svih dostupnih satelita i formirati pojedinačne korekcije pseudoudaljenosti za svaki satelit. Budući da se u DGPS-prijammniku moraju korigirati sve pojedinačne pseudoudaljenosti, korisnikov GPS-prijammnik mora korigirati pogreške pseudoudaljenosti za iste vidljive satelite kao i referentni prijammnik u zemaljskoj DGPS-postaji, prije nego izračuna poziciju.

U Americi radi DGPS-služba koju kontrolira U.S. Coast Guard. Za emitiranje diferencijskih korekcija koristi se frekvencijama postojećih srednjovalnih odašiljača obalnih radiofarova (285 – 325 KHz). Domet ovih odašiljača je približno 500 km. Namjena ovog sustava je prvenstveno za pomorsku navigaciju u priobalnim područjima. U kopnenom dijelu mogu se vrlo uspješno iskoristiti mreže postojećih UKV-odašiljača za emitiranje diferencijskih korekcija. Osim vrlo dobre pokrivenosti velika je prednost uporabe UKV-odašiljača i mogućnost korištenja jednostavnim prijammnicima. Gotovo svi europski FM-odašiljači već emitiraju uz normalne radioprograme i digitalne podatke preko RDS (*Radio Data Service*) sustava. RDS omogućuje automatsku identifikaciju i odabir vrste programa, a osim toga i različite druge obavijesti i prijenos dodatnih informacija. Primjena UKV-odašiljača za prijenos diferencijskih korekcija može biti problematična samo za zrakoplove na većim visinama jer odašiljači imaju usmjernu karakteristiku antena orijentiranu uglavnom na niže elevacije.

U novije vrijeme diferencijske korekcije korisnicima mogu se slati i Internetom.

Ovakvi sustavi s korekcijama mjerenja pseudoudaljenosti na lokalnoj razini nazivaju se *Local Area DGPS* (LADGPS), a navigacijska rješenja postaju sve nepreciznija što smo više udaljeni od monitorske stanice. Smanjenje točnosti zbog prostorne dekorelacije može se popraviti s pomoću sofisticiranih tehnika *Wide Area DGPS* (WADGPS) sustava.

Prednosti DGPS-sustava je prije svega povećana točnost pozicioniranja od 2 do 3 metra na prostoru do 1000 km udaljenosti od monitorske stanice. Na manjim udaljenostima, do 50 km, može se postići točnost od 1 do 2 metra. Budući da DGPS-sustav, radi poboljšanja točnosti, kontinuirano kontrolira sve parametre sustava, svaka degradacija njegova rada registrira se i trenutno signalizira korisnicima. Ova kontrola reagira mnogo brže nego što kontrolni segment GPS-sustava može signalizirati nepravilnosti u radu pojedinog satelita unutar navigacijske poruke i time omogućiti eliminaciju podataka takva satelita za određivanje pozicije. Zato DGPS-sustav ima vrlo dobru kontrolu cjelovitosti (integriteta) sustava, što je vrlo važan činitelj za sigurnost pri uporabi sustava u zrakoplovstvu [1], [6].

3. Poboljšanja satelitskih navigacijskih sustava

Developments of satellite navigation system

Jedna od mogućih izvedbi poboljšanja i dopune satelitskih navigacijskih sustava koristi se geostacionarnim satelitima Inmarsat (*International Mobile Satellite System*). Inmarsat-sateliti omogućuju uvođenje diferencijskih usluga satelitskih navigacijskih sustava za široko područje uporabe. Geostacionarna satelitska nadopuna GPS i GLONASS-sustava za civilnu navigaciju uvedena je kako bi korisnici dobili dodatne podatke koji omogućuju postizanje strogih zahtjeva pouzdanosti i cjelovitosti informacija i navigacijskih podataka. Dodatni navigacijski signali generiraju se u zemaljskim stanicama i emitiraju uzlaznom (*uplink*) vezom do Inmarsat-3 satelita. Inmarsat-3 sateliti imaju repetitorske kanale za reemitiranje navigacijskih signala korisnicima. Takva dopuna omogućuje sljedeće usluge:

- 1) emitiranje informacija o cjelovitosti i ispravnosti svakog GPS i GLONASS-satelita u realnom vremenu,
- 2) emitiranje dodatnih navigacijskih signala radi povećanja dostupnosti GPS-signala, što rezultira povećanjem RAIM (*Receiver Autonomous Integrity Monitoring*) dostupnosti,
- 3) emitiranje diferencijskih korekcija na širokom prostoru za GPS i GLONASS-korisnike, kako bi se povećala točnost civilnih GPS i GLONASS-signala.

Kombinacija ovih usluga čini WAAS (*Wide Area Augmentation System*) sustav.

3.1. WAAS-sustav

WAAS-system

WAAS-sustav razvijen je u SAD-u i pokriva cijeli kontinent Sjeverne Amerike [4], [1]. GPS i GLONASS navigacijski signali primaju se na referentnim stanicama (*integrity monitoring*) raspoređenima na širokom prostoru SAD-a. Primljeni podaci šalju se do regionalnih mreža sa središnjom obradom, gdje se obrađuju podatci o cjelovitosti, diferencijskim korekcijama i ionosferskim vrijednostima za svaki pojedini satelit. Načelo rada WAAS-sustava prikazano je na slici 1.

S obzirom na to da su geostacionarni Inmarsat-sateliti sastavni dio sustava, i za njih se obrađuju precizne orbitalne informacije. Integrirana korekcijska poruka se proslijeđuje do navigacijske zemaljske stanice. U navigacijskoj se stanici navigacijski signal proširenog spektra precizno sinkronizira s referentnim vremenom i modulira s podacima o cjelovitosti i ispravnosti sustava, te diferencijskim korekcijama. Taj signal emitira se prema geostacionarnom satelitu na uzlaznoj frekvenciji (*uplink*) u C-pojasu. Na Inmarsat-satelitu navigacijski se signal frekvencijski transponira i emitira korisnicima na frekvenciji *L1* i do navigacijskih zemaljskih stanica u C-pojasu. Ovaj signal u C-pojasu služi za vrlo precizno vremensko usklađivanje takt-signalu u zatvorenoj petlji

povratne veze, kako bi se signal mogao tretirati kao da je generiran na satelitu kao signal za određivanje udaljenosti.

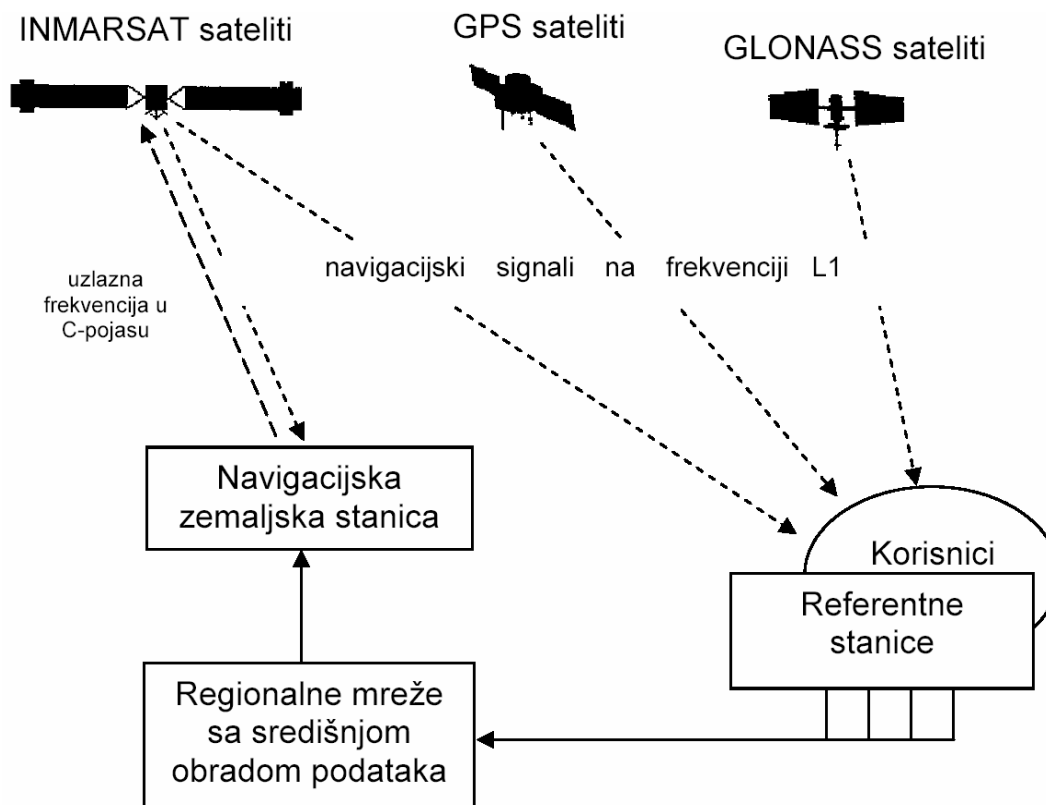
WAAS-signal je tako koncipiran da su za postizanje kompatibilnosti potrebne minimalne modifikacije sklopova GPS-prijamnika. Kao WAAS-nositelj rabi se samo frekvencija *L1* i modulacijski postupci kao u GPS-u, uključujući C/A pseudoslučajni PRN-kod. Faza koda je sinkronizirana s GPS-vremenom, kako bi se oponašao GPS-satelit s mogućnošću određivanja udaljenosti. Brzina podataka i format modulacijskih podataka superponiran na nositelj proširenog spektra drukčiji su nego u GPS-signalu. Unutar signala je čitavo mnoštvo poruka koje generira WAAS-operater i namijenjene su kompatibilnim GPS-prijamnicima za informiranje o cjelovitosti funkcioniranja satelitskoga navigacijskog sustava. Poruke sadržavaju i informacije o korekcijama ionosferskog kašnjenja kojima se koristi za poboljšanje preciznosti i točnosti pozicioniranja. Simboli poruke prenose se brzinom od 500 simbola/s.

Ako bismo se željeli koristiti prednostima WAAS-sustava globalno bilo gdje na Zemlji, potpuno kompatibilni kontrolni sustavi morali bi biti postavljeni i izvan SAD-a, širom svijeta. U Europi se razvija verzija WAAS-sustava pod nazivom EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*).

3.2. EGNOS

European Geostationary Navigation Overlay Service

EGNOS-sustav je zajednički projekt triju organizacija: EC (*European Commission*), ESA (*European Space Agency*) i EUROCONTROL - Europska organizacija za sigurnost zračne navigacije. Europski planovi razvoja sustava za globalnu navigaciju predviđaju razvoj u nekoliko faza [10]. U prvoj fazi koristilo bi se infrastrukturom GPS i GLONASS-sustava uz neovisan sustav za kontrolu i praćanje. Kontrolni se sustav treba sastojati od glavne kontrolne postaje, nekoliko monitorskih postaja za praćenje cjelovitosti sustava raspoređenih na Islandu, u sjevernoj Skandinaviji, na istočnom Mediteranu i Kanarskim otocima, te navigacijske zemaljske stanice uz geostacionarne satelite s navigacijskim transponderima koji trebaju osigurati dodatno mjerenje pseudoudaljenosti. Sustav treba osigurati WADGPS (*Wide Area DGPS*) uslugu za cijeli europski kontinent u stvarnom vremenu. Rad sustava bi trebao biti vrlo sličan WAAS-sustavu u Americi [1]. Podatci i formati podataka trebali bi biti identični. Problemi rada sustava se mogu pojaviti u najsjevernijim dijelovima kontinenta, gdje su geostacionarni sateliti nisko iznad horizonta s vrlo malom elevacijom, pa može biti problematičan prijam signala. Na geografskim širinama iznad 80° elevacije geostacionarnih satelita su ispod horizonta. Da se izbjegne problem zaklonjenosti geostacionarnih satelita koji emitiraju EGNOS-signale, od veljače 2002.g. ESA nudi mogućnost pristupa EGNOS-signalima i preko Interneta korištenjem SISNet (*Signal In Space over Internet*) tehnologije). Tako svaki korisnik s



Slika 1. WAAS-sustava

Fig. 1. WAAS-system

pristupom na Internet može pristupiti EGNOS-sustavu s pomoću SISNet-platforme i to potpuno neovisno o signalima geostacionarnih satelita [13].

Prednosti EGNOS-sustava su:

- emitiranje signala geostacionarnog satelita pokriva veliki teritorij,
- kombinacija EGNOS i WAAS-sustava može osigurati gotovo globalnu pokrivenost,
- prate se pogreške ionosferskog kašnjenja, efemerida satelita i pogreške u vremenu.

Nedostaci EGNOS-sustava su:

- velika i skupa zemaljska infrastruktura mreže,
- problematična vidljivost geostacionarnih satelita na velikim geografskim širinama i u polarnim krajevima,

- slaba vidljivost satelita u urbanim i planinskim krajevima i u šumama,
- geostacionarni sateliti emitiraju slične signale kao i navigacijski sateliti, pa su podložni istim smetnjama i ispadima.

Budući da su GPS i GLONASS-sustavi pod vojnim nadzorom, druga faza europskog sustava za globalnu navigaciju trebala bi osigurati neovisnost o GPS i GLONASS-sustavu, lansiranjem vlastitih navigacijskih satelita. Taj se projekt naziva „Galileo”. Početak lansiranja prvih satelita „Galileo” sustava planiran je za 2005. godinu, a sustav bi do 2008. godine trebao biti u punoj funkciji. Galileo-sustav treba osigurati Europi potpunu neovisnost na polju upravljanja prometom i donijeti brojne ekonomske koristi europskim proizvođačima i industriji otvaranjem novih radnih mjesta.

3.3. EUROFIX

Eurofix

Jedna od mogućnosti dopune satelitskih navigacijskih sustava je kombiniranje sa zemaljskim navigacijskim sustavima, što omogućuje da se poboljša pouzdanost i dostupnost usluga pozicioniranja korisnicima. Sve primjene sa strogim sigurnosnim zahtjevima mogle bi se osnivati na satelitskom navigacijskom sustavu GPS ili GLONASS i hiperbolnom navigacijskom sustavu kao zemaljskoj komponenti. Čak i budući europski projekt satelitskoga navigacijskog sustava Galileo neće moći zadovoljiti sve sigurnosne zahtjeve, pogotovo u područjima gdje je signal sa satelita zaklonjen preprekama (drveće, zgrade, planine i sl.), pa će se morati kombinirati s komplementarnim navigacijskim sustavima. Loran-C-sustav predstavlja najpovoljnije rješenje za kombiniranje sa satelitskim navigacijskim sustavima [2], [5]. Karakteristika rasprostiranja Loran-C-signala na frekvenciji 100 MHz potpuno je drugačija od satelitskih navigacijskih signala, a pouzdanost je sustava vrlo dobra zbog kontrole cjelovitosti Loran-lanaca [6].

Oba sustava, GPS i Loran-C, mogu se kombinirati zajedno radi poboljšanja dostupnosti i pouzdanosti, ali takva zajednička integracija neće neminovno voditi do bolje preciznosti pozicioniranja i cjelovitosti rada navigacijskih sustava. Osnovna točnost pozicioniranja Loran-C-sustava ne može poboljšati SPS-uslugu GPS-sustava, ali, kako infrastruktura već postoji, a uz relativno mala ulaganja, mogli bi se postojeći Loran-C-lanci prilagoditi za emitiranje diferencijalnih korekcija za DGPS-uslugu.

Kao osnovna dopuna sustava za poboljšanje točnosti može poslužiti sustav Eurofix. Sustav Eurofix kombinira zemaljski i satelitski navigacijski sustav tako da emitira diferencijalne korekcije za GPS/GLONASS-sustav, koristeći se 100 kHz-valom nositeljem Loran-C-lanaca. Eurofix-prijamnik spojen na GPS/GLONASS-prijamnik dekodira signal diferencijalne korekcije, čime omogućuje poboljšanu točnost pozicioniranja [7].

Sustav je proradio početkom 1997. godine u sjevernoj Njemačkoj, gdje je Loran-C-lanac Stylt prilagođen za emitiranje diferencijalnih korekcijalnih signala. Taj se signal emitirao u području s radiusom od 1000 km oko Stylt-odašiljača. Kontrolni Eurofix-prijamnik bio je postavljen na sveučilištu Delft University, udaljenom oko 400 km od odašiljača, kako bi se nadzirala emisija Loran-C-lanca i daljinski kontrolirali Eurofix-podaci. Točnost pozicioniranja ovakvog sustava bila je bolja od 3 m za 95% vremena.

Koristeći se postojećom infrastrukturom NELS (*Northwest European Loran-C System*) može se s DGPS-uslugom s vrlo velikom točnošću i pouzdanošću pokriti veliki dio europskog kontinenta. U današnje vrijeme već četiri odašiljača sjevernoeuropskih Loran-C-lanaca emitiraju Eurofix-podatke. Osim Eurofix referentne stanice koja generira diferencijalne korekcijske podatke sustav se služi i postajom koja neprestalno prati cjelovitost rada navigacijskog sustava. Ova konfiguracija pokriva područje od North Capa u Norveškoj do Pirenejskog poluotoka na jugu, kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2. Pokrivenost NELS-sustavom u Europi

Fig 2. Coverage with NELS-system in Europe

Krajnji je cilj da Eurofix-signal pokrije cijeli europski teritorij, za što se mogu iskoristiti postojeći Loran-C-odašiljači u Italiji i Turskoj, te cjelokupna infrastruktura ruskog sustava Čajka, koji je vrlo sličan Loran-C-sustavu [2]. Time bi se postigla potpuna pokrivenost europskog kontinenta Eurofix-signalom.

Najveće poboljšanje pri integraciji Loran-C-sustava i GPS-a može se postići Eurofix-signalom i istodobno kontinuiranom kalibracijom pozicije Loran-C-prijamnika s pomoću točnih DGPS-pozicija. Za vrijeme kad GPS satelitski navigacijski signali nisu dostupni zbog zaklonjenosti satelita ili smetnja, kalibrirani Loran-prijamnik može dostatno precizno utvrđivati poziciju korisnika zbog vrlo dobre ponovljivosti određivanja pozicije Loran-C-sustava. To znatno poboljšava kontinuitet rada ovako integriranoga navigacijskog sustava [5].

Prednosti Eurofix-sustava su:

- nije potrebna posebna mreža između Eurofix-stanica,
- niski troškovi s obzirom na postojeću infrastrukturu,
- dobro rasprostiranje Loran-C-signala i dostupnost u urbanim dijelovima, šumama i planinama,
- integrirani DGPS korekcijski podatci i informacija o cjelovitosti satelitskog navigacijskog sustava.

Nedostaci Eurofix sustava su:

- nema globalnu pokrivenost, ne pokriva oceane,
- nema odvojenog mjerenja pogrešaka vremena, pogrešaka efemerida satelita i ionosferskog kašnjenja.

4. Očekivani razvoj

Expected development

Uporaba GPS-prijamnika u današnje vrijeme sve je masovnija, a primjena sve šira. Danas GPS-prijamnike rabe inženjeri različitih struka (elektrotehnika, strojarstvo, geodezija, šumarstvo, agronomija, vodoprivreda itd.) čiji je posao vezan za terenski rad. Osim stručne i profesionalne uporabe u raznim područjima znanosti i tehnologije, te navigaciji, GPS je našao široku primjenu i u svakidašnjem civilnom životu. Upotrebljava se u prometu (cestovnom, željezničkom, pomorskom, riječnom i zračnom), u športu (nautika, padobranstvo, planinarenje, i sl.), a sve češće se GPS-prijamnici ugrađuju i u osobne automobile kao dio sustava za navigaciju.

Iako se zemaljski hiperbolni navigacijski sustavi s pojavom GPS i GLONASS satelitskih navigacijskih sustava sve manje rabe, postoji potreba da se zemaljskim navigacijskim sustavima i dalje koristi kao nadopunom satelitskoj navigaciji. Satelitska navigacija omogućila je veliki broj novih primjena, ali uočena su i mnoga ograničenja. Za primjene u kojima se traži vrlo velika sigurnost, osnovni satelitski navigacijski sustavi ne mogu zadovoljiti zahtjeve za točnost, cjelovitost i

dostupnost. Problem dostupnosti navigacijskih signala pojavljuje se u urbanim sredinama kao rezultat zasjenjenosti satelitskih signala raznovrsnim preprekama, kao npr. zgradama, drvećem i sličnim.

Dodatni problem leži u činjenici da su GPS i GLONASS-sustavi pod vojnim nadzorom, tako da zbog strateških razloga američka i ruska vojska mogu u bilo kojem trenutku onemogućiti korištenje sustavom. Projekt europskog sustava za globalnu satelitsku navigaciju (GNSS) trebao bi osigurati neovisnost o GPS i GLONASS-sustavu, lansiranjem vlastitih navigacijskih satelita. Taj projekt, s imenom „Galileo”, trebao bi biti do 2008. godine u punoj funkciji s 30 lansiranih satelita. „Galileo”-sustav treba osigurati Europi potpunu neovisnost na polju upravljanja prometom i donijeti brojne ekonomske koristi. On je definiran kao samostalan sustav, neovisan o GPS-sustavu, ali kompatibilan s postojećim sustavima [11], [12]. Trebao bi pružati poboljšane usluge pozicioniranja s boljom cjelovitošću, raspoloživošću i dostupnošću sustava. U fazi definiranja određena su dva zahtjeva za točnost sustava:

- a) prilagođeni masovnoj primjeni i
- b) prilagođeni potrebama povećane sigurnosti.

Ključna značajka Galileo-sustava bit će mogućnost da ponudi cjelovitost sustava potrebnu za osiguranje kvalitete usluge i za podršku sigurnosti. Planira se da sustav osigurava cjelovitost za upozoravanje korisnika s emitiranjem alarma sa satelita kad je satelitski signal izvan specifikacija. Korisnički prijamnik tada može odbaciti signal sa satelita na koji se odnosi alarm, te tako smanjiti utjecaj koji bi takav signal imao na konačno izračunanu poziciju.

Vrlo velik potencijal za poboljšanje točnosti i cjelovitosti navigacijskih sustava leži u hibridnim tehnologijama prijamnika, gdje se kombiniraju GNSS, Loran-C i Eurofix [2], [5], [6], [7], [10]. Strategija integriranih prijamnika ima veliko značenje i važnost zbog povećane pouzdanosti u osnovi različitih navigacijskih sustava. Ovakva kombinacija primjene satelitske i zemaljske navigacije mnogo je prihvatljivija od uporabe dvaju ili više satelitskih navigacijskih sustava koji imaju u osnovi iste osnovne nedostatke i ograničenja.

Postoje i planovi za modernizaciju GPS-sustava, koji će postupno dovesti do sustava GPS III. Planira se lansiranje nove generacije satelita s povećanom snagom emitiranja za poboljšanje kvalitete prijama i dostupnosti GPS-signala, uvođenje dodatnog L2C-koda na frekvenciji L2 za civilne korisnike s mogućnošću točne korekcije ionosferskih kašnjenja, i time povećanu točnost pozicioniranja od 5 do 10 m, nove usluge za povećanu sigurnost (*safety of life*) s novim civilnim kodom na novoj frekvenciji L5, te još mnoga druga poboljšanja [8].

Sigurno je da GPS-prijamnici ulaze u naš svakodnevni život poput telefona, radioprijamnika ili televizora. Njihova očekivana šira primjena, bilo kao samostalnih uređaja ili kao dijelova složenijih sustava, svakako poboljšava kvalitetu življenja dijela stanovništva koje se njime koristi. Novi europski Galileo-sustav treba omogućiti brojne ekonomske koristi europskim proizvođačima i industriji. Istodobno se otvaraju široke mogućnosti dodatnih

aktivnosti, dodatnog razvoja i unaprijeđenja sustava, te primjene u području naprednih tehnologija.

Literatura

References

- [1] E. D. Kaplan, *Understanding GPS Principles and Applications*, Artech House Publishers 1996
- [2] D. Kügler, Integration of GPS and Loran-C/Chayka: "A European Perspective", NAVIGATION, Journal of the Institute of Navigation, Vol. 46, No. 1, Spring 1999, pp. 1-11
- [3] <http://www.rssi.ru/SFCSIC/english.html>
- [4] Assistant Secretary of Defence: Global Positioning System SPS Performance Standard, October 2001
- [5] G. Linn Roth, Paul W. Schick, "New Loran Capabilities Enhance Performance of Hybridized GPS/Loran Receivers", NAVIGATION, Journal of the Institute of Navigation, Vol. 46, No. 4, Winter 1999-2000, pp. 249-260
- [6] G. Abwerzger, J. Beyer, K. Legat, M. Maurer, D. Meinhard, J. Pfister, D. van Willigen, *GLORIA Integrating GNSS and Loran-C for High-Requirement Applications*, Galileo's World, Autumn 2001, pp. 10-16
- [7] http://www.nels.org/Source/eurofix_service.htm
- [8] <http://www.gps.oma.be/common/modern.html>
- [9] T. Kos, Future Trends in Global Navigation, Proceedings of 44th International Symposium Elmar-2002, Zadar, 2002, Croatia, pp. 16-20
- [10] L. Gauthier, P. Michel & J. Ventura-Traveset, J. Benedicto, EGNOS: The First Step in Europe's Contribution to the Global Navigation Satellite System, ESA Bulletin 105, February 2001, pp. 35-42
- [11] L. Dutton, A. Turner, *Interoperability in GNSS Systems, Galileo's World*, Autumn 2001, pp. 17-19
- [12] J. Benedicto, S.E.Dinwiddy, G. Gatti, R. Lucas, M. Lugert, *GALILEO: Satellite System Design and Technology Developments*, European Space Agency, November 2000
- [13] F. Toran-Marti, J. Ventura-Traveset, *SISNET, Integrating Satellite Navigation and the Internet*, SISNET Technical Note, ESA 2002

Rukopis primljen: 9.12.2004.

