

Andrea Perić, univ.bacc.ing. geod. et. geoinf.
Vanja Pleše, univ.bacc.ing. geod. et. geoinf.
Iva Slišković, univ.bacc.ing. geod. et. geoinf.

► diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: aperic@geof.hr
► diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: vplese@geof.hr
► diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: isliskovic@geof.hr

Integracija senzora za navigaciju u zatvorenim prostorima

SAŽETAK: Ovaj rad je rezultat istraživanja o dosadašnjim postignućima u području pozicioniranja i navigacije u zatvorenom prostoru, kojem je kao podloga poslužio seminarski rad iz kolegija Integrirani sustavi u geomatici, na diplomskom studiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, smjer Geoinformatika. Danas se često postavlja pitanje kako odrediti svoju poziciju u zatvorenim prostorima gdje je dostupnost GPS signala ograničena te je stoga prisutna sve veća potreba za razvojem novih ili alternativnih metoda pozicioniranja i navigacije u takvom okruženju. Pri tome treba imati na umu da se još unazad nekoliko godina smatralo da je upotreba GPS-a u zatvorenim prostorima nemoguća, dok danas znamo da su te pretpostavke „srušene”. U radu će biti opisana propagacija GNSS signala u zatvorenom prostoru, kao i alternativne metode i tehnike kao što su pseudoliti, metode navigacije zasnovane na radio frekvenciji te integracija različitih senzora kojima se nastoje srušiti barijere navigacije u zatvorenim prostorima. Kroz konkretne primjere razvoja sustava za navigaciju u zatvorenim prostorima, kao što su Fing, Navatar, In-Location i drugi, opisaćemo dosad istraživane alternativne metode navigacije. Kako smo svjedoci sve bržeg razvoja geoosposobljenog društva potaknutog svakodnevnim napretkom tehnologije jasno je da će brzi razvoj mikro-elektro mehaničkih sustava (MEMS) dovesti do minijaturizacije senzora koja će doprinijeti masovnijem razvoju alternativnih sustava pozicioniranja i navigacije. Iako se ovo područje intenzivno istražuje, još uvijek ne postoji konzistentan i svrsishodan sustav, što i dalje pruža dovoljno prostora za napredak.

KLJUČNE RIJEČI: navigacija u zatvorenom prostoru, integracija senzora, GNSS, pseudoliti

The integration of sensors for indoor navigation

SUMMARY: This paper is a result of current exploring in field of indoor positioning and navigation, which is based on paperwork made for subject Integrated systems in geomatics (master study of Geodetic faculty University of Zagreb, department of geomatics). Seeing that the question of indoor determination of position and navigation (where availability of GPS signal is limited) one of the most common today, it's logical that alternative methods are needed. Although in the last couple of years it was considered indoor GPS was not possible, today things look different. In this paper indoor propagation of GNSS signal will be described, and usage of alternative methods and solutions as pseudolites, navigation methods based on radio frequency and integration of different sensors, all in purpose of indoor navigation. Some specific examples of system development like Fing, Navatar, In-Location are given in paper. Development in technology is very high, expectations are that sensor minimization will cause massive development of alternative positioning and navigation methods. Although the field is well explored there is still space for progress.

KEYWORDS: indoor navigation, integrated sensors, GNSS, pseudosatellites

1. UVOD

U današnjem društvu prostorne informacije te njihova točnost postaju sve važnije, a aplikacije koje se odnose na određivanje korisnikove pozicije obuhvaćaju širok raspon uređaja, od mobilnih telefona do kontrolnih jedinica. Danas je GPS najpopularniji i najkorišteniji sustav pozicioniranja u svijetu. Međutim, često se javlja pitanje kako ćemo odrediti položaj u područjima gdje su GPS signali izuzetno slabi te je njihova upotreba ograničena, a ponekad čak i onemogućena (stambene zgrade, poslovne zgrade, trgovački centri...). Pogreške u detekciji signala mogu uzrokovati velike pogreške u određivanju pozicije. Ovaj nedostatak GPS tehnologije doveo je do razvoja velikog broja novih tehnologija pozicioniranja. Osnovni pristupi u razvoju novih tehnologija su:

- razvoj i upotreba posebnih visoko-osjetljivih prijamnika koji će moći detektirati i koristiti vrlo slabe i prigušene signale,
- korištenje signala od strane sustava koji primarno nisu namijenjeni pozicioniranju (mobilne i televizijske komunikacijske mreže),
- kombinacija navedenih pristupa.

Korištenje signala od strane sustava koji primarno nisu namijenjeni pozicioniranju je atraktivno rješenje jer se temelji na upotrebi već postojeće infrastrukture, ali točnost i pouzdanost je neusporediva s rezultatima GPS tehnologije. Pri rješavanju problema pozicioniranja i navigacije u zatvorenim prostorima može pomoći i

integracija različitih senzora. Iako integracija GPS-a s inercijalnim navigacijskim sustavom (INS) daje pouzdane i točne rezultate pozicioniranja, nema tendenciju ka rješavanju problema navigacije i mobilnosti korisnika unutar zgrada. Taj problem može se riješiti korištenjem i kombinacijom mrežno utemeljenih sustava za pozicioniranje (Bluetooth, Wi-Fi, WLAN). Danas je također sveprisutno korištenje GPS „pametnih“ telefona (Smartphone). Razlog njihovoj širokoj upotrebi je taj što nam mobilni uređaj osim kao uređaj za komunikaciju može poslužiti i kao osobni navigacijski uređaj. Zbog ograničenja GPS-a, navigacija u nepoznatim zgradama u većini slučajeva se još uvijek temelji na proučavanju karata izvještenih u hodnicima ili na nekim drugim vidljivim mjestima. Provedena istraživanja na temu navigacije u zatvorenim prostorima otkrila su svrsishodne tehnologije koje su opisane u nastavku.

2. PROPAGACIJA GNSS SIGNALA U ZATVORENIM PROSTORIMA

Unazad nekoliko godina u istraživanjima i javnim radovima tvrdilo se kako GNSS signal nije upotrebljiv unutar zgrada. Neprestanim napretkom tehnologije zasnovane na čipovima i porastom procesorske snage, prijamnici postaju osjetljiviji na prijam signala što je samo jedan od koraka na putu do uspjeha navigacije u zatvorenim prostorima. U većini slučajeva, navigacijski signal ne dolazi do antene prijmnika direktnim putem, već prilikom ulaska u zgradu i širenja signala u zatvorenom prostoru dolazi do refrakcije, difrakcije, raspršenja signala. Jačina dolaznog signala također ovisi i o materijalu od kojeg je zgrada izgrađena, njezinom obliku, okruženju, kao i o kutu upada signala čija interakcija s određenim građevinskim materijalom ili električnim vodovima može deformirati signal što nerijetko rezultira iščeznućem signala ili višestrukom refleksijom signala (multipath).

2.1. MODEL PROPAGACIJE SIGNALA U ZATVORENIM PROSTORIMA (UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN)

Znanstvenici Instituta za geodeziju i navigaciju Sveučilišta u Münchenu (Hein, Paonni, Kropp, Teuberr, 2008.) razvili su svoj model prodiranja i propagacije GNSS signala u zatvorenim prostorima. Postojeći modeli, kao npr. Saleh – Valenzuela (model posebno posvećen širenju signala u zatvorenom okruženju), WLAN model ili UWB model, služili su im kao temelj u odabiru alata i tehnika prikupljanja podataka koje će se primijeniti u razvoju svojeg modela. Istraživanja su provedena u dvjema zgradama različitih oblika. Duž pročelja zgrade postavljeno je šest odašiljača na različitim mjestima i različitim visinama, a u zgradi su prijmnici postavljeni duž profila okomitih na zidove, na udaljenosti 0, 2, i 4 m od zida.

Mjerenja su podijeljena u dvije skupine:

- mjerenja provedena u neposrednoj blizini zidova
- mjerenja provedena na značajnoj udaljenosti od zidova.

U prvoj skupini mjerenja signal je na putu od odašiljača do prijmnika kao prepreku imao samo jedan zid, dok drugu skupinu karakteriziraju grupirana kašnjenja uzrokovana većim brojem zidova između odašiljača i prijmnika. Mjerenja registrirana u neposrednoj



Slika 2.1.1. Zgrade u kojima su provedeni testovi (lijevo); antena odašiljača smještena u kavez na kraku dizalice (desno) (Hein i drugi, 2008)

Tablica 2.1.1. Koeficijenti refleksije i transmisije (Hein i drugi, 2008)

L1 frekvencija (1575,42 MHz)	Koeficijent refleksije (ρ)	Koeficijent transmisije (τ)
suhozid	0.4202	0.5788
šperploča	0.1572	0.8428
staklo	0.4211	0.5780
zatomnjeno staklo	0.9500	0.0500
drvo	0.2446	0.7554
cigla	0.3453	0.6547
beton	0.4036	0.5964
armirani beton	0.3899	0.6101

blizini zidova imaju niski azimut i elevaciju odašiljača u odnosu prema prijmniku, dok mjerenja koja pripadaju drugoj skupini imaju visoke vrijednosti elevacije i azimuta odašiljača. „Visina“ predstavlja apsolutnu visinu odašiljača u stupnjevima, mjerenu od poda, a „azimut“ relativan kut definiran pomoću referentne plohe. Jedan od glavnih rezultata ovog istraživanja je otkriće značajne ovisnosti o smjeru izvora signala čime azimut i elevacija satelita postaju ključni parametri za model propagacije signala u zatvorenim područjima.

2.2. OVISNOST O GRAĐEVINSKOM MATERIJALU

U trenutku doticaja signala s površinom građevinskog materijala signal se može podijeliti na dva dijela: dio koji se reflektira na granici i dio koji prolazi kroz materijal. Dio signala koji prodire kroz površinu zanimljiviji je u kontekstu GNSS-a u zatvorenim prostorima. Provedena je simulacija kako bi se utvrdilo djelovanje različitih materijala na refleksiju, prijenos i prigušenje signala. Za potrebe simulacije pretpostavljeno je da val upada u zgradu okomito na ravninu graničnog sloja (kut upada 0°). Prvi pokušaj za navedene materijale proveden je za L1 frekvencijsko područje na 1575,42 MHz, a dobiveni koeficijenti refleksije i transmisije dani su u Tablici 2.1.1.

Uočavamo da pri kutu upada od 0° kod većine materijala dominira transmitirani dio, pogotovo kod drvenih materijala kao što je šperploča. Nasuprot tome, zatomnjeno staklo ima vrlo visok koeficijent refleksije iz razloga što je refleksija dominantnija kod lakših materijala kao što su drvo i staklo, te uzrokuje gubitak snage signala. U slučaju masivnijih materijala kao što su cigla i beton slabljenje signala odvija se unutar samog medija i ono je dominantno.

2.3. BUDUĆNOST GNSS SIGNALA PRI NAVIGACIJI U ZATVORENIM PROSTORIMA

Cilj istraživanja propagacije GNSS signala u zatvorenim prostorima je ispitivanje svojstava GNSS signala koja između ostalog obuhvaćaju relativnu geometriju odašiljača i prijmnika kao i građevinski materijal objekata. Pojavom Europskog globalnog navigacijskog satelitskog sustava Galileo-a i modernizacijom GPS-a broj nosećih frekvencija će se povećati, a bit će i osiguran novi signal u L-frekvencijskom području (L-band) - L5/E5 na središnjoj frekvenciji od 1176 MHz. U bliskoj budućnosti opisani modeli moći će se koristiti u simulacijske svrhe. Ostaje još utvrditi da li će se moći svladati korak u provedbi tih modela u proces prijema signala u zatvorenim prostorima. Sa sigurnošću možemo reći da će trebati puno više vremena i uložena truda da djelotvornost GNSS signala u zatvorenim prostorima postane usporediva s njegovom upotrebom na kopnu, moru i u zraku.

3. PSEUDOLITI

Iako su GNSS uveli revolucionarne promjene na području pozicioniranja i navigacije, poznato je da preciznost, pouzdanost, dostupnost i cjelovitost rezultata dobivenih tom tehnologijom značajno ovisi o broju i geometrijskom rasporedu vidljivih satelita. To je

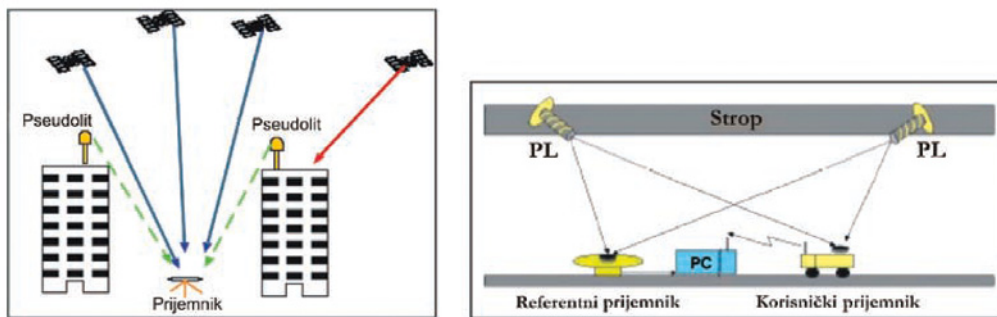
osobito izraženo u područjima s ograničenom vidljivošću satelita, kao što su gradska područja, doline, otvorena rudnička okna, velika gradilišta. Osim toga, u zatvorenim prostorima ili ispod Zemlje, npr. tvorničke hale, unutrašnjost zgrada, tuneli, pozicioniranje je potpuno onemogućeno zbog nedostupnosti satelitskih signala. Ti nedostaci mogu se otkloniti uključivanjem dodatnih izvora signala koje odašilju pseudoliti (naziv izveden od pseudo-sateliti), terestrički generatori i odašiljači signala sličnih satelitskim, za primjenu u lokalnom području koji se mogu koristiti: kao nadopuna GNSS-a u slučaju nedovoljnog broja vidljivih satelita ili za poboljšanje geometrije, kao samostalan mjerni sustav koji može u potpunosti zamijeniti konstelaciju GNSS satelita, u zatvorenim prostorima, ispod zemlje ili na drugim planetima (Novaković, Đapo i Mahović, 2009).

Iako to može izgledati kao nova mjerna tehnologija, koncept terestričkih odašiljača datira još iz vremena početaka razvoja GPS-a, kada su pseudoliti osmišljeni za testiranje GPS korisničke opreme. Pseudoliti ili pseudo – sateliti su uglavnom terestrički odašiljači signala koji na otvorenom omogućuje dodatni (lokalni) izvor signala ili čak u potpunosti zamjenjuju konstelaciju GPS-satelita u zatvorenom prostoru (Slika 3.1.). Primjena pseudolita seže još od početaka razvoja tehnologije GPS-a, kasnih 1970-ih. Na testnom području Inverted Range, lociranom u Army Yuma Proving Ground u Arizoni (SAD), konstruiran

i preciznost horizontalne komponente položaja. Za praćenje pomaka i deformacija objekata, u posljednje se vrijeme sve više koristi tehnologija Locata koja je svojom fleksibilnošću znatno unaprijedila čitav mjerni proces. Kod podzemnih objekata kao što su tuneli, gdje su GPS-signali nedostupni, postoji mogućnost navigacije postavljanjem pseudolita na pogodnim lokacijama unutar objekta. Poznavajući precizni položaj pseudolita i postavljanjem jedne antene na vozilo, a druge fiksirane u tunelu, moguće je brzo rješavanje ambiguiteta i postizanje visoke točnosti rezultata. Potreba za pseudolitima javlja se posebno u zatvorenim prostorima kao što su velike tvorničke hale, pothodnici, stanice podzemne željeznice. Jedan takav sustav uspješno je primijenjen u pozicioniranju tvorničke opreme i materijala te povezan s GIS-sustavom u svrhu praćenja rada i vođenja inventarizacije tvornice čeličnih ploča Bluescope u Australiji (Slika 3.2.).

4. METODE POZICIONIRANJA I NAVIGACIJE U ZATVORENIM PROSTORIMA

Metode pozicioniranja u vanjskom području koje se temelje na GPS-u su već dobro istražene i standardizirane, dok ne postoje sustavi za navigaciju u zatvorenim prostorima koji u potpunosti ispunjavaju očekivanja i zahtjeve, pogotovo u smislu njihove praktične



Slika 4.1. Primjena pseudolita kao nadopuna GPS-a na otvorenom i kao samostalni mjerni sustav za pozicioniranje i navigaciju u zatvorenim prostorima (Ning, 2004, Jun i Kee, 2006)

Slika 4.2. Pseudoliti u pozicioniranju tvorničke opreme i materijala (Barnes i dr., 2004)



je sustav koji se sastojao od 4 terestrička odašiljača, nazvani pseudoliti, koji su simulirali satelitske signale u svrhu testiranja korisničke GPS opreme, odnosno cjelokupnog mjernog sustava.

Prvi komercijalni pseudolit, koji je proizvela tvrtka IntegriNautics, pojavio se na tržištu sredinom 1990-ih (Novaković, Đapo, Mahović, 2009). Nakon toga mnogi su proizvođači usavršavali i razvijali nove konstrukcije pseudolita u svrhu njihove što šire primjene. Integracija GPS-a i pseudolita ima značajne prednosti. Neke od njih su veća položajna preciznost, poboljšana pouzdanost, dostupnost, kontinuiranost, cjelokupnost i skraćeno vrijeme za otklanjanje ambiguiteta. Iako su to velike prednosti, one se ne mogu ostvariti bez da se uzmu u obzir neki tehnički problemi vezani uz konstrukciju sustava pseudolita, kao što su near/far (blizu/daleko) problem, višestruka refleksija signala, time-tag pogreška, pseudolit pole, itd. Eksperimentalna istraživanja provedena u svrhu ispitivanja mogućnosti pozicioniranja pseudolitima kao nadopuna GPS-u, u industrijskom okruženju su pokazala da se preciznost znatno povećala, s time da je preciznost vertikalne komponente gotovo istog reda veličine kao

uporabe. Na primjer, idealno rješenje za hitne intervencije bio bi potpuno neovisan sustav lokalnog pozicioniranja, no većina postojećih lokalnih pozicijskih sustava sastoji se od mreže senzora postavljenih unutar zgrade i ovisna je o infrastrukturi.

Pozicioniranje u zatvorenim prostorima je relativno novo područje koje predstavlja izazov i nudi mogućnost kreiranja novih algoritama. Budući da GPS prijammnici imaju poteškoća u radu u zatvorenim prostorima razvijaju se nove tehnologije za rješavanje istih. Alternativne tehnologije koje se koriste, često ovisne o hardverskoj podršci lokalnog sustava pozicioniranja (LPS-Local Positioning System), podrazumijevaju korištenje radiovalova kao što su WiFi, Ultra Wide Band ili poboljšani GPS, ili signala s Micro Electro Mechanical Senzora te geografskih baza podataka.

4.1. MREŽNO UTEMELJENI SUSTAVI ZA POZICIONIRANJE I NAVIGACIJU

Prvu skupinu sustava za pozicioniranje i navigaciju u zatvorenim prostorima čine mrežno utemeljeni pozicijski sustavi. Predstavlja ih

LPS (Lokalni pozicijski sustav) koji za potragu i lociranje korisnika upotrebljava mrežu senzora, uglavnom fiksnih u zgradi. Karakteristični lokalni sustav pozicioniranja utemeljen na mrežama čine: Bluetooth, Ultra Wide Band (UWB), Wi-Fi (Wireless-Fidelity), RFID (Radio Frequency Identification).

4.2. NEOVISNI SUSTAVI ZA POZICIONIRANJE I NAVIGACIJU

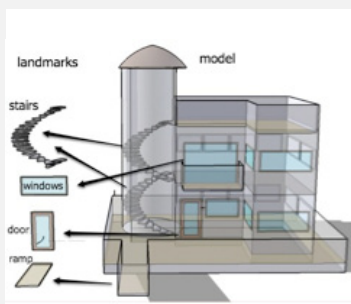
Druga skupina sustava, nazvanih neovisnim sustavima za pozicioniranje i navigaciju, obuhvaća tehnologije koje se temelje na samostalnim pozicijama korisnika, a to su metode pasivnog računanja (MEMS) i poboljšani GPS-AGPS (Assisted GPS).

Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) je rezultat integracije mehaničkih elemenata u zajednički sustav. Senzori utemeljeni na toj tehnologiji su akcelerometri, magnetometri, žiroskopi i dr. Koriste se u metodama pasivnog računanja u svrhu navigacije korisnika. MEMS predstavlja tehnologiju koja kombinira računala sa sitnim mehaničkim uređajima, kao što su senzori, ventili, prijenosnici, ogledala i aktuatori (pretvarači električne u mehaničku energiju i obratno) ugrađenih u poluvodičke čipove (Bačić, 2012). Ova tehnologija nudi nam neovisni navigacijski sustav koji radi i u zatvorenom ili otvorenom okruženju. Navigacijska rješenja temeljena na MEMS-u mogu biti opterećena pogreškama tipičnim za takvu vrstu senzora (sistematske pogreške i šumovi). Današnji mobilni uređaji, tzv. „pametni telefoni“ (smartphones), predstavljaju idealnu platformu za različite aplikacije podržane minijaturnim integriranim sensorima.

Brzi razvoj aplikacija zasniva se stoga i na razvoju MEMS-a koji omogućuju daljnju minijaturizaciju senzorskih sustava, uz planirano daljnje povećanje njihove točnosti. Pored mjernih senzora u integrirani senzorski sklop će se integrirati čak i uređaji za bežičnu vezu, i proizvoditi po iznimno niskim cijenama i u velikim serijama, što će biti ekonomski isplativo za mnoge primjene. Mnogi senzori su s tehničke strane dosegli razinu uporabne zrelosti i njihova ugradnja u najrazličitije sustave danas eksponencijalno raste. Taj napredak omogućuje povećanje broja senzora koji se integriraju.

Iako strogo gledano poboljšani GPS (Augmented GPS, AGPS) ne spada pod lokalni sustav pozicioniranja (LPS) uključen je u istraživanje jer je GPS široko poznata tehnologija pozicioniranja. AGPS proširuje radno područje GPS na urbane kanjone i zatvorene prostore, gdje je inače prisutno slabljenje i gubljenje signala. AGPS tehnologija obuhvaća mobilne telefone koji imaju mogućnost primanja i obrade GPS signala, mobilnu mrežu i pomoćne podatke prikupljene putem podatkovne mreže. Poslužitelj (server) je spojen na referentni prijamnik koji ima neometanu vidljivost („čisto nebo“) prema satelitima. Podatkovna veza uspostavljena preko mobilnih telefona pruža informacije o efemeridama satelita, almanahu, diferencijalnim korekcijama, kao i ostale relevantne informacije koje se dobivaju direktno s GNSS satelita. Glavna svrha pomoćnih podataka koji se šalju roveru je poboljšanje osjetljivosti prijamnika te svladavanje smetnji i prekida signala satelita.

AGPS iako ovisan o dva vanjska izvora (poslužitelju i telekomunikacijskoj mreži), može se u kontekstu navigacije u zatvorenom pro-



Slika 5.1. Znamenitosti u okruženju (dizalo, stubište, vrata) (URL-4)

storu smatrati neovisnim sustavom, jer oba navedena izvora nisu usko vezana uz zgradu unutar koje se korisnik kreće.

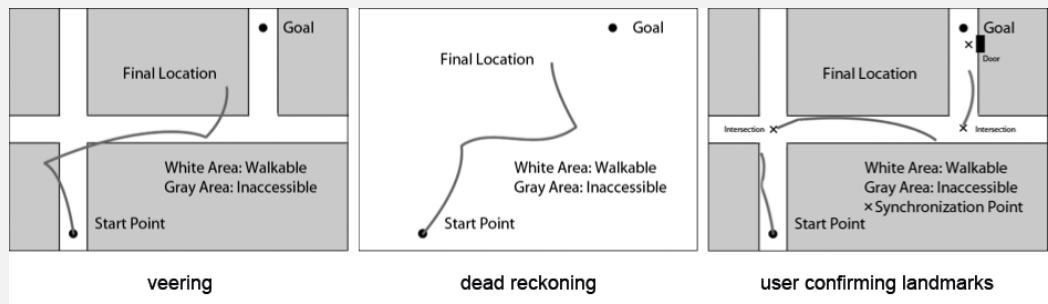
5. IMPLEMENTACIJA

Postojeći unutarnji navigacijski sustavi obično zahtijevaju korištenje skupih i teških senzora, ili opremanje sobe i hodnika s radio-frekvencijskim oznakama koje mogu biti otkrivene pomoću ručnih čitača i koje se koriste kako bi se utvrdio položaj korisnika. To često uzrokuje slučaj da je provedba takvih sustava preskupa. Umjesto toga, navigacijski sustav za slijepo osobe, razvijen na Sveučilištu u Nevadi, Navatar koristi digitalne 2D arhitektonske karte, dostupne za mnoge zgrade te jeftine, „mrtve senzore“, poput akcelerometra i kompasa koji su dostupni u većini smartphona, a točni na malim udaljenostima (Slika 5.1.). Sustav smješta i vodi korisnika unutar zgrade, pronalazeći najprikladniji put dajući mu „korak po korak“ upute prema željenom odredištu. Za usklađivanje lokacije, sustav kombinira vjerojatnosne algoritme i prirodne mogućnosti osoba s oštećenjem vida za otkrivanje znamenitosti u njihovom okruženju kroz dodir kao što su raskrižja koridora, vrata, stubišta i dizala (Slika 5.2.). Prednost ovog pristupa je da korisnik može staviti mobilni telefon u džep ostavljajući obje ruke slobodne za korištenje štapa i prepoznavanje taktilne znamenitosti.

Znanstvenici finskog Sveučilišta u Oulu proučavanjem golubova, rakova i jastoga koji se orijentiraju pomoću Zemljinog magnetskog polja su uočili da su te iste magnetske varijacije prisutne i unutar zgrada. Moderan smartphone je u mogućnosti snimiti i pohraniti ove magnetske varijacije na kartu zatvorenih lokacija, te pomoću aplikacije Indoor Atlas API navigirati korisnika. Tvrtka IndoorAtlas je prva tvrtka u svijetu koja je lansirala ovakvu vrstu tehnologije u komercijalne svrhe.

Iako već postoji besplatna aplikacija za smartphone Google Maps Navigation (Beta) koja sadrži: detaljne karte 3D zgrada, glasovno vođenu „korak po korak“ GPS navigaciju, prikaz vožnji, javnog prijevoza, biciklističke i pješačke upute, prometne informacije uživo kako bi se izbjeglo zagušenje prometa, Google Maps Street View te unutarnje karte za odabrane zračne luke, hotele, trgovine dostupne za većinu zemalja svijeta 23. kolovoza 2012. godine 22 kompanije na čelu s Nokijom su predstavile „In-location“ projekt za razvoj pozicioniranja i navigaciju u zatvorenim prostorima. Vjeruje se da će Nokia, Sony, Samsung i Qualcomm, uz podršku ostalih kompanija u savezu, kreirati pilot rješenje temeljeno na Bluetooth 4.0 tehnologiji u kombinaciji s Wi-Fi-jem koje će locirati mobilne uređaje u zatvorenom prostoru uz povećanu preciznost i smanjenje potrošnje energije te uspostaviti jedinstvene standarde navigacije u zatvorenom. Kako se „indoor“ lociranje temelji na mjerenju udaljenosti mobilnog uređaja od Bluetooth i/ili WiFi stanice i na osnovu toga zainteresiranoj strani šalje podatke o lokaciji ova će se usluga vjerojatno koristiti u zračnim lukama, u velikim trgovačkim centrima, javnim ustanovama te u kompleksnim zgradama velikih kompanija.

Iako još uvijek nisu dostupne karte hotela, knjižnica, zračnih luka (...) za područje Hrvatske situacija nije tako crna iz razloga što je u tijeku projekt „Tehnološko mapiranje na Sveučilištu u Zagrebu“, fi-



Slika 5.2. Prikaz navigacije bez, s upotrebom „pasivnih senzora“ i s verbalnom potvrdom prisutnosti znamenitosti (URL-4)

nanciran u sklopu IPA programa Europske unije za Hrvatsku i projekt Indoor Vision (studentski projekt razvoja mobilne aplikacije za slijepe osobe financiran od strane Microsofta). U okviru projekta Tehnološko mapiranje na Sveučilištu u Zagrebu, vrijednom oko 240 tisuća eura, tijekom 18 mjeseci provedeno je niz različitih aktivnosti s ciljem jačanja transfera tehnologije i komercijalizacijskih kapaciteta Sveučilišta. Projekt je pokrenut potkraj listopada 2010., a provodio ga je Centar za istraživanje, razvoj i transfer tehnologije Sveučilišta u Zagrebu u suradnji s pet sastavnica Sveučilišta, i to Agronomskim, Medicinskim, Prehrambeno-biotehničkim, Prirodoslovno-matematičkim i Fakultetom kemijskog inženjerstva i tehnologije.

Još jedna slobodna mobilna aplikacija Fing koja služi za navigaciju iznad i ispod razine Zemlje mogla bi postaviti novi standard za gradske navigacijske vodiče diljem svijeta. Budući da GPS zahtjeva do-gledanje ("line of sight") prema satelitima, na mjestima gdje on nije funkcionalan (podzemna željeznica, trgovački centri) koristi se Wi-Fi, Bluetooth, RFID ili druge tehnologije sustava za pozicioniranje u zatvorenom koje prate korisničke lokacije i daju upute. Fing tehnologija bazira pozicioniranje na patentiranim algoritmima razvijenim na Korejskom znanstvenom i tehnološkom sveučilištu KAIST. Aplikacija je u vlasništvu podružnice korejske Udruge međunarodne trgovine Korejske trgovinske mreže (KTNET). Jedan od potencijala ove aplikacije mogla bi biti tkz. „hitna pomoć“. Jednim klikom unutar aplikacije Fing će poslati SMS poruku najbližjoj policijskoj ili vatrogasnoj postaji koja uključuje zahtjev za pomoć i koordinate lokacije korisnika. U razvojnoj fazi Fing se fokusira na Gangnam kolodvor, najprometnije čvorište podzemne željeznice Seoula. KTNET također ističe da je veliki broj gradova/subjekata diljem svijeta iskazao interes za sličnu aplikaciju, kao npr. pariški muzej Louvre, Westfield Shopping centar i Smithsonian Institution u SAD-u, Marina Bay Sands Casino and Hotel u Singapuru, kao i tvrtke u Dubaiju i Makau.

6. ZAKLJUČAK

Rapidni razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologija uključivo i GNSS-a, posebice GPS-a, omogućuju donedavno neslućene apli-

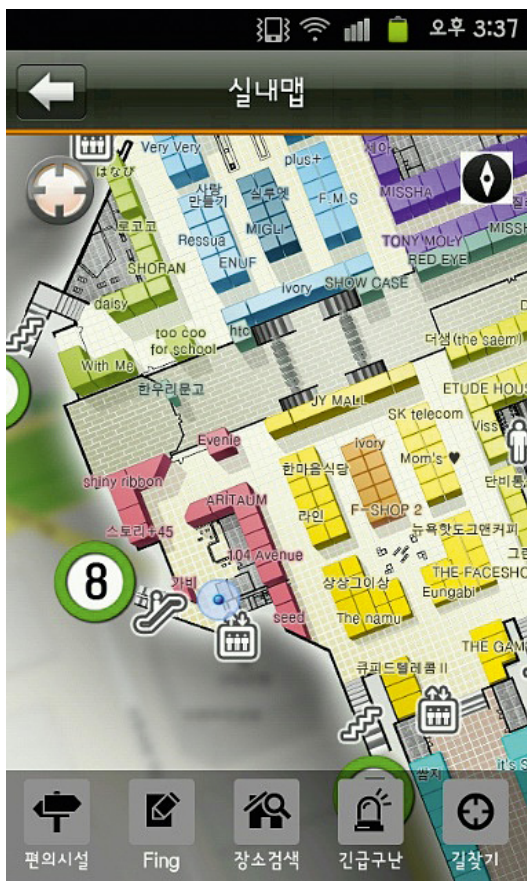
kacije primjene tih tehnologija. Jedno od područja ubrzanog razvoja je i navigacija u zatvorenom prostoru koja koristi GNSS i druge tehnologije, odnosno iste međusobno kombinira. To je posljedica novih spoznaja da GNSS može funkcionirati i u zatvorenom prostoru. To dokazuju sustavi temeljeni na pseudolitima razvijeni za potrebe protupožarnog sustava u zatvorenim prostorima, odnosno izum nove tehnologije pozicioniranja nazvan Locata koja je prevladala ograničenja GPS-a.

Sustavi za navigaciju u zatvorenom prostoru integrirani u smartphone pokazuju niz prednosti jer omogućuju, na potpuno nove načine, spašavanje u hitnim situacijama; navigaciju slijepih osoba (čime bi se reducirao broj volontera), navigaciju u muzejima (što bi zamijenilo potrebu za vodičima), navigaciju u knjižnicama, zračnim lukama, podzemnim željeznicama, besplatno reklamiranje trgovina trgovačkih centara te samu navigaciju unutar trgovačkih centara ili bilo kakvih javnih zgrada i prostora. Međutim ti sustavi imaju i jednu veliku manu, a to je javnost podataka. Istina je, da stavljajući na vagu tehnologiju i njezin razvoj te čovjeka kao pojedinca, tehnologija definitivno pobjeđuje, ali nam mora biti cilj u tom globalnom razvoju zaštititi čovjeka i njegova prava.

Ovim radom smo pokazali da se navigacija pomoću GNSS-a, ali i drugih tehnologija uspješno primjenjuje kako na otvorenom, tako i u zatvorenom prostoru. Iako navigacija sama po sebi, a pogotovo navigacija u zatvorenom prostoru nisu primarna geodetska aktivnost, razvidno je da je riječ o području koje će u budućnosti imati niz primjena te stoga i geodetska struka treba obratiti dužnu pažnju razvoju tehnika i aplikacija navigacije u zatvorenom prostoru, odnosno općenito navigacija kao jednom od, iz naše perspektive, vidova pozicioniranja.

LITERATURA

- › Bačić, Ž. (2012): Perspektive i geospobljeno društvo. Predavanje na kolegiju Integrirani sustavi u geomatici, ak. god. 2012/2013, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, pdf prezentacija na www.geof.hr
- › Novaković G., Đapo A., Mahović H. (2009): Razvoj i primjena pseudolita za pozicioniranje i navigaciju, Geodetski list 3, 215-241.
- › Hein, G., Paonni, M., Kropp, V., Teuber, A. (2008): Fighting the Fading, Inside GNSS, ožujak/travanj 2008., str. 43-52.
- › URL-1: Indoor Navigation System for Handheld Devices, A Major Qualifying Project Report Submitted to the faculty of the Worcester Polytechnic Institute Worcester, Massachusetts, USA, [Internet], <raspoloživo na http://www.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/Eproject-102209-164024/unrestricted/Indoor_Navigation_System_for_Handheld_Devices.pdf [pristupljeno 2. 12.2012.]
- › URL-2: Indoor atlas [Internet], <raspoloživo na <http://www.indooratlas.com/> [pristupljeno 15. 11. 2012.]
- › URL-3: Nokia [Internet], <raspoloživo na <http://press.nokia.com/2012/08/23/accurate-mobileindoor-positioning-industry-alliance-called-in-location-topromote-deployment-of-location-based-indoor-services-and-solutions/> [pristupljeno 22. 11. 2012.]
- › URL-4: Folmer E. (2010.): Navatar: Navigating Blind Users in Indoor Spaces using tactile Landmarks, Human Computer Interaction Research University of Nevada, Reno [Internet], <raspoloživo na <http://eelke.com/navatar-indoor-navigation-blind.html> [pristupljeno 6. 1. 2013.]
- › URL-5: Folmer E. (2010): Woyke E. (2012): Citywide Indoor Navigation Is Closer Than You Think [Internet], <raspoloživo na <http://www.theatlanticcities.com/technology/2012/09/citywide-indoor-navigation-closer-youthink/3224/> [pristupljeno 6. 1. 2013.]
- › URL-6: Google Maps [Internet], <raspoloživo na <http://maps.google.com/help/maps/helloworld/android/> [pristupljeno 6. 1.2013.]



Slika 5.3. Prikaz „karte“ trgovačkog centra Gangnam željezničke postaje (URL-5)