Arhitektura sustava za lokaciju i navigaciju korisnika u zatvorenim prostorima primjenom bežičnih tehnologija

Peh, Alen

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:872199

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Alen Peh

Arhitektura sustava za lokaciju i navigaciju korisnika u zatvorenim prostorima primjenom bežičnih tehnologija

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

Arhitektura sustava za lokaciju i navigaciju korisnika u zatvorenim prostorima primjenom bežičnih tehnologija

The System Architecture for Navigation in Indoor Environment using Wireless Technology

Mentor: doc. dr. sc. Marko Periša

Student: Alen Peh, univ. bacc. ing. traff.

Zagreb, 2016

Sažetak

Kroz ovaj rad govori se o sustavima za lokaciju i navigaciju u zatvorenim prostorima primjenom bežičnih tehnologija. Takvi sustavi zbog specifičnosti zatvorenih prostora vrlo često ne mogu koristiti GPS tehnologiju te se time stvorila potražnja za novim tehnologijama poput *Bluetootha* i RFiD-a. Kada te tehnologije koristimo da bi podigli kvalitetu života, posebice onih u potrebi, nazivamo ih pomoćnima. Upotreba pomoćnih tehnologija povećava doživljaj interakcije s prostorom pa samim time postaje izrazito korisna slijepim i slabovidnim korisnicima. Kroz rad analiziramo bežične tehnologije koje nam mogu pomoći u raznim zatvorenim prostorima, ponajviše *Bluetooth beacon* tehnologija. Prikazana su i neka rješenja sustava koji olakšavaju kretanje osoba s oštećenjima.

KLJUČNE RIJEČI: lokacija; navigacija; pomoćna tehnologija; zatvoreni prostor; *beacon;*

Summary

Through out the thesis we are going to talk about systems for indoor location and navigation using wireless technologies. Such systems due to their specific indoor requirements often cannot use GPS technology, thereby creating demand for new technologies like Bluetooth and RFiD. When we use these technologies in order to raise the quality of life, particularly those in need, we call them assistive. The use of assistive technology is extremely useful to the blind and visually impaired users. Wireless technology can help us in a variety of indoor spaces, Bluetooth beacon technology is currenty the most efficient. Emphasis is also given on system solutions that facilitate the movement of people with impairments.

KEY WORDS: location; navigation; assistive technology; indoor; beacon;

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Tehnološka rješenja 3

2.1. Osnovni pojmovi 4

2.2. Pomoćne tehnologije 5

2.2.1. HAAT model 6

2.2.2. CAT model 7

2.3. Upotreba pomoćnih tehnologija u zatvorenim prostorima 8

2.3.1. Željeznički kolodvor 9

2.3.2. Aerodromi 9

2.3.3. Sajmovi 10

2.3.4. Trgovački centri 11

2.3.5. Uredske zgrade i industrijska područja 12

2.3.6. Turizam 13

3. Bežične tehnologije za navigaciju u zatvorenim prostorima 14

3.1. Osnovni pojmovi i algoritmi 14

3.2. Načela mjerenja 15

3.3. Analiza sustava i rješenja 18

3.3.1. Infracrveno zračenje 18

3.3.2. RFID tehnologija 19

3.3.3. Wireless Local Area Network 19

3.3.4. *Bluetooth* 20

4. *Bluetooth Low Energy* - BLE 22

4.1. Funkcionalnosti Beacon uređaja 26

4.2. Beacon odašiljači 28

5. Lokacija i navigacija zatvorenim prostorima za osobe s oštećenjima 31

5.1. Prijedlog sustava za lokaciju starijih i nemoćnih koristeći *Beacon* odašiljače 31

5.2. Trenutno dostupna rješenja 33
5.1.1. Sustav navigacije u zatvorenim prostorima pomoću RFID tehnologije 33
5.1.2. Sustav navigacije i informiranja u zatvorenim prostorima pomoću *beacon* odašiljača. 37
5.1.3. Sustav navigacije i prepoznavanja proizvoda u asistenciji kupovine za slijepe i slabovidne kombinacijom više tehnologija 39
5.1.4. Sustav za navođenje slijepih i slabovidnih podzemnom željeznicom pomoću *beacon* tehnologije 40
6. Zaključak 42
Literatura 43
Popis kratica 46
Popis slika 49

1. Uvod

U dosadašnjem načinu života navikli smo orijentirati se unutar zatvorenih prostora koristeći pisanu navigaciju u zatvorenim prostorima poput panoa, karata, signalnih upozorenja izvješenih u aulama, hodnicima ili na nekim drugim mjestima.

Točnost i brzina pristupa prostornih informacija u današnjem društvu i u vremenu u kojem živimo postaje sve važnija. Gotovo svaka osoba ima mobilni terminalni uređaj i tehnički je izazov kako hardwerski i softwerski unaprijediti sistem navigacije u zatvorenim prostorima.

Na otvorenim prostorima vlasnici mobilnih terminalnih uređaja navikli su na lociranje i navigaciju putem GPS (engl. *Global Positioning System*) sistema. Zbog slabljenja signala unutar građevinskog objekta u kojem se nalazi zatvoreni prostor, pokazalo se da GPS ne pruža dovoljno dobre rezultate. GPS signal u zatvorenim prostorima (stambene i poslovne zgrade) puno je slabiji u odnosu na otvorene prostore te se pojavila potreba za razvojem tehnologija koje omogućavaju točnije i brže lociranje i pozicioniranje korisnika u odnosu na traženu prostornu lokaciju. Kombinacijom mrežnih sustava za pozicioniranje temeljenih na Wi-Fi, *Bluetooth*, RFiD (engl. *Radio-Frequency Identification*) te ostalim tehnologijama pokušava se riješiti ovaj problem.

Vrlo slabi i prigušeni signali koje treba detektirati i koristiti u zatvorenim prostorima u svrhu navigacije nameću kriterije za razvoj novih tehnologija pozicioniranja korisnika. Ovi kriteriji nameću potrebu razvoja i upotrebu posebnih visoko-osjetljivih prijamnika Najlakši put je korištenje već postojeće tehnologija kojima se proširuju preciznost, osjetljivost i područje upotrebe, kako bi implementacija i razvoj usluga za pozicioniranje korisnika u zatvorenim prostorima bila što atraktivnija i efikasnija. Korištenje "pametnih" mobilnih uređaja, koji nam osim komunikacije mogu poslužiti kao i osobno navigacijsko sredstvo, danas je sveprisutno.

Jedno od čestih područja primjene predmetne tehnologije hardwera i softwera je i u svrhe pomoći starijim i bolesnim osobama koje borave u zatvorenim prostorima. Budući da sam kao student sudjelovao u izradi rješenja za pomoć starijim osobama unutar projekta „Istraživanje mogućnosti primjene koncepta IoT[1] za poboljšanje kretanja slijepih i slabovidnih osoba prometnom mrežom“ u ovom radu ću se koristiti iskustvima do kojih smo

[1] IoT *(eng. Internet of Things)* Internet stvari

došli radeći na ovom projektu. Moj udio u projektu je mali, kao što je i udio predmetnog problema u odnosu na sve mogućnosti koje se u realnoj praksi susreću. Znanja i rješenja koje smo koristili kroz Projekt su općeg karaktera i primjenjiva su u različitim životnim situacijama.

Lokacija i navigacija u zatvorenim prostorima za slijepe i slabovidne osobe postaje sve aktivnije područje istraživanja. Razvoj modernih pouzdanih sustava smanjit će svakodnevne poteškoće življenja osoba s različitim stupnjevima i vrstama oštećenja te im pomoći da žive samostalniji i lagodniji život.

2. Tehnološka rješenja

Da bi se dobile projektne pretpostavke za izradu tehničkih rješenja kao pomagala starijim osobama i osobama s invaliditetom, nužno je potrebno razmotriti njihovo okruženje u kojem obitavaju. Starije osobe i osobe s invaliditetom možemo promatrati s dva aspekta:

- *Medicinsko okruženje* se definira pojmovima poput: defekt, hendikep, oštećenje, nesposobnost. Medicinski aspekt se fokusira na fizička oštećenja i nemogućnost obavljanja određenih fizioloških radnji ili nemogućnost percipiranja stvarnosti putem vlastitih osjetila. Fokus medicinskog modela je na rehabilitaciji i unaprjeđenju funkcije navedenih ograničenja.

- *Socijalno okruženje* se definira pojmovima kao što su: koncepti oštećenja (funkcionalno oštećenje koje ima podlogu tj. koje je uzrokovano fizičkim, senzorskim (osjetilnim) ili mentalnim oštećenjem) i koncepti invalidnosti (gubitak ili smanjenje mogućnosti sudjelovanja u svakodnevnim aktivnostima). Socijalni aspekt se fokusira na fizičke i društvene barijere s kojima se osobe s invaliditetom susreću. Glavni problem je u društvu i društvenim barijerama, a ne u samoj osobi s invaliditetom i njezinim sposobnostima. Socijalni model je usporediv s pristupom koji se bazira na osnaživanju osoba s invaliditetom i pristupima koji uključuju korisnika kao centar modela i koji uključuju korisnika u pojedine aktivnosti društva [1,2,3,4].

Sindikat osoba s invaliditetom protiv segregacije (*Fundamental Principles of Disability*, 1976) je izradio socijalni model. Ovaj model je kasnije izmijenila Međunarodna organizacija osoba s invaliditetom (DPI - *Disabled Peoples International*) [5].

U medicinskoj literaturi se kao pojam često spominje Kvaliteta života i to je sve češća komponenta ciljeva raznih kliničkih studija. Posljedica je određeni skup pretpostavki koje govore kako osobe s invaliditetom ne mogu imati u potpunosti zadovoljavajuću i dobru Kvalitetu života i to postaje polazna pretpostavka za izradu novih tehničkih rješenja koja će poboljšati Kvalitetu života ovim osobama [7,8,9].

Još uvijek ne postoji konsenzus o tome što točno Kvaliteta života predstavlja. O tome se neprestano sve više piše i pojavljuje se na tisuće citata svake godine koji govore o toj temi. Jedna od takovih definicija Kvalitete života govori, na primjer, kako je Kvaliteta života

razlika između želja i nada pojedinca i njegovih stvarnih iskustava. Temeljem ove definicije razvijene su pripadajuće mjerne skale i to u širem i užem obliku. U svojoj kraćoj formi ova mjerna skala se definira zasebno za svakog pojedinca a temelji se na 5 domena Kvalitete života koje se smatraju najvažnijima [9,10].

2.1. Osnovni pojmovi

Oštećenje označava odstupanje u odnosu na normalno očekivanu fiziološku ili psihičku funkciju.

Nesposobnost označava ograničenje sposobnosti osobe da izvodi akcije koje se podrazumijevaju kao normalne za ljude.

Hendikep označava poteškoću koja ograničava ili onemogućava osobi određenu aktivnost a proizlazi iz oštećenja ili invaliditeta.

Pojam **defekt** se najčešće koristio za označavanje nedostatka ili oštećenja no s vremenom se kao termin uvriježio u svakodnevnom govornom jeziku sa pogrdnim značenjem te se danas zbog praktičnih razloga pojam defektne osobe izbjegava a umjesto njega se koristi pojam ***osobe s invaliditetom***. U slučaju osoba s poteškoćama u vidu manje se koristi pojam slijepe osobe, već se koristi pojam osobe ***oštećena vida*** koji pokriva sva moguća oštećenja i sve razine i vrste gubitaka vida.

Posljedica hendikepa je određeni stupanj izoliranosti osobe iz svoje okoline zbog nemogućnosti sudjelovanja u svim aktivnostima koje su na raspolaganju ostalim pripadnicima okoline.

Postoji puno fizioloških i psiholoških poteškoća koje mogu uzrokovati invaliditet no najčešće poteškoće koje uzrokuju najviše smetnji u komunikaciji osobe sa svojom okolinom su:

1. ***Govorne poteškoće*** - Govor je zvučna komunikacija između ljudi koja se ostvaruje putem glasovnog kanala rečenicama, riječima i slogovima. Ove poteškoće mogu biti uzrokovane različitim fiziološkim i psihološkim poremećajima.

2. ***Vidne poteškoće*** - Pojam oštećena vida u sebi uključuje dvije skupine osoba s poteškoćama u vidu a to su *slijepe* i *slabovidne* osobe. Slabovidnim osobama se korištenjem određenih pomagala vid može u određenoj mjeri poboljšati. Sljepoća označava oštrinu vida na oku s boljom funkcijom uz korekcijsko staklo od 0,10 (10%)

ili manje te centralni vid uz korekciju od 0,25 (25%) ili manji, uz suženo vidno polje na 20 stupnjeva ili manje. Slabovidnost označava oštrinu vida na oku s boljom funkcijom uz korekcijsko staklo od 0,4 (40%) ili manje. Oštećenja vida se kategoriziraju prema puno kriterija kao što su vrijeme nastanka, utjecaj na funkciju oka, mjesto oštećenja i intenzitet oštećenja [6].

3. ***Slušne poteškoće*** - Najjednostavnija podjela osoba s oštećenim sluhom je na *gluhe* i *nagluhe* osobe. Gluhe osobe imaju gubitak sluha od 80 dB (decibela) ili veći te nisu u stanju ni uz pomoć najmodernijih slušnih pomagala percipirati ljudski govor na dovoljno funkcionalan način za svakodnevno korištenje. Gubitak sluha može nastati rođenjem ili u kasnijoj životnoj dobi te se znatno odražava na sposobnost usvajanja govora. Nagluhe osobe imaju gubitak sluha od 25 - 80 dB na uhu s boljom funkcijom sluha. Ove osobe uz pomoć odgovarajućih slušnih pomagala najčešće mogu prepoznati ljudski govor u mjeri za svakodnevno funkcioniranje a imaju i dovoljno razvijene govorne sposobnosti.

2.2. Pomoćne tehnologije

Pomoćnom tehnologijom označavamo uređaje i sustave koji pomažu osobama s invaliditetom u prevladavanju svakodnevnih prepreka, društvenih ili poslovnih, kako bi se u što većoj mjeri uključili u normalni društveni život. Premostiti jaz između postojeće infrastrukture, koja je prilagođena osobama bez poteškoća, i potreba osoba s invaliditetom, cilj je ove tehnologije. Ona predstavlja most između postojeće infrastrukture i osobe s invaliditetom koji joj omogućava korištenje te postojeće infrastrukture.

Osobe s invaliditetom, potencijalni korisnici moćnih tehnologija, se jako razlikuju

- u svojim karakteristikama,
- tipu invaliditeta,
- potrebama i željama,
- znanju i vještinama

što nameće potrebu za stvaranjem odgovarajućih okvira unutar kojih bi se potrebne pomoćne tehnologije razvijale. Osnovni ciljevi modelirajućeg okvira su [1]:

- primjenjivost na različite tipove pomoćnih tehnologija i sustava
- da bude osnova za izradu klasifikacijskog okvira pomoćnih tehnologija i sustava

- pružiti temeljnu strukturu pomoćnih tehnologija te da se može upotrijebiti u specifikacijama specijaliziranih uređaja i tehnologija
- pružiti okvir za razvoj novih pomoćnih tehnologija i sustava na način da isti budu izrađeni po mjeri i potrebama krajnjih korisnika
- osigurati razvoj pomoćne tehnologije na način da ista bude prihvatljiva krajnjem korisniku
- omogućiti dublji uvid u funkcioniranje pomoćne tehnologije unutar određenog društvenog konteksta

S obzirom na složenost i specifičnost situacija u realnom svijetu te s obzirom na situaciju i stanje krajnjeg korisnika, teško je zadovoljiti sve navedene aspekte. Nameću se dva moguća pristupa:

- razvoj pomoćne tehnologije uzimajući u obzir korisnika i njegove krajnje potrebe te mjerenje stupnja zadovoljavanja tih potreba razvijenom pomoćnom tehnologijom
- razvoj generičkog (općeg) modela za potrebe analize pojedinog uređaja ili tehnologije

Prilikom modeliranja pomoćne tehnologije potrebno je uzeti u obzir mnoge aspekte u čemu pomažu temeljni modeli poput:

- HAAT (engl. *Human Activity Assistive Technology*),
- CAT (engl. *Comprehensive Assistive Technology*) modela [1].

2.2.1. HAAT model

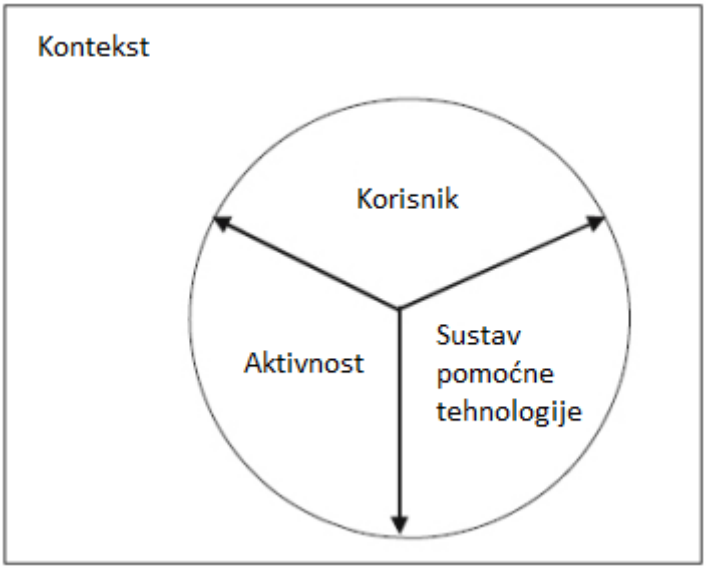
HAAT (engl. *Human Activity Assistive Technology*) model prema Cook-u i Husse-u daje podlogu za razvijanje opće strukture koja se koristi za

- analizu,
- sintezu i
- razvoj pomoćne tehnologije,

ali ne i za uparivanje korisnika s tehnologijom Ovaj model počinje s definicijom sustava pomoćne tehnologije i nastavlja s osobom s invaliditetom koja uz pomoć određene pomoćne tehnologije obavlja određene aktivnosti. Sustav se sastoji od četiri promatrane komponente koje su prikazane i na slici 1 [1].

Kontekst čine društveni okvir i okruženje u kojem korisnik i pomoćna tehnologija međusobno funkcioniraju.

1. **Korisnik** je osobu koja se nalazi u centru modela.
   Aktivnosti su radnje koje korisnik izvršava i koje utječu na model.
2. **Sustav pomoćne tehnologija** je tehnološko rješenje za prevladavanje prepreka koje se javljaju u okruženju i zadanom kontekstu.



Slika 1. HAAT model

2.2.2. CAT model

CAT (engl. *Comprehensive Assistive Technology*) model je nastao iz HAAT modela [1].

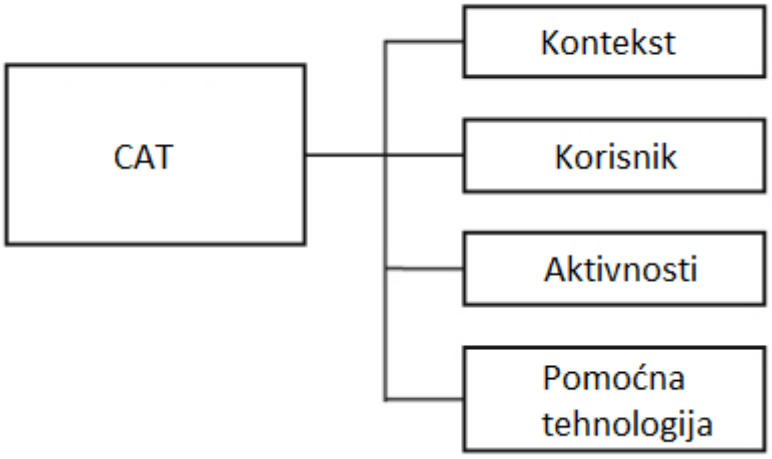
Prikazati nedostatke u korištenju određene pomoćne tehnologije je cilj ovog modela. Posebno je pogodan za:

- *razvoj* pomoćnih tehnologija u područjima u kojima ne postoje standardna rješenja,
- *unaprjeđenje* postojećih sustava s novim mogućnostima,
- *uparivanje* korisnika s određenom pomoćnom tehnologijom.

Iz slike 2. je vidljivo da se CAT model sastoji od četiri komponente koje definiraju sustav pomoćne tehnologije:

1. **Kontekst** - okruženje u kojem se koristi pomoćna tehnologija
2. **Korisnik** - konačni korisnik se nalazi u centru modela

3. **Aktivnosti** - skup aktivnosti u kojima će se koristiti pomoćna tehnologija
4. **Pomoćna tehnologija** - koja će se koristiti



Slika 2. CAT model

Navedene 4 grane CAT modela se granaju na grane sljedeće razine, ovisno o konkretnom slučaju i potrebi. CAT model omogućava kontroliranje složenosti modela. Ovaj model se prikazuje u hijerarhijskoj strukturi poput grananja, vrlo je jednostavno dodati nove grane i učiniti model preciznijim, ili kompleksnijim, ili oduzeti tj. izostaviti grane koji za pojedini slučaj nisu nužne te na taj način učiniti model jednostavnijim te lakše shvatljivim i primjenjivim.

2.3. Upotreba pomoćnih tehnologija u zatvorenim prostorima

Aplikacije za navigaciju u zatvorenim prostorima imaju mnoge mogućnosti ali i rizike. Korisnici nisi toliko spremni instalirati više samostalnih aplikacija. Aplikacije koje spajaju više usluga i različitih objekata imaju veće šanse za instalaciju kod korisnika te s time ostvaraju veću dodatnu vrijednost. Zaštita podataka mora biti uzeta u obzir te osoblje mora biti dobro educirano o primjeni. *Push* poruke moraju se koristiti ekonomično te ne smiju smetati korisnika (engl. *spam*).

2.3.1. Željeznički kolodvor

Moderne željeznički kolodvori moraju zadovoljiti visoke zahtjeve. Naravno da je izuzetno važno da putnici dođu na svoje odredište brzo i sigurno, pogotovo osobe sa smanjenom pokretljivošću.

Prednosti za putnike

Prednosti se vide osobito na dužim putovanjima s više presjedanja. Promjene perona ili kašnjenja više ne uzrokuju toliki stres kada je putnik na vrijeme obaviješten. Aplikacija za terminalni uređaj može ponuditi ažurne stvarno vremenske informacije putem *push* obavijesti. Informacije mogu biti o dolasku, odlasku, rezervacijama, te usmjeravanje prema peronu. Navigacija unutar postaje može biti različita ovisno o dozvoljenom pristupu korisnika. Aplikacija se može proširiti te uputiti korisnika do najbližeg slobodnog parkirnog mjesta, parkiranog vozila ili najbliže stanice javnog prijevoza. Ako postoji višak vremena aplikacija nudi putniku brze načine da pronađe trgovine, restorane, toalet i ostale potrebitosti dok boravi na kolodvoru.

Prednosti za prodavače

Prodavači mogu slati svojim kupcima prilagođene ponude, na temelju odabranih želja, na temelju prethodno posjećenih trgovina ili na temelju vjernosti kupca.

Prednosti za operatere željezničkog kolodvora

Korištenjem aplikacije za analizu lokacije korisnika, operatori dobivaju informacije o kretanju korisnika na kolodvoru, što im omogućuje da vide područja gdje se stvara potencijalna gužva. Na temelju takvih podataka moguće je izraditi mnoge funkcije kako bi se povećala efektivnost kolodvora [22].

2.3.2. Aerodromi

Kada ljudi žele ići na odmor avionom većina njih su puni očekivanja i napetosti. Poslovni putnici žele svesti vrijeme čekanja na minimum i dobro iskoristiti vrijeme čekanja.

Cilj zračnog operatera je ponuditi putnicima ne smetan i ugodan boravak. Trgovine i restorani žele korisnike koji imaju dovoljno slobodno vremena do leta.

Prednosti za putnike

Putnici koji rijetko putuju trebaju podršku u složenim strukturama zračne luke. Započeti odmor što opuštenije nije lako kad su suočeni s nepoznatim okruženjem, ne poznavanjem stranog jezika. Pogotovo ljudi sa smanjenom pokretljivošću imaju posebne zahtjeve. Kada se putnici snalaze u prostoru brzo i efektivno, ostaje im dovoljno vremena da otkriju trgovine i restorane. Trgovci mogu slati obavijesti po mjeri kupca na njihov terminalni uređaj te im mogu slati dodatne ponude poput kupona i akcija. Aplikacija pomaže korisnicima pronaći put do svog parkiranog automobila ili do najbližeg javnog prijevoza. Putnici imaju sve podatke o svom letu te njihov ukrcaj prolazi brzo, te čekanje ukrcaja prolazi opušteno i mirno.

Prednosti za prodavače

Trgovci mogu slati prilagođene obavijesti prema korisničkim terminalnim uređajima. Velike trgovine mogu ugraditi odašiljače u različite predmete na prodaji u cilju praćenja u slučaju krađe ili u cilju poboljšanja logistike.

Prednosti za operatore zračne luke

Operatori mogu koristiti analizu kretanja korisnika unutar aerodroma te poboljšati zadovoljstvo korisnika. Sigurnosno osoblje aerodroma mogu brže detektirati prolazak kroz zabranjena područja te lakše koordinirati prenapučena područja aerodroma.

2.3.3. Sajmovi

Posjetitelji sajmova često dolaze u situacije gdje lutaju kroz sajam, proučavaju kataloge i karte tražeći izlagača koji ih zanima. Organizatori sajma s aplikacijom za unutarnju navigaciju pomažu izlagačima i posjetiteljima da u potpunosti iskoriste sajamsko sudjelovanje.

Prednosti za sajamske organizatore

Cilj organizatora sajma je stvoriti atraktivan događaj kako za posjetitelje tako i izlagače. Aplikacija omogućuje informacije o izlagačima, uslugama prijevoza te okvirnog programa dostupnog posjetiteljima. Prilagođeni sadržaj točno spaja posjetitelje s pravim izlagačima.

Analitika organizatoru daje informacije o tokovima posjetitelja te na temelju analize moguće je odrediti informacije o često posjećivanim mjestima te broju ljudi na određenom području odnosno štandu. Taj alat također daje savjete kako optimizirati rute, npr. u slučaju prenatrpanosti.

Prednosti za izlagače

Izlagači imaju mogućnost da se predstave na mapi područja u sajamskoj aplikaciji uključujući slike, kontakt podatke te opis. Osim toga mogu koristiti lokacijski orijentirani marketing kako bi dobili pozornost odgovarajućih posjetitelja. Analiza tokova posjetitelja omogućava izabrati najbolji položaj.

Prednosti za posjetitelje

Pozicioniranje u zatvorenim prostorima omogućuje posjetitelju da lakše pronađe put do određenog sadržaj. Aplikacije mogu biti personalizirane tako da točno označe štandove na karti koji su zanimljivi za posjetitelja. Moguće je implementirati u aplikaciju intermodalni prijevoz tako da korisniku prikažemo put od kuće do sajma odnosno traženog štanda.

2.3.4. Trgovački centri

Odlazak u trgovačke centre predstavlja veliko iskustvo. Tu je veliki izbor trgovina robom, zabavnih sadržaja, restorana i kafića. Ukratko, trgovački centar pruža raznovrsne usluge zabave, pa je interesu trgovina i samog centra da kupci brzo otkrivaju nove i relevantne sadržaje poput trgovina i restorana. Dobra aplikacija trgovačkog centra poboljšava doživljaj kupovine te povećava prihode. Analiza podataka daje vjerodostojne podatke u vezi posjetitelja te njihovog kretanja.

Prednosti za kupce

Dobra aplikacija trgovačkog centra povećava i poboljšava iskustvo kupovine. Funkcija aplikacije nije samo da prikaže najnovije ponude, točke interesa ili popis trgovine već pruža vođenje korisnika kroz centar na način da mu izračuna najefektivniju rutu s obzirom na njegov odabir sadržaja. Osim toga može preporučiti ponude koje bi mogle biti zanimljive za određenog korisnika, na temelju prošlih kupovina ili odabranom sadržaju.

Prednosti za operatera trgovačkog centra

Za operatera je važno znati da mu je kupac zadovoljan jer na taj način kupac ostaje duže u posjeti centru, obilazi više trgovina i restorana. Aplikacija s unutarnjim pozicioniranjem pomaže korisniku brže i lakše snalaženje trgovačkim centrom te samim time bolje iskustvo kupovine, poput izrade personalizirane rute ili marketinga temeljenog na lokaciji. Kupcu koji je u blizini dućana moguće je poslati ponudu ili kupon na njegov terminalni uređaj. Ovakva informacija je prilagođena kupcu te mu nudi individualnu dodanu vrijednost, umjesto da mu dosađuje neprekidnim oglašavanjem koje ga ne zanima.

Analizom toka korisnika, operator ima mogućnost nadzora te unapređenje toka korisnika kroz centar, poput kontroliranja određenih točaka gdje se stvara potencijalna gužva.

Prednosti za trgovce

Kroz aplikaciju trgovci mogu lako naučiti puno o svojim klijentima:

- koliko je posjetitelja u blizini trgovine u određeno vrijeme
- koliko je posjetitelja ušlo u trgovinu u određeno vrijeme
- kako se kreću unutar trgovine

Osim toga trgovci mogu poticati prodaju tako da ciljano šalju poruke o ponudama i akcijama na korisničke terminalne uređaje koji se nalaze u blizini trgovine.

2.3.5. Uredske zgrade i industrijska područja

Pozicioniranje u uredskim zgradama i industrijskim područjima uvelike pomaže upravljanju te olakšava zaposlenicima i pomože pri izvršavanju zadataka. Daje mogućnost praćenja imovine i osoblja te podržava sigurnosnu službu.

Prednosti za poslodavce i upravu

Omogućava da se u velikim skladištima može odrediti položaj paleta ili vozila pomoću unutarnjeg pozicioniranja s točnošću manjom od metra. Položaji mogu biti prikazani u aplikaciji na terminalnom uređaju ili na web temeljenoj platformi. Moguće je automatsko slanje poruke sigurnosnoj službi kada roba dolazi ili odlazi iz određenog skladišnog prostora. Ove funkcije također mogu biti primijenjene na osoblje ili udaljene lokacije tvrtke. Obje mogu biti integrirane u sustav za kontrolu operacija kako bi se definirali zadaci.

Prednosti za zaposlenike

Aplikacija olakšava rad i socijalni kontakt osoblju koje radi u velikim zgradama, može pokazati put do različitih ureda, soba za sastanke te je moguće vidjeti zauzetost prostora te ujedno rezervirati isti. Zaposlenici mogu dijeliti svoje lokacije te se lakše susresti na sastanku ili pauzi. Daljnje informacije poput radnog vremena, jela u kantini, raspored javnog prijevoza, položaj automobila zaposlenika, uvelike su korisne i štede vrijeme.

2.3.6. Turizam

Turistička industrija mora pronaći nove načine za stjecanje kupaca kako bi ih privukli i povećali marže. Visok pritisak konkurencije i transparentnost cijena utječe na industriju turizma te ih prisiljava da često mijenjaju svoje ponude i cijene. Mobilne aplikacije za pozicioniranje su jedna od mogućnosti da se pružatelj usluge odmakne od konkurencije, poveća prodaju, te prikupi nove korisnike.

Hoteli se moraju prilagoditi korisnicima koji su uvijek na mreži te očekuju prilagođene osobne usluge. Recepcionari mogu iznenaditi svoje goste ako znaju njihove interese, na primjer mogu im ponuditi omiljeno piće dok se prijavljuju u hotel. Osobni podaci mogu se unijeti digitalno putem aplikacije što olakšava i ubrzava proces prijave u hotel samom gostu kao i recepcionaru. Također je moguće primiti poruku dobrodošlice i dodatne posebne ponude.

Turistička odredišta mora ju se suočiti s izazovom da se ističu od konkurencije s naglaskom na individualnost. Aplikacija koja ima pristup interesima posjetitelja (Facebook ili ručni unos) mogu napraviti odgovarajuće ponude tijekom cijelog boravka posjetitelja te mu na taj način pruža nezaboravno iskustvo po mjeri. To može biti prijedlog za izlete, restorane te razne znamenitosti, događanja i muzeje. Odašiljači aplikacije su raspoređeni na raznim mjestima te šalju specifične informacije korisniku koji se nalazi u blizini, poput povijesnih znamenitosti ili raznih događanja.

Muzeji kroz aplikaciju mogu prikazati dodatne informacije i interaktivni sadržaj o eksponatima koji se nalaze u blizini korisnika. Navigacija zatvorenim prostorima posebno doprinosi u velikim muzejima.

3. Bežične tehnologije za navigaciju u zatvorenim prostorima

U ovom ćemo poglavlju analizirati:

- Osnovni pojmovi i algoritmi korišteni prilikom određivanja lokacije
- Analiza sustava i rješenja

3.1. Osnovni pojmovi i algoritmi

Prije nego što se izlože metode i algoritmi, potrebno je navesti i obrazložiti osnovne pojmove vezane uz problematiku lokalnog pozicioniranja.

Različite primjene lokalizacije zahtijevaju različite metode dolaska do informacije o poziciji promatranog predmeta ili objekta. Pozicija u zatvorenom prostoru se može izraziti kao fizička, simbolična, apsolutna i relativna lokacija [13].

1. ***Fizička lokacija*** je točka unutar 2D/3D prostora koja je definirana nekim od brojčanih zapisa.
2. ***Simbolična lokacija*** je pojednostavljen način zapisivanja lokacije
3. ***Apsolutna lokacija*** je proizvoljna referentna mreža položaja svih predmeta unutar prostorije,
4. ***Relativna lokacija*** ovisi o referentnoj mreži koju međusobno uspostavljaju bazne stanice (*Base station,* BS) i mobilne stanice (*Mobile station,* MS) [13].

Kod određivanja lokacije važan je pojam točnosti. Točnost lokalizacijskih sustava je razlika između *izračunate* i *stvarne* lokacije. Točnost je varijabla statističke prirode, pa treba uzeti u obzir srednju vrijednost odstupanja koja ne bi trebala prelaziti specificiranu granicu preciznosti. *Preciznost* je vrijednost koja opisuje koliko dobro sustav radi.

Uz pojam točnosti i preciznosti veže se pojam područja pokrivanja (površine (m^2) ili volumena u (m^3)) koju sustav obuhvaća. Sustav obavlja svoju zadaću u području pokrivanja u granicama specificirane točnosti i preciznosti. Važna je i brzina osvježavanja lokacije, odnosno brzinu kojom računamo lokaciju promatranog predmeta ili osobe. Potrebno je spomenuti i vrijeme autonomije, odnosno koliko je uređaj sposoban vremenski dugo raditi na baterijskom napajanju. Što je veća složenost metode određivanja lokacije to je adekvatno veća i potrošnja baterije uređaja poradi veće složenosti obrade podataka. Osim cijene uređaja, koja

mora uključivati cijenu instalacije i održavanja sustava, u potencijalne troškove upotrebe utječe i mogućnost proširivosti sustava. Važna je jednostavnost dodavanja novog korisnika ili proširenje područja pokrivenosti. Ne smijemo zanemariti niti sigurnost, te privatnost informacije položaja.

Uzimajući u obzir sve prije navedene faktore, LS možemo podijeliti na tri kategorije:

1. Prva podrazumijeva jednu ili više BS koje neprestano šalju signale koji su svojstveni svakoj pojedinoj MS. Ukoliko su lokacije BS poznate i nepromijenjene, MS može uz pomoć algoritama odrediti svoju vlastitu lokaciju. Sustav je siguran jer niti jednom MS ne šalje svoje podatke već ad-hoc izračunava svoju lokaciju. Područje pokrivanja ovisi o položaju BS, a točnost o njihovom broju na pojedinoj površini. Budući da BS moraju biti postavljenje na točno određenim lokacijama, to čini instalaciju složenijom jer zahtijeva mjerenja i razmatranja koje su od njih, unutar određenog prostora, najbolje s gledišta pokrivenosti. Ako se koristi ultrazvuk mora se razmatrati korištenje dodatnog kanala radi vremenske sinkronizacije prilikom slanja signala.

2. Radi uštede na potrošnji energije baterije i složenosti, MS može prebaciti posao izračunavanja lokacije uređaja centraliziranom serveru. U takvoj shemi MS u unaprijed određenim vremenskim razmacima izlazi iz stanja pripravnosti i šalje signal, kojeg zatim BS u najbližoj okolici prima i na temelju njega izračunava lokaciju MS. Takav sustav je nesiguran pošto svatko može osluškivati odaslane signale. Dodatni problem sustava je u mogućnosti interferencije dva ili više izvora signala. Ukoliko bismo htjeli dodati još jedan uređaj koristeći sustav gdje BS primaju odaslane signale moramo koristiti ili točno definirani protokol slanja signala ili neke od metoda dijeljenja vremenskog ili frekvencijskog opsega.

3. Treća kategorija sadrži kooperativne čvorove koji međusobno komuniciraju korištenjem jednog ili više kanala. Uloge BS ili MS nisu točno određene. Niti jedan, od minimalno dva uređaja, ne mora biti fiksiran. Kompleksnost i cijena ovakvih uređaja je veća, ali gubimo i navedene nedostatke ostalih konfiguracija.

3.2. Načela mjerenja

Načelno postoje četiri osnovna principa lokalizacije s obzirom na dolazni signal i to su:

a. triangulacija (određivanje udaljenosti),
b. analiza prostora,
c. određivanje lokacije neposrednom blizinom,
d. vizualna lokalizacija.

Svaki od ovih principa ima svojih prednosti i mane.

a) Određivanje udaljenosti

Položaj korisnika ili uređaja određujemo Triangulacijom koristeći geometrijska načela trokuta. Do lokacije objekta možemo doći na dva načina:

- izračunavajući udaljenosti pojedinih izvora (odašiljača) od MS ili
- određivanjem smjera dolaska, odnosno, kuta signala.

Udaljenost izvora od senzora možemo izračunati na nekoliko načina. Ukoliko nam je poznato vrijeme slanja i dolaska signala te brzina širenja signala kroz promatrani medij, do udaljenosti možemo doći jednostavnom operacijom množenja razlike vremena (*Time of Flight* TOF) i brzine širenja signala. Za lokalizaciju u 2D prostoru potrebna su nam tri referentna izvora signala. Metoda vremena dolaska signala (*Time of Arrival* TOA) ima dva nedostatka:

- svi uređaji uključeni u lokalizaciju moraju imati sinkronizirane interne satove,
- signal mora:
    - sadržavati zapis kada je signal zapravo odaslan, ili
    - koristiti sekundarni kanal za signaliziranje istoga.

Metoda vremenske razlike dolaska signala (*Time Difference of Arrival* TDOA) otklanja potrebu za sinkronizacijom. TDOA metodom određujemo lokaciju objekta uspoređujući vremenske razlike dolaska signala iz dvaju izvora. Na ovaj način dobivamo TDOA vrijednost koja nije ovisna o kašnjenju dolaznih signala. Preduvjet je da su sve BS početno sinkronizirane i da koriste isti oblik signala koji šalju. Osim povećane procesorske moći, nikakvi dodatni uvjeti nad MS nisu potrebni [14].

Svaka od dvije prije navedene metode zahtjeva donekle ostvarenu optičku vidljivost (*Line of Sight* LOS) između BS i MS što je teško postići unutar zatvorenog prostora. Problem korištenja signala je više-stazno širenje, odnosno refleksije od zidova ili predmeta u okolici. U takvim uvjetima nećemo biti sigurni u vrijeme i kut dolaska primljenog signala pa će nam određivanje točne lokacije biti otežano. Kao bolje rješenje možemo koristiti metodu određivanja jačine signala (*Recieved Signal Strength* RSS). Udaljenost izvora signala

određujemo prema prigušenju primljenog signala korištenjem empirijskih i teorijskih modela. Nedostatak ove metode je upravo točnost modela kojeg koristimo i oni su najčešće ovisni o razmještaju prostorija i predmeta u njima. Koristimo razne matematičke metode kojima se traži najbolja moguća procjena modela promatrane površine.

Potpuno uklanjanje potrebe za sinkronizacijom između MS i BS moguće je korištenjem metode povratnog signala (*Roundtrip Time of Flight* RTOF). Način mjerenja je isti kao u slučaju TOA, ali sada se primjenjuje se u oba smjera. MS primljeni signal vraća prema BS. Ako se za vrijeme promatranja pozicija uređaja nije promijenila možemo izračunati udaljenost dijeleći ukupno vrijeme na pola. Potrebno poznavati vrijeme od trenutka kada MS primi signal do trenutka kada ga pošalje. Pošto se tu radi o brzini izvršavanja instrukcija na MS možemo reći da je vrijeme determinističkog oblika.

Moguća metoda određivanja udaljenosti je i točno mjerenje faze signala. Ako svi BS šalju signal sinusnog oblika s nultom fazom moguće je izračunati udaljenost iz razlike faze. Metoda u zatvorenom prostoru i nije od prevelike koristi jer zahtjeva ostvarenu optičku vidljivost LOS i, ukoliko nije ostvarena, metoda je neupotrebljiva.

Za određivanje položaja objekta u 2D prostoru potrebna su nam samo dva izvora, ukoliko znamo kut pod kojim je odaslani signal došao. Usmjereni senzori ili niz senzora odnosno antena, potrebni su nam za određivanje kuta dolaska signala, ukoliko koristimo radijske valove. Određivanjem kuta dolaska signala (*Angle of Arrival* AOA) ne moramo se baviti s vremenskim kašnjenjima i sinkronizacijom BS i MS. Ali, imamo složeniju izvedbu sustava i teže određivanje položaja sa što većom udaljenošću.

b) Analiza prostora

Ova metoda sadržava pasivno snimanje snaga primljenih signala u pojedinim dijelovima prostora (*Received Signal Strenght,* RSS). Sastoji se od dva koraka, *pasivnog* i *aktivnog*. U pasivnom dijelu stvara se slika prostorije te se bilježe snage signala i njihove lokacije. Na taj način se gradi model i predviđa distribucija jakosti signala u promatranom prostoru. Koriste se:

- probabilistički modeli,
- neuronske mreže,
- klasificiranje prema najsličnijem obliku koristeći k-*nearest neighbour* (kNN) algoritam.
- algoritam ili metode potpornih vektora (*Support Vector Machine* SVM).

Aktivan uređaj, uz pomoć primljenog signala i prije izgrađenog modela, pokušava izračunati točnu lokaciju. Ova se metoda primarno koristi za radijske signale.

c) Određivanje neposrednom blizinom

Algoritmi za određivanje neposrednom blizinom daju kao rezultat *simboličnе* i *relativne* lokacije. Ovaj način zahtjeva gusti skup senzora postavljenih prema prije definiranom rasporedu. Kad senzor primi signal od MS smatra se da je uređaj upravo najbliži njemu. Ovu metodu je relativno jednostavno implementirati koristeći radio frekvencijsku identifikaciju (RFID) ili infracrvene senzore.

d) Vizualna lokalizacija

Ovaj tip lokalizacije koristi određivanje pozicije objekta iz slike dobivene iz jednog ili više izvora. Sustavi su općenito implementirani pomoću jedne ili više kamera. Slike se u realnom vremenu analiziraju i uspoređuju s razvijenim modelom pokreta ili stanja. Ovakav tip lokalizacije je praktični i ugodan korisniku pošto se od njega ne zahtijeva nikakva dodatna aktivnost.

3.3. Analiza sustava i rješenja

Razlikujemo dva osnovna pristupa prilikom projektiranja lokalizacijskog sustava.

1. Razvoj vlastite infrastrukture, od BS do MS te definiranja protokola lokalizacije. Korisnik može prilagoditi ovakav tip sustava svojim potrebama, što možemo smatrati prednošću. Prilikom projektiranja koristimo odabrana fizička načela lokalizacije koja su najbolja za potrebnu namjenu, što nam omogućava povećanu točnost i preciznost, a i samu pouzdanost sustava.
2. Korištenje već prije postavljenje infrastrukture. Ovaj sustav se koristi kod WLAN (*Wireless Local Area Network)* tehnologije i metode analize prostora gdje je izražena potreba za inteligentnijim algoritmima radi kompenzacije povećane greške prilikom procesa lokalizacije.

3.3.1. Infracrveno zračenje

Jedni od prvih sustava za pozicioniranje ovakvog oblika, ujedno su i najrašireniji, su sustavi koji koriste infracrveno zračenje. Infracrveno zračenje nam omogućava izračunavanje

vrlo točnih pozicija objekata. Odašiljači su mali, jeftini i ne troše puno energije. Nedostaci ovog pristupa su:

- Zračenje ne prolazi kroz zidove.
- Za rad sustava potrebna je izravna optička vidljivost LOS.
- Infracrveni senzori imaju i svoje granice osjetljivosti koju narušavaju drugi izvori infracrvenog zračenja, kao što su sunce ili fluorescentne žarulje. Problem se rješava optičkim ili elektroničkim filtrima, što povećava cijenu i složenost izvedbe.

Cijena cijelog sustava lokalizacije je razmjerno visoka, prvenstveno zbog ugrađenih senzora. Želimo li osigurati optičku vidljivost LOS na svakoj poziciji unutar prostora, potreban nam je veliki broj senzora. Svi senzori, dakako, moraju biti umreženi. Teško je u svakom trenutku osigurati LOS pa sustav, na primjer, može prestati raditi ako se izvor zračenja zakloni dijelom odjeće ili tijela.

3.3.2. RFID tehnologija

Jedna od dostupnijih tehnologija za lokalizaciju jest RFID. To je tehnologija koja uz pomoć bliskih elektromagnetskih polja prenosi informacije. RFID značke mogu biti aktivne ili pasivne. Pasivne ne sadrže nikakvo napajanje i služe kao zamjena tradicionalnog barkoda. Značke reflektiraju primljeni signal moduliran u ovisnosti o pohranjenoj informaciji [8, 9]. Iako su značke jeftine, njihov doseg je ograničen, od 1-2 m. Aktivne značke za razliku od pasivnih sadrže baterijsko napajanje i antene te imaju veći domet, do desetak metara. Zbog relativno male mase i dimenzija RFID tehnologija se ne koristi isključivo za LPS, već i za jedinstvenu identifikaciju predmeta i ljudi. Ipak, nedostatak tehnologije leži u činjenici da zahtijeva veliki broj infrastrukturnih komponenti koje se moraju održavati. Postoje nekoliko rješenja s aktivnim značkama. Primjerice LANDMARC i *SpotOn* su sustavi koji koriste analizu prostora te rasprostranjenost snage signala kako bi odredili poziciju. Za razliku od njih postoji i sustav *WhereNet* koji koristeći TDOA vrijeme izračunava lokaciju promatranog objekta u stvarnom vremenu.

3.3.3. Wireless Local Area Network

WLAN Popularnost i dostupnost WLAN (*Wireless Local Area Network*, WLAN) tehnologije nije potrebno posebno isticati. Kada se koristi WLAN kao sustav pozicioniranja, imamo jedinstvenu prednost u činjenici da je infrastruktura odašiljača već prije uspostavljena.

Teško je u današnje vrijeme ne naići na jednu ili više WLAN mreža na javnim prostorima kao što su bolnice, kolodvori ili fakulteti. Nedostatak je, naravno, maksimalna točnost koju možemo ostvariti takvom infrastrukturom, s obzirom da na WLAN signal utječe niz faktora poput usmjerenja ljudskog tijela, smetnji većeg broja WLAN uređaja, refleksija od zidova i predmeta itd. Tako je tipična točnost pozicioniranja u rasponu od 3 do 30 [m], s učestalosti osvježenja lokacije od nekoliko sekundi. Većina ovakvih sustava pozicioniranja upotrebljava metodu analize prostora, što ih čini složenijim za implementaciju. Što je veći broj korisnika i zagušenost prostora isprekidanim signalom, to je veća složenost modela koji opisuje promatrani prostor. RADAR i COMPASS su primjeri takvih sustava. RADAR pokušava odrediti najbliži izvor signala na sličan princip kao što postupa i modeliranje prostora kNN metodom. Točnost ovog sustava je iznosi od 2-3m u 50 % slučajeva. Poboljšane verzije sustava mogle su pozicionirati MS u rasponu od 9m u 90% slučaja. COMPASS sustav također temelji svoju funkcionalnost na metodi analize prostora, ali potpomognut s digitalnim kompasom kako bi se djelotvorno mogao odrediti svoj smjer s obzirom na dolazne signale. Ipak, ovaj sustav nije namijenjen određivanju položaja više korisnika pa je kao takav ne proširiv.

Zanimljivi doseg je postigao Ekahau sustav. On također koristi postojeću WLAN infrastrukturu neprekinuto prateći stanje WLAN signala i praćenih predmeta u 2D prostoru. Za razliku od ostalih, ovaj sustav koristi triangulaciju mjerenjem RSS-a. U slučaju tri ili više WiFi odašiljača ovaj sustav može doseći točnost do 1m. Jedno od inventivnih implementiranih rješenja u ovom sustavu su MS koji počinju odašiljati svoj signal jedino ako su u pokretu. Koristeći ovaj oblik štednje energije moguće je ostvariti trajanje baterije do 5 godina.

3.3.4. *Bluetooth*

Vrijedno je spomenuti i *Bluetooth*. To je tehnologija koja je relativno dostupna i niske je cijene. Gotovo svaki komunikacijski uređaj ili prijenosno računalo ima integrirani *Bluetooth* modul u sebi. Ipak, osim uobičajenih nedostataka lokalizacije putem radio signala sustav temeljen na ovoj tehnologiji može maksimalno pružiti točnost od 2-3m, s vremenom osvježavanja lokacije od 30s [14].

Koristeći niz senzora koji detektiraju zvuk, tlak, temperaturu, akceleraciju itd. možemo odrediti prisutno osobe ili predmeta u neposrednoj blizini. Postoje i rješenja koja prate broj

koraka korisnika i smjer kretanja. Zajedno uz korištenje ZigBee platforme ili specijaliziranih čipova za radio frekvencijsku komunikaciju, kao što su TI CC2420 mogu se doseći točnost od 20-30 cm . Isto tako, koristeći neke naprednije obrade podataka i senzore smještene u cipeli možemo odrediti poziciju osobe . Iako su senzori jeftini i lako dostupni, postavlja se pitanje točnosti i pouzdanosti rada ukoliko se neprestano koriste što dovodi do akumulacije greške raznih izvora podataka [15,16].

Moguće je koristiti i magnetna polja u svrhu lokalizacije. Pružaju visoku točnost i nemaju poteškoća prilikom neostvarenog LOS uvjeta. Senzori su mali, izdržljivi i jeftini, ali imaju ograničeno područje djelovanja i osjetljivosti. Dodatna istraživanja su potrebna kako bi ova tehnologija zaživjela [17].

Tablica 1. Usporedba karakteristika pomoćnih tehnologija [23]

	WIFI	BLE	RFID	NFC
Točnost do 10cm	Ne podržava	Relativno podržava	Podržava	Podržava
Točnost do 2m	Ne podržava	Podržava	Podržava	Ne podržava
Točnost do 20m	Relativno podržava	Podržava	Relativno podržava	Ne podržava
Točnost na više od 20m	Podržava	Podržava	Ne podržava	Ne podržava
Prijenos podataka u oba smjera	Podržava	Ne podržava	Relativno podržava	Podržava
Siguran prijenos podataka	Podržava	Podržava	Relativno podržava	Podržava
Vanjsko napajanje	Ne podržava	Podržava	Podržava	Relativno podržava
Potrebna konekcija	Ne podržava	Podržava	Podržava	Relativno podržava
Prihvatljiva cijena	Podržava	Podržava	Podržava	Relativno podržava

Tablica 1. prikazuje neke od karakteristika bežičnih pomoćnih tehnologija te njihovu komparaciju.

4. *Bluetooth Low Energy* - BLE

Tehnologija *Bluetooth* je standard bežične komunikacije koji se koristi za razmjenu podataka na manjoj udaljenosti. Razvijen je 1994. godine u Ericssonu, a 1998. godine Ericsson, IBM, Intel, Nokia i Toshiba osnivaju posebno tijelo, *Bluetooth Special Interest Group* (SIG). Uloga nadležnog tijela je unaprjeđenje standarda, ispravna implementacija i licenciranje tehnologije *Bluetooth*.

Glavne odlike tehnologije *Bluetooth* su:

- niska cijena uređaja,
- mala potrošnja energije,
- mali domet,
- robusnost,
- korištenje na globalnoj razini.

Bluetooth omogućava brzinu prijenosa cca 1 Mbit/s te koristi nelicencirani frekvencijski pojas od 2.4 do 2.485 GHz, odnosno koristi ISM područje (engl. *Industrial, scientific and medical*) koje je frekvencijski usklađeno na globalnoj razini. Uz to, *Bluetooth* nudi

- radijsku vezu prema drugim sustavima,
- međusobnu kompatibilnost uređaja različitih proizvođača,
- komutaciju paketa i kanala.

Sredinom 2010. godine *Bluetooth* SIG objavljuje verziju *Bluetooth* 4.0 koja ukljucuje:

- *Classic Bluetooth*,
- *Bluetooth high speed* i
- *Bluetooth low energy* protokole.

Bluetooth low energy (BLE), poznat i pod nazivom *Bluetooth Smart*, je optimizirana tehnologija koja ima veoma nisku potrošnju energije. Glavne odlike ove tehnologije su

- mogućnost višegodišnjeg rada s malim izvorom energije (poput *button-cell* ili AAA baterije),
- mala veličina,
- niska cijena,
- kompatibilnost sa mobilnim uređajima, tabletima i računalima.

Za ugradnju tehnologije BLE u uređaje Bluetooth 4.0 specifikacija uvodi dva načina rada:

- *single-mode* - obuhvaća integraciju samo BLE funkcionalnosti u kontrolor,
- *dual-mode* - omogućava integraciju BLE funkcionalnost u standardni *Bluetooth* kontrolor.

Proizvođači uređaja imaju na raspolaganju te dvije opcije, no uređaji sa single-mode načinom rada ne mogu komunicirati sa uređajima koji koriste klasični *Bluetooth* protokol.

Većina mobilnih uređaja proizvodi se danas s podrškom za standardni *Bluetooth* i za BLE. U uređaje se ugrađuje *Bluetooth* mikrokontroler sa *dual-mode* načinom rada. Mobilni operacijski sustavi koji trenutno podržavaju BLE su:

- Android 4.3 i noviji
- i OS 5 i noviji
- Windows Phone 8.1 i noviji
- Blackberry 10

BLE nije i ne pokušava biti optimizirana verzija klasične *Bluetooth* tehnologije. Nove predviđene primjene su u zdravstvu, trgovini, turizmu, sportu, mjerenju udaljenosti i druge.

Tehničke značajke *Bluetooth Low Energy* tehnologija temelje se na *Generic Attribute Profile* (GATT) specifikaciji.

BLE profili su posebne specifikacije koje definiraju servise koji se koriste u određenim scenarijima. Od proizvođača konkretnih uređaja se očekuje da zadovolje određeni profil kako bi se osigurala međusobna kompatibilnost između raznih uređaja (npr. ako uređaj koji prati krvni tlak osobe zadovoljava HRP profil svi uređaji mogu uniformno čitati njegove servise). Popularniji standardizirani profili su:

- HRP (*Heart Rate Profile*) - određuje način povezivanja i interakcije sa senzorom rada srca
- GLP (*Glucose Profile*) - određuje način povezivanja i interakcije sa senzorom koji mjeri razinu glukoze u krvi osobe
- BLP (*Blood Pressure Profile*) - određuje način povezivanja i interakcije sa senzorom koji mjeri krvni tlak osobe
- HTP (*Health Thermometer Profile*) - određuje način povezivanja i interakcije sa termometrom
- FMP (*Find Me Profile*) - određuje ponašanje gdje pritisak gumba na jednom uređaju šalje obavijest drugom uređaju
- PXP (*Proximity Profile*) - omogućava praćenje udaljenosti između dva uređaja

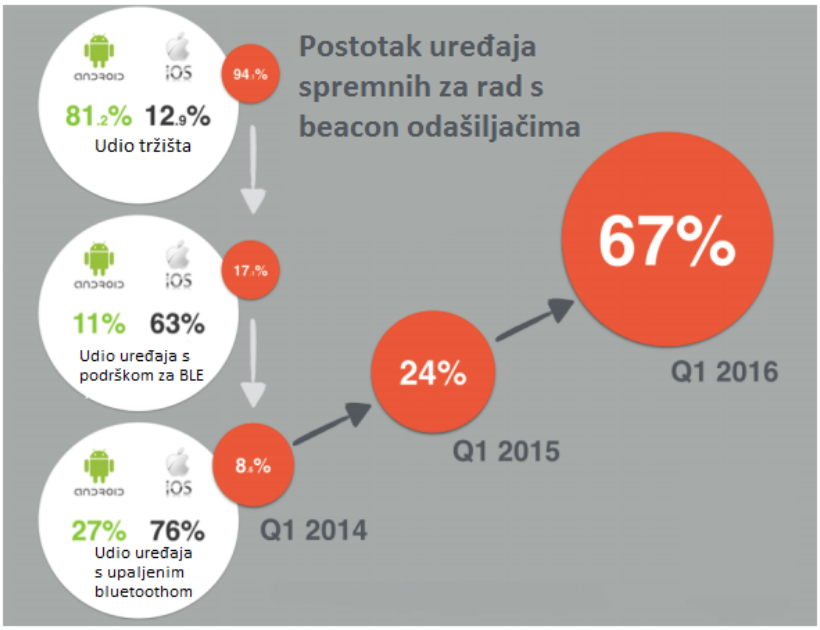
- LNP (*Location and Navigation Profile*) - određuje način povezivanja i interakcije sa senzorom navigacije.

Ostali profili mogu se naći na službenim Bluetooth stranica. Svi BLE profili su određuju na temelju GATT specifikacije.

Specifikacija GATT definira način na koji se šalju i primaju podaci kratke duljine (često zvani atributi) preko BLE veze. GATT koristi *Attribute* protokol (u daljnjem tekstu ATT) koji ima sličnu funkcionalnost kao i protokol SDP (engl. *service discovery protocol*) kod standardnog Bluetootha, samo što je optimiziran i pojednostavljen za korištenje u uređajima male potrošnje.

GATT definira na koji način su ATT atributi grupirani tako da čine konkretne servise. Bitni koncepti kod GATT specifikacije su:

- Klijent uređaj koji pokreće komunikaciju te šalje zahtjeve i prima odgovore (npr. mobilni uređaj ili računalo).
- Poslužitelj (server) uređaj koji prima zahtjeve i šalje odgovore (npr. senzor temperature ili Beacon odašiljač).



Slika 3. Postotak pametnih terminalnih uređaja spremih za rad s beacon odašiljačima

SDP (klasični *Bluetooth*) i ATT (*Bluetooth Low Energy*) protokoli omogućavaju uređajima da međusobno saznaju koje servise podržavaju i koje parametre trebaju koristiti pri stvaranju veze podataka.

Tablica 2. Usporedba *Bluetooth* tehnologija [23]

Tehničke specifikacije	Klasična *Bluetooth* tehnologija	BLE Tehnologija
Područje dosega (max)	100m	50m
Brzina prijenosa podataka	1-3 Mbit/s	1 Mbit/s
Propusnost za aplikacije	0.7-2.1 Mbit/s	0.27 Mbit/s
Sigurnost	56/128-bit te sloj aplikacije koju definira korisnik	128-bit AES
Metoda prijenosa	AfFH Brza adaptivno skakanje frekvencija, FEC *Forward error control*, brzi ACK (potvrda zaprimanja)	AFH adaptivno skakanje frekvencija Spori ACK (potvrda zaprimanja 24- bit CRC ciklička provjera redundancije 32-bit MIC provjera integracije poruke
Latencija (od stanja ne povezanosti	Oko 100 ms	Oko 6 ms
Vrijeme slanja podataka	Oko 100 ms	Oko 6 ms
Topologija mreže	Razgranata	Razgranata
Potrošnja energija	1 kao jedinica reference	0.01 do 0.5 ovisno o uporabi
Najveća potrošnja energije	<30 mA	<15mA
Primarna uporaba	Mobilni terminalni uređaji, računala, slušalice, audio *streaming*, autoindustrija, sigurnost i aproksimacija, zdravstvo, sport i fitness...	Mobilni terminalni uređaji, računala, satovi, automatizacija, kućanski uređaji, zdravstvo, industrija, autoindustrija, sigurnost i aproksimacija

Servis Kolekcija povezanih karakteristika koje zajedno čine nekakvu funkciju (npr. *Health Thermometer* servis uključuje karakteristike za vrijednost temperature, interval čitanja i mjernu jedinicu temperature). Svaki servis može imati proizvoljan broj karakteristika.

Karakteristika je vrijednost koja se izmjenjuje između klijenta i poslužitelja (npr. krvni tlak osobe ili trenutno stanje baterije). Svaka karakteristika može imati proizvoljan broj opisnika.

Opisnik je vrijednost koja pobliže opisuje neku karakteristiku (npr. minimalna i maksimalna vrijednost karakteristike ili mjerna jedinica karakteristike).

Slika 3. prikazuje postotak terminalnih uređaja spremnih za rad s *beacon*-ima. U 2016 godini skoro 70% terminalnih uređaja imat će uvjete za povezivanje i korištenje *beacon*-a.

Postoje neke temeljne razlike između varijanti *Bluetooth* tehnologije, tablica 2. prikazuje neke najvažnije.

4.1. Funkcionalnosti Beacon uređaja

Odašiljači *Beacon* su jeftini uređaji, niske potrošnje energije. Obavještavaju obližnje uređaje o svojoj prisutnosti korištenjem tehnologije BLE. Obližnji uređaji (mobilni uređaji i tableti) se mogu pretplatiti na obavijesti (notifikacije) odašiljača te mogu primati razne sadržaje (tekst, slike ili URL adrese, ...) od njih. Tehnologiju iBeacon patentirala je američka multinacionalna korporacija Apple Inc. 2013. godine

Neki od zanimljivih načina primjene tehnologije iBeacon su u:

- bolnicama
- muzejima,
- trgovinama,
- prosvjetnim ustanovama, i sl,

gdje se sadržaj mijenja ovisno o položaju u prostoriji.

Na primjer, posjetitelj muzeja može primiti (na mobilni uređaj ili tablet) sadržaj o objektu kojega trenutno promatra (npr. informacije o skulpturi ili slici). Osoblje muzeja može pratiti frekvenciju zanimanja posjetitelja, koji su objekti najgledaniji i slično.

U bolnici liječnik može na prijenosni tablet dobiti sve podatke o pacijentu, povijesti bolesti i trenutnu dijagnozu, kada se približi pacijentovoj sobi ili krevetu.

U trgovini se može ponuditi kupcu obavijesti o predmetima na popustu u blizini i slično. Također, *beacon* odašiljači se mogu iskoristiti i kao sustav beskontaktnog plaćanja poput NFC tehnologije.

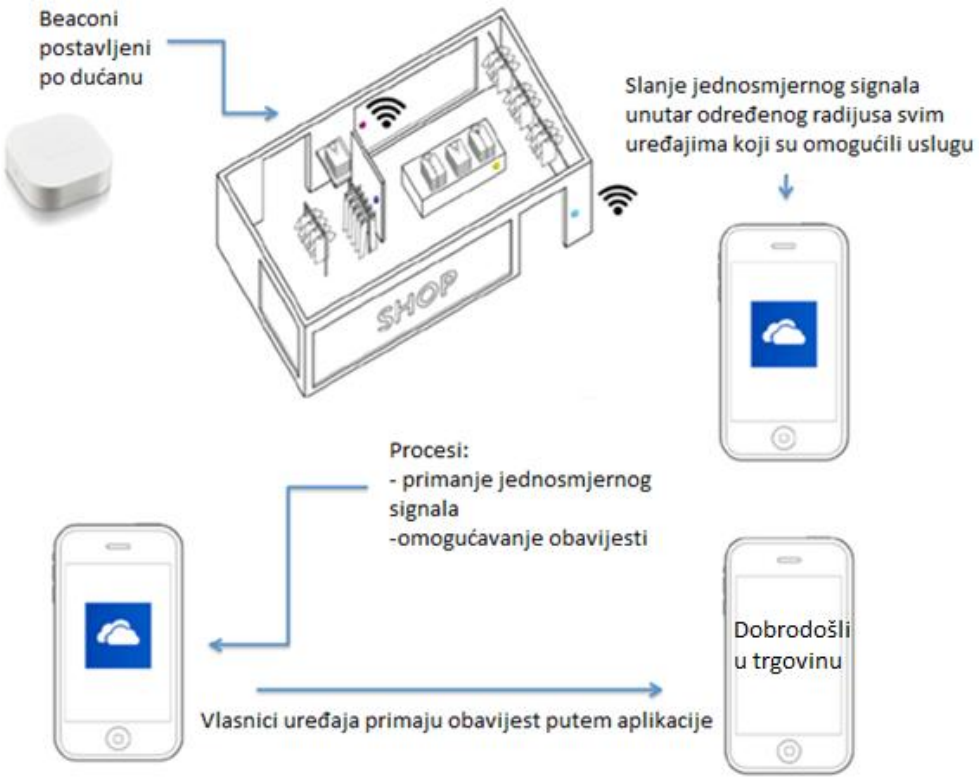
Ovo su samo jednostavni i općeniti primjeri gdje se *beacon* tehnologija može ugraditi u proces institucije, a broj načina korištenja tehnologije je ogroman.

Beacon uređaj moguće je konfigurirati da se informacija šalje kad se uređaj približi odašiljaču na određenu udaljenost. Pri tome su definirana tri parametra udaljenosti:

- neposredna (*immediate*), do nekoliko centimetara,
- mala (*near*), do nekoliko metara,
- velika (*far*) udaljenost, iznad deset metara.

Ove vrijednosti su približne jer ovisno o stvarnim uvjetima u kojima su odašiljači postavljeni signal može dosta varirati pa precizne vrijednosti nisu upotrebljive.

Beacon tehnologija je relativno nova i detaljne specifikacije nisu dostupne. Proizvođači odašiljača *Beacon* otkrili su inženjeringom značajan dio *Beacon Bluetooth* profila. Kada je Apple predstavio tehnologiju iBeacon objavili su aplikaciju AirLocate pomoću koje se iPhone ili iPad, koji podržavaju BLE, može ponašati kao odašiljač iBeacon. Pomoću iste aplikacije moguće je podesiti parametre odašiljača. Kombinacijom te aplikacije pokrenute na nekom iPhone ili iPad uređaju i uređaja koji može snimati *Bluetooth Low Energy* pakete.



Slika 4. Prikaz jednostavnog rada *beacon* uređaja

4.2. Beacon odašiljači

Mogućnosti *Beacon* odašiljača:

- Marketing u neposrednoj blizini - *Beacon* odašiljači odašilju informacije koje mogu biti dostavljene na terminalni uređaj kao *push* poruke na ekranu ili dostavljene za daljnje procesiranje od strane aplikacije koja razmjenjuje podatke sa serverom.

-Mikro lokacijsko ciljanje - mogućnost slanja različitih ponuda baziranih na lokaciji korisnika

-Marketing prilagođen korisniku - mobilni terminalni uređaji spojeni na *beacon* odašiljače primaju informacije te ih šalju na privatnu *could* baziranu aplikaciju koja dostavlja informacije prema prethodno unesenim korisničkim zahtjevima i željama.

- Kartografija unutarnjih prostora - navigacija kroz velike zatvorene prostore poput aerodroma, garaža, trgovačkih centara...

- Osobno navođeno turističko razgledavanje - znamenitosti na određenom području imaju *beacon* odašiljače koji odašilju sadržaj korisniku koji se nalazi na istom području [18].

- Otvaranje aplikacija - kad terminalni uređaj dođe u područje pokrivanja *beacona* otvara aplikaciju/ izvršava akciju predviđenu na lokaciji.

Najveći i primarni zadatak je interferencija s obzirom da se radi o tehnologiji koja se koristi u zatvorenim prostorima. Njihovo odašiljanje podataka vrlo lako može biti interferirano od strane mikrovalnih pećnica te digitalnih bežičnih kućnih telefona.

Izazovi nisu rijetki te uključuju ponašanja koja mogu biti neočekivana poput:

- aplikacija može detektirati 2 odašiljača te prebacivati signal s jednog na drugi
- aplikacija može prebacivati s jedne na drugu lokaciju misleći da je blizu pa daleko od odašiljača
- aplikacija može izgubiti konekciju s odašiljačem
- moguće je kašnjenje informacija
- aplikacija radi drugačije kad je upaljena u odnosnu na pozadinski rad, moguće je da ne detektira odašiljač

- Kada koristimo odašiljače u kombinaciji s *could* serverom da bi procesirali podatke, stavljamo korisnika u poziciju da treba WLAN ili mobilni pristup internetu, što povećava troškove korisnika

Beacon odašiljači koriste se na sljedeće načine:

- direktno sa *beacon* uslugom na mobilnom terminalnom uređaju,

- direktno sa aplikacijom koja ima pristup BLE protokolu,

- direktno s aplikacijom koja komunicira s *cloud* uslugom,

- direktno putem internet pretraživača te *cloud* usluge [18].



Slika 5. Ciklus slanja i primanja informacija *beacon* odašiljača

Slika 5. prikazuje kronološki ciklus primanja i slanja informacija od *beacon* odašiljača. Korisnik na svome terminalnom uređaju pomoću *Bluetooth* tehnologije traži *beacon* odašiljače u blizini, nakon što se upare aplikacija na mobilnom terminalnom uređaju šalje podatke prema serveru. Server pretražuje *beacon* bazu te na temelju identificiranja *beacona* vraća podatke s baze gdje se nalazi sadržaj, server potom šalje sadržaj korisniku odnosno terminalnom uređaju. Jedni od najpoznatiji modela *beacon* odašiljača prikazani su slikom 6. U tablici 3. imamo preglednu usporedbu prednosti i nedostataka *beacon* odašiljača.

Tablica 3. Prednosti i nedostaci *beacon* tehnologije

Prednosti	Nedostaci
Jednostavna instalacija *beacon* odašiljača	Korisnici moraju posjedovati terminalne uređaje koji koriste *Bluetooth* 4.0 ili jači
***Beacon* odašiljači dostavljaju točne informacije u neposrednoj blizini**	Korisnički terminalni uređaj mora imati operativni sistem koji podržava BLE komunikaciju
***Beacon hardware* je prihvatljive cijene**	*Bluetooth* na terminalnom uređaju mora biti ručno uključen od strane korisnika
***Beacon* odašiljač najčešće radi na baterije te vijek trajanja može biti i do nekoliko godina, ovisno o konfiguraciji**	Aplikacije moraju biti omogućene za rad s *beaconima* od strane programera te tima za sigurnost
***Beacon* odašiljači mogu biti vrlo mali i diskretni**	Aplikacije moraju biti dizajnirane da izbjegnu pretjerane obavijesti
Neki mobilni terminalni uređaji mogu biti konfigurirani da posluže kao *beacon* odašiljači	Ukoliko aplikacija nije dobro kodirana postoji mogućnost da će trošiti velike količine baterije korisničkog terminalnog uređaja



Slika 6. Primjeri *beacon* odašiljača

5. Lokacija i navigacija zatvorenim prostorima za osobe s oštećenjima

Prema izvješću Svjetske zdravstvene organizacije, u kolovozu 2014 godine bilo je oko 285 milijuna ljudi koji su bili slabovidni diljem svijeta. Među njima je 39 milijuna slijepih i 246 milijuna slabovidnih.

Ljudi s teškim oštećenjima vida često se oslanjaju na štap ili psa vodiča. Iako su ta navigacijska pomagala korištena stotinama godina i dalje predstavljaju izazov u navigaciji slijepih i slabovidnih osoba.

Pružanje učinkovitih navigacijskih alata slijepim i slabovidnim osobama doprinijet će značajno u sljedeća tri aspekta:

- smanjenje nekih od patnji kojima se slijepi i slabovidni svakodnevno suočavaju

- veliki napredak u životu te samostalnosti slijep i slabovidnih

- promicanje zapošljavanja u korist društva koje će u potpunosti moći iskoristiti talente i sposobnosti tog dijela stanovništva

Moderne zgrade poput aerodroma, trgovačkih centara, bolnica i stambenih zgrada postaju sve složeniji. Često puta složenost u strukturnom rasporedu pojedinih građevina toliko je visoka da čak i ljudi s normalnim vidom znaju zalutati i izgubiti se. Za razliku od ljudi s normalnim vidom koji se koriste raznim znakovima, oznakama, pomažu kartama i GPS uređajima slijepi i slabovidni nisu u toj mogućnosti.

Da bi riješili problem navigacije u zatvorenim prostorima za slijepe i slabovidne, znanstvenici su razvili brojne metode. Iako je većina tih metoda vrlo učinkovito i korisno često su neprikladne za dnevnu uporabu zbog složenosti u radu i veličine sustava. Osim ovih problema, neki sustavi zahtijevaju definiranu infrastrukturu, što može biti skupo i teško provesti na određenim lokacijama kao što su bolnice i zgrade koje imaju stroge zahtjeve za maksimalna elektromagnetska polja.

5.1. Prijedlog sustava za lokaciju starijih i nemoćnih koristeći *Beacon* odašiljače

Na temelju dobivenih rezultata ankete projekta „Istraživanje mogućnosti primjene koncepta IoT za poboljšanje kretanja slijepih i slabovidnih osoba prometnom mrežom“

Fakulteta prometnih znanosti primjećujemo kako postoje korisnici zainteresirani u upotrebu pomoćnih tehnologija s ciljem podizanja kvalitete života. Između ostalih ispitanika anketu je ispunilo i stotinjak umirovljenika koji žive u domovima za starije i nemoćne grada Zagreba. Ovaj prijedlog sustava ima za cilj povećati kvalitetu života korisnika domova za starije i nemoćne kao i olakšati rad djelatnika doma [26].

Ideja je postaviti *beacon* odašiljače unutar doma te korisnicima s odgovarajućim pametnim terminalnim uređajima instalirati aplikaciju za navođenje i informiranje. Aplikacija bi bila optimizirana za slijepe i slabovidne te bi imala mogućnost slanja i primanja različitih obavijesti (ručak je gotov, popijte lijekove, došla Vam je posjeta, SOS poziv...) Sustav je također koristan osoblju jer omogućava brži i lakši pronalazak korisnika unutar doma a time povećava sigurnost.

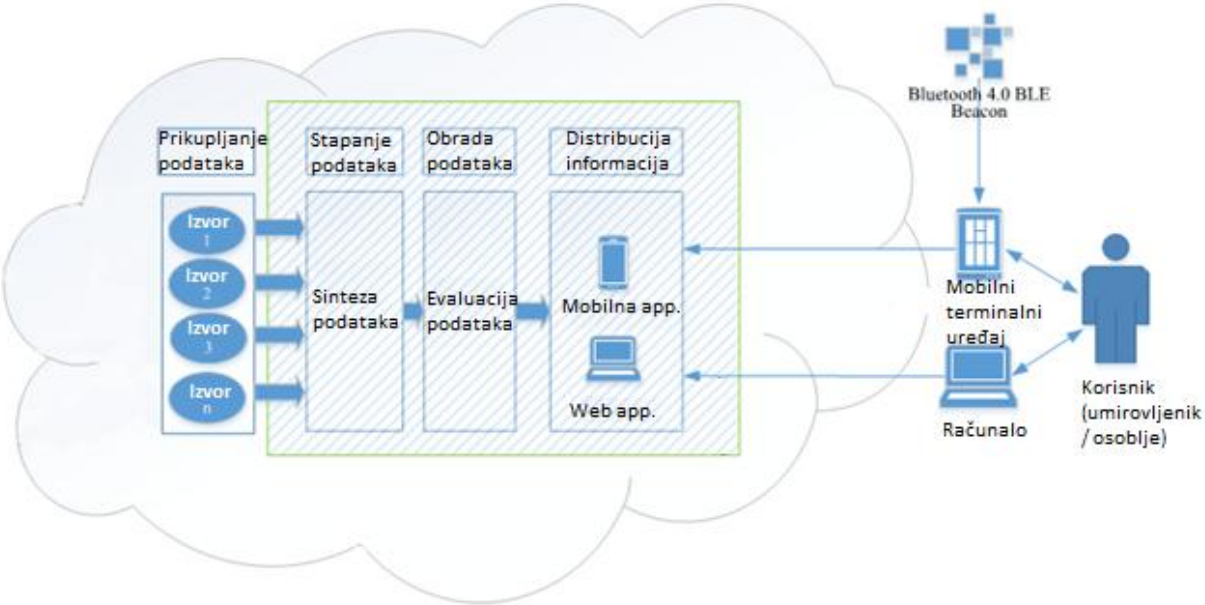
Arhitektura sustava temeljila bi se na *Bluetooth* tehnologiji te bi imala sljedeće komponente:

- *Beacon* odašiljači

- Mobilni terminalni uređaji

- Računala

- *Cloud* (Serveri, mobilna aplikacija, web aplikacija)



Slika 7. Arhitektura sustava

Slika 7. prikazuje prikupljanje podataka od više različitih izvora, sintezu i evaluaciju istih, te slanje informacija skrojenih točno za potrebe korisnika. Npr. umirovljenik na svome mobilnom terminalnom uređaju prima obavijest gdje se nalazi te podsjetnik za lijek a osoblje na računalu traži lokaciju određenog korisnika doma.

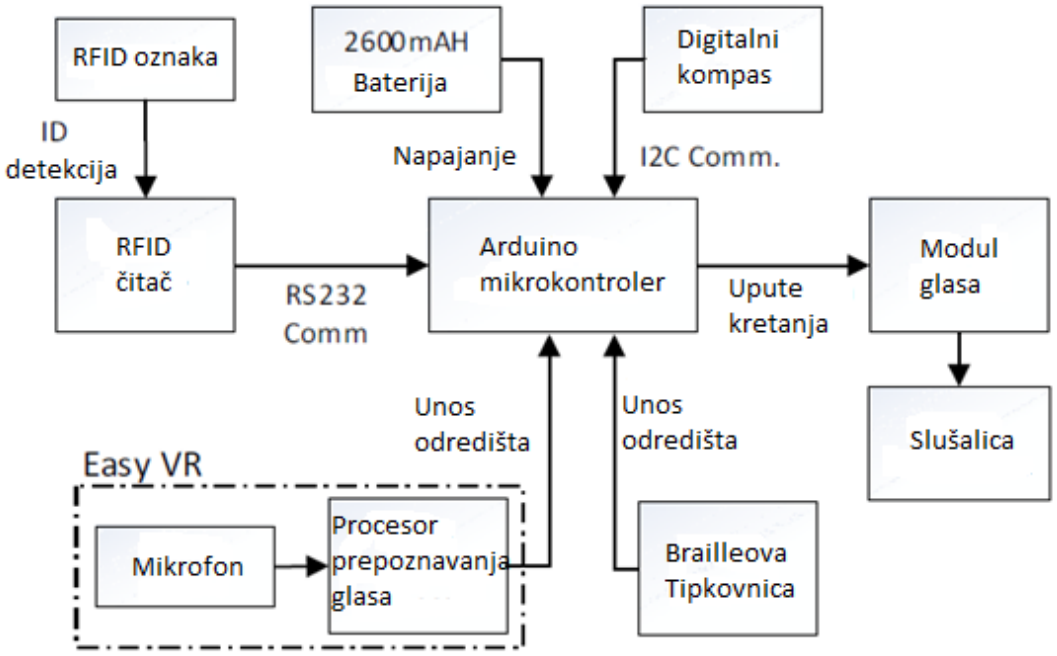
5.2. Trenutno dostupna rješenja

Postoji više od nekoliko trenutno dostupnih rješenja no većina su još uvijek u razvoju te ne pružaju kvalitetu usluge koja je u potpunosti zadovoljava korisnika. U ovom dijelu rada prikazat ćemo neke od tih.

5.1.1. Sustav navigacije u zatvorenim prostorima pomoću RFID tehnologije

Ovaj sustav za navigaciju usmjeren je na RFID sustav detekcije i digitalnog kompasa koji se koristi za usmjeravanje slabovidnih osoba kada putuju samostalno [19].

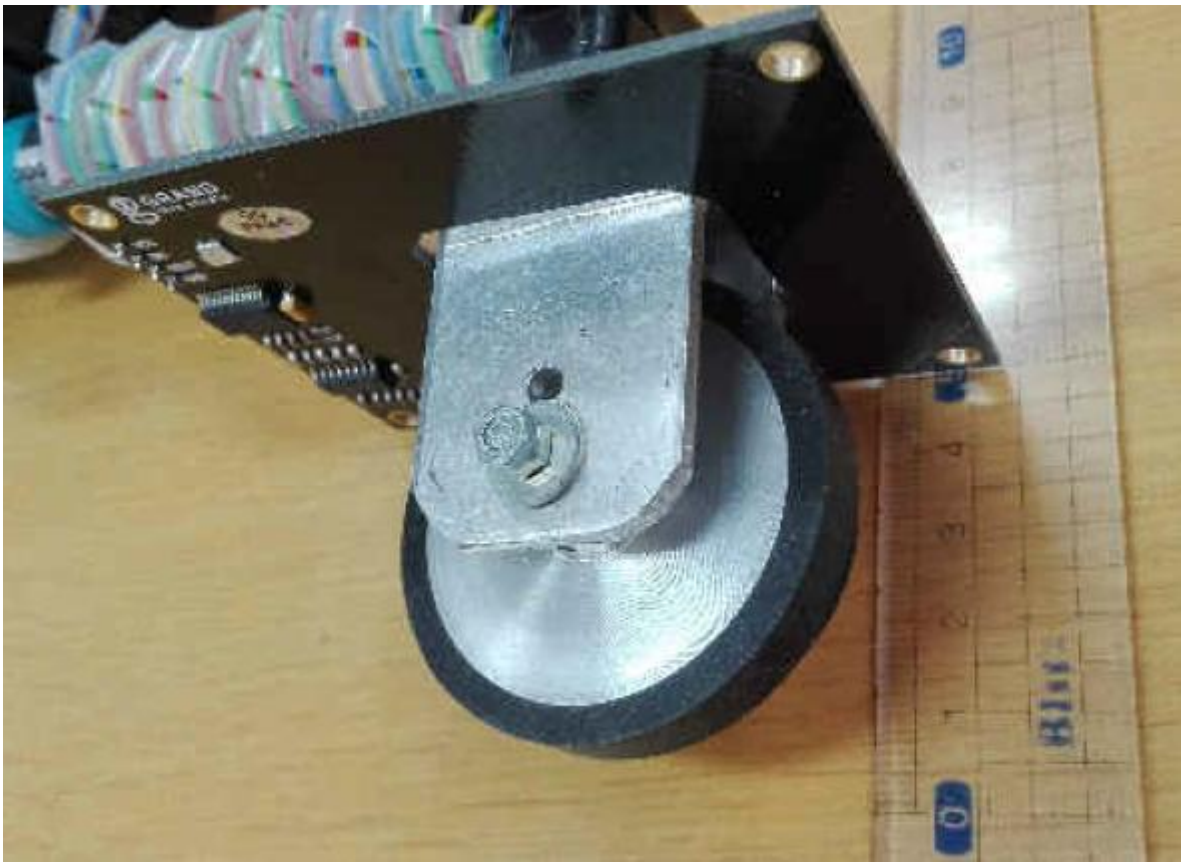
Slika 8. prikazuje konfiguraciju sustava za navigaciju koristeći RFID tehnologiju te digitalni kompas. U ovome navigacijskom sustavu imamo komponente: RFID čitač/pisač, mikro kontrolor, digitalni kompas, glasovni modul, slušalice, mikrofon, Braille tipkovnica...



Slika 8. Konfiguracija komponenti sustava

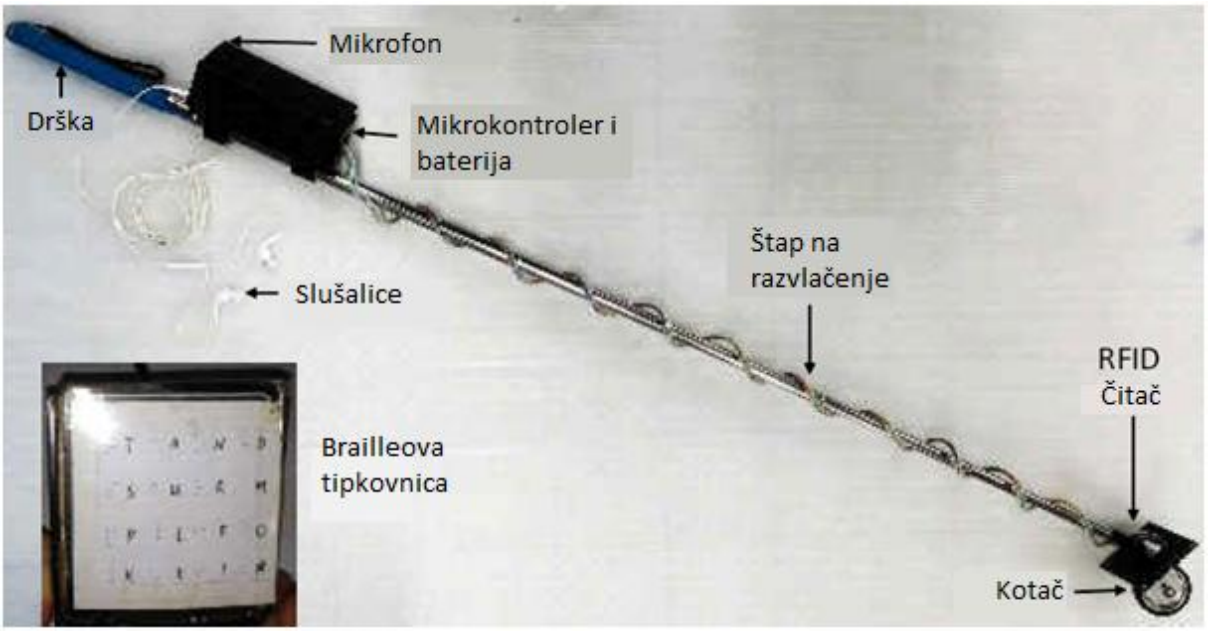
Kao glavni dio, u ovom razvijenom sustavu, mikro kontrolor je instaliran te se sastoji od memorije i programa kako bi komunicirao s okolinom. Osim mikro kontrolora koristi se i digitalni kompas koji može pružiti visok stupanj rezolucije i točnosti u određivanju smjera. Ukoliko korisnik skrene s puta navigacijski sustav će odrediti smjer kretanja i dati upozorenje korisniku. Nakon što je smjer ispravan, korisnik može nastaviti svoje putovanje uz pomoć glasovne navigacije. S druge strane RFID čitač/pisač također igra važnu ulogu u razvijenom navigacijskom sustavu. RFID čitač/pisač instaliran je na dnu štapa za slabovidnu osobu kako bi lako detektirao pasivne RFID oznake ugrađene u taktilne površine. Ovaj RFID čitač detektira oznake na frekvenciji od 125kHz te radi na udaljenosti do 8 cm.

RFID modul direktno je spojen na mikro kontrolor koji može biti aktiviran tek kada mu je dostupno napajanje odnosno baterija. Slika 9. prikazuje RFID sustav za detekciju koji se sastoji od čitača i pisača koji je integriran u elektronički štap za slabovidne osobe kako bi detektirao RFID oznake koje su postavljene na taktilnu površinu za vođenje. RFID čitač preuzima kodove (informacije) oznaka postavljenih na taktilnoj površini te ih šalje na enkripciju koju vrši program mikro kontrolora. Informacije koje sadrže RFID oznake koriste se unutar knjižnice mikro kontrolora. Svaka RFID oznaka sadrži prethodno pohranjene podatke kao što su mjesto i okolina istoga uključujući prepreke te imena objekata, koji su povezani s knjižnicom mikro kontrolora. Mikro kontrolor koristi mikro SD karticu koja na sebi ima instalirani glasovni modul. Glasovni modul koristi se kako bi informirao korisnika u kojem smjeru treba nastaviti kretanje.



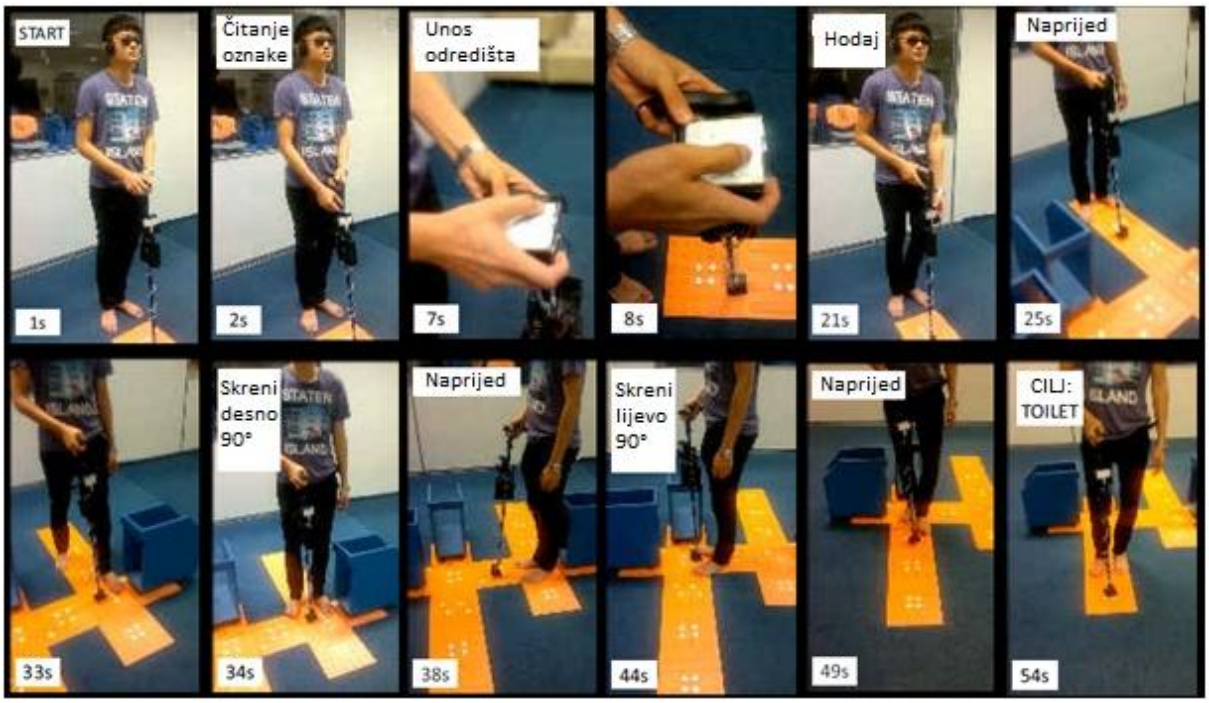
Slika 9. RFID sustav na dnu elektroničkog štapa

Slika 10. prikazuje klasični bijeli štap koji je modificiran u elektronički bijeli štap kako bi se na njega mogao implementirati razvijani sustav. Na dnu štapa imamo montirani kotač promjera oko 4cm te je RFID čitač/pisač montiran na 6cm od poda odnosno taktilne trake vođenja kako bi se RFID oznake lako detektirale. Korisnik ne treba podizati ili ljuljati štap za vrijeme korištenja što bi ga potencijalno moglo umoriti. Ukoliko korisnik ljulja ili miče štap od taktilne trake vođenja postoji mogućnost da RFID čitač ne detektira RFID oznaku. Ovaj štap se može rasklapati što ga čini vrlo praktičnim kad nije u uporabi te se isto može koristiti kao konvencionalni bijeli štap u svrhu navigacije.



Slika 10. Prikaz elektroničkog štapa i njegovih komponenti

Slika 11. prikazuje sustav u upotrebi. Korisnik uzima štap te detektira početnu poziciju odnosno prvu oznaku. Nakon što unese odredište glasovni modul ga obavještava u kojem se smjeru treba kretati. Na putu do odredišta preko taktilne crte vođenja glasovni modul obavještava korisnika kad i u kojem smjeru mora promijeniti kretanje.



Slika 11. Prikaz sustava u upotrebi

5.1.2. Sustav navigacije i informiranja u zatvorenim prostorima pomoću *beacon* odašiljača.

Ovaj sustav predstavlja novu strukturu za slijepe i slabovidne osobe koristeći *beacon* odašiljače i pametne terminalne uređaje. Cilj sustava je olakšati kretanje slabovidnih i slijepih osoba u poznatom okruženju.

Sustav se sastoji od 3 dijela :

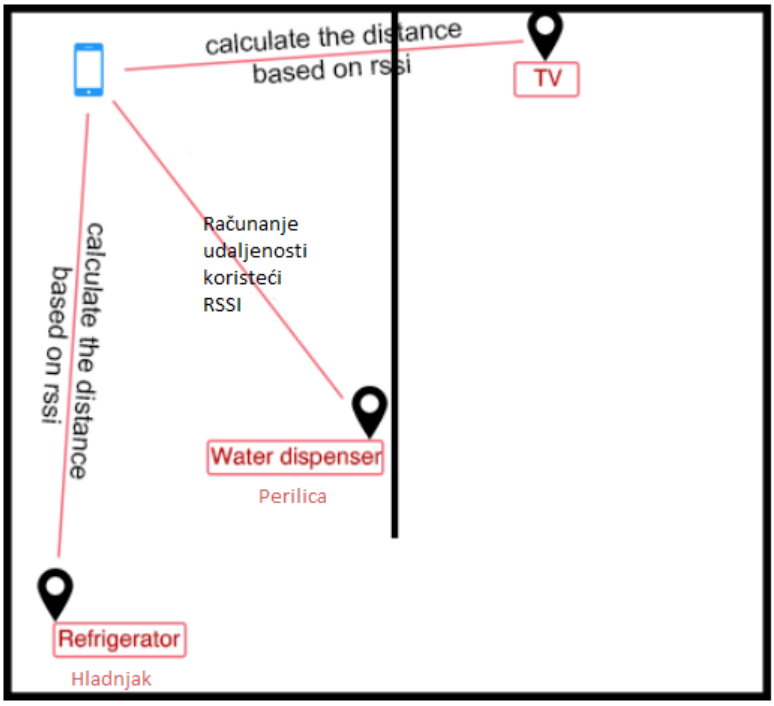
- modula esp8266

- *beacon* odašiljača

- mobilne aplikacije

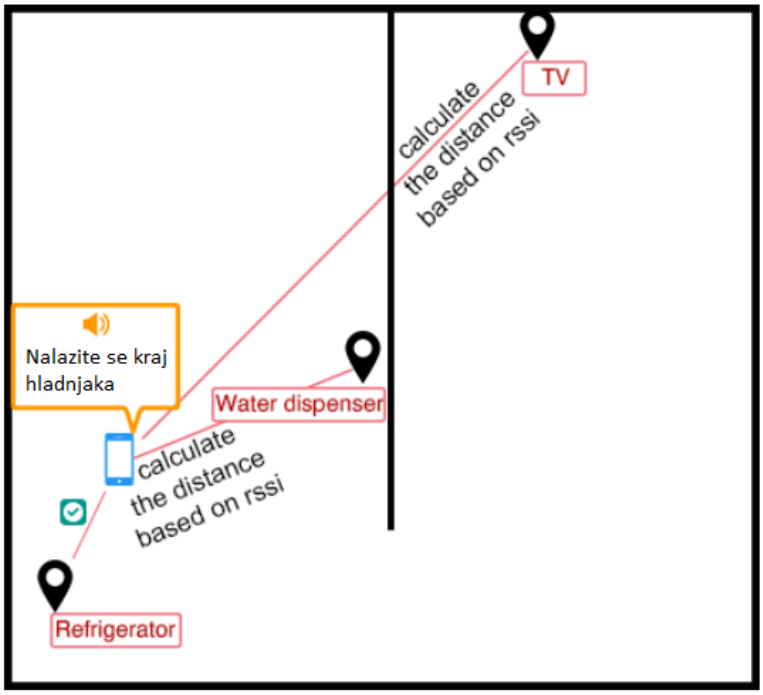
Za konfiguraciju *beacon* odašiljača potrebne su dvije stvari, aplikacija preko koje konfiguriramo beacon te sklop za povezivanje *beacona* s aplikacijom. Sustav je temeljen na RSSI (*Recieve Signal Strength Indicator*) koji predstavlja mjeru odnosno snagu signala koji prima terminalni uređaj [20].

Sustav radi tako da se *beacon* odašiljači postave na različita mjesta u prostoru, npr. televizor, perilicu i hladnjak. Mobilni terminalni uređaj detektira najbliži *beacon* odašiljač te putem aplikacije računa udaljenost do istog. Ukoliko se korisnik nađe u području više *beacon* odašiljača aplikacija će izračunati udaljenost od svih te vratiti korisniku udaljenost do najbližeg. Mobilna aplikacija računa udaljenost od *beacon* odašiljača te šalje poruku korisniku ako se nalazi blizu nekog od odašiljača. Ako mobilna aplikacija ne šalje poruku korisniku znači da nije blizu niti jednog *beacon* odašiljača prikazano na slici 12.



Slika 12. Prikaz određivanja udaljenosti do *beacon* odašiljača

Kad se korisnik nađe blizu nekog od *beacon* odašiljača aplikacija šalje poruku "Nalazite se kraj hladnjaka" prikazano slikom 13.



Slika 13. Prikaz određivanja udaljenosti do *beacon* odašiljača te slanje *push* poruke

Beacon odašiljači su uspješno slali informacije prema korisniku. Rezultati istraživanja sustava pokazali su dobre performanse za predloženu shemu pomoći slijepim i slabovidnim osobama kako bi pronašle put do željene lokacije odnosno uređaja bez pogreške. *Beacon* odašiljači i mobilni terminalni uređaji su pouzdani spoj u metodu navođenja za slijepe i slabovidne od trenutne lokacije do željenog uređaja u zatvorenom prostoru.

5.1.3. Sustav navigacije i prepoznavanja proizvoda u asistenciji kupovine za slijepe i slabovidne kombinacijom više tehnologija

Sustav omogućuje osobama s invaliditetom u obavljanju svakodnevnih životnih zadataka samostalno i neovisno. Primjena sustava je prevladavanje poteškoća slijepih i slabovidnih koji se susreću sa preprekama dok obavljaju kupovinu bez asistencije druge osobe. Budućnost kupovine slijepih i slabovidih osoba je ravnopravno iskustvo kao i da nemaju vidne poteškoće [21].

Neka od svojstva sustava:

-navigacija unutar trgovine - omogućava slijepim osobama brže i lakše snalaženje unutar trgovine

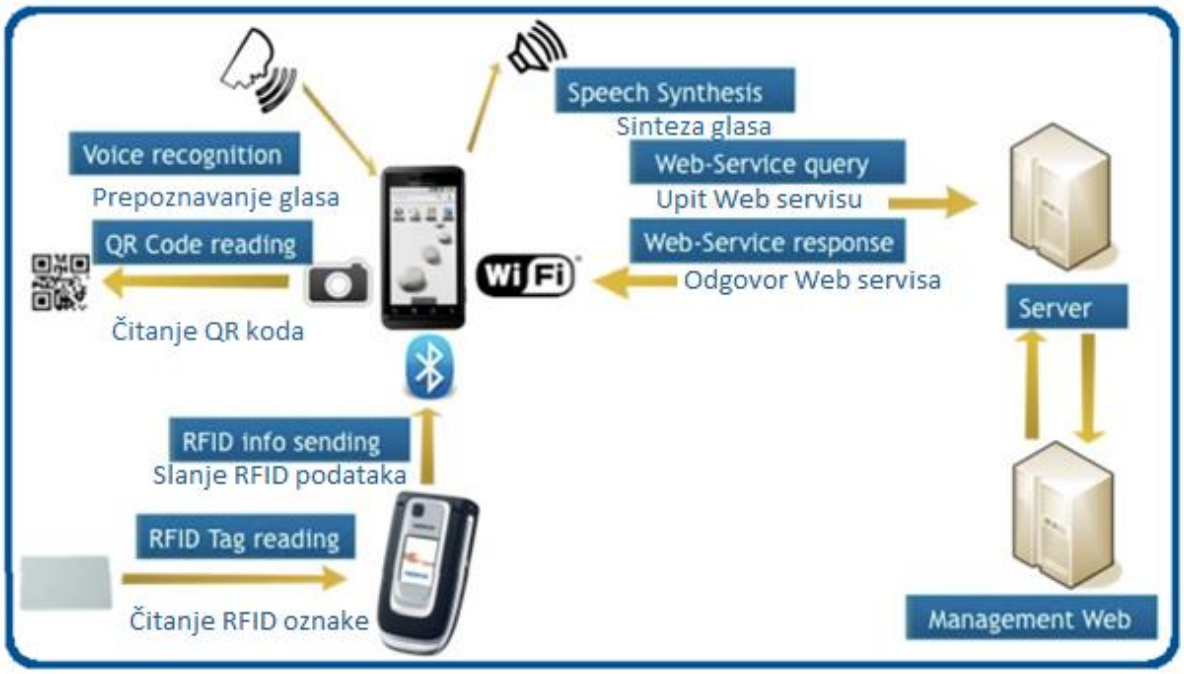
-pregledavanje i odabir proizvoda - ideja je pružanje slijep osobama mogućnost lakšeg planiranja i odabira kupovine na način da imaju informacije koji se sve proizvodi nude, te da ih mogu pregledavati prije nego se odluče na kupnju.

-pretraga i pronalazak proizvoda - kada slijepa osoba dođe na određeni dio trgovine, gdje se nalazi željeni proizvod, npr. mliječni proizvodi, pruža joj se mogućnost locirati točno one proizvode koji su od njenog interesa te stvarne količine koje su joj potrebne.

-implementacija na postojeće uređaje - slijepa osoba nosi bijeli štap i mobilni terminalni uređaji. Stoga, ako ih ima, to su elementi koji se mogu mijenjati ili poboljšati kako bi im se omogućilo na siguran i učinkovit način obavlja kupovinu.

-minimalna korekcija okoliša - trgovine se opiru uvođenju kompleksnih promjena u sustavu upravljanja informacija. Jedino jednostavna, cjenovno prihvatljiva i lako održiva fizička nadogradnja, prolaza i polica,dolazi u obzir.

Sustav je zadužen za vođenje slijepe osobe unutar trgovine dajući joj kroz slušalice spojene na mobilni terminalni uređaj jednostavne verbalne navigacijske upute. Ova komponenta sustava kombinira bijeli štap uz prijenosni RFID čitač priključen na vrhu. Kroz trgovinu su postavljene RFID linije oznaka raspoređene kroz prolaze u trgovini. Obrađeni RFID podaci od strane mobilne aplikacije rezultiraju verbalnim uputama. Nakon što slijepa osoba dosegne ciljani prolaz trgovine kamerom telefona slika QR *(Quick Response)* ili UPC (*Universal Product Code)* kod na polici te dobiva verbalnu informaciju koja grupa proizvoda se nalazi na tom dijelu police.



Slika 14. Prikaz arhitekture sustava za pomoć slijepima pri kupovini

Detalji o proizvodima mogu biti zapisani u samom kodu ili pribavljeni od strane servera. Proces i arhitektura je prikazana slikom 14.

5.1.4. Sustav za navođenje slijepih i slabovidnih podzemnom željeznicom pomoću *beacon* tehnologije

Projekt *Wayfinder* pokrenut je 2014 godine u svrhu povećanja kvalitete života slijepih i slabovidnih građana Londona. Projekt je predvođen RLSB udrugom za slijepe koja koristi *beacon* tehnologiju kako bi olakšala kretanje kroz urbana područja [24].

Sustav radi na način da korisnici dobivaju zvučne informacije navođenja putem svojih mobilnih uređaja koji komuniciraju s beacon odašiljačima postavljenim na različitim lokacijama na željezničkim postajama [25].



Slika 15. *Beacon* odašiljač u podzemnoj željeznici

Sustav trenutno daje osnovne informacija kretanja za slijepe i slabovidne no budućnost otvara mogućnost za nadogradnju te povećanje njegove iskoristivosti. Slika 15. prikazuje *beacon* odašiljač na stanici Euston.

6. Zaključak

Iako izgleda da tehnologija polako utječe na sve aspekte naših života još uvijek ima ograničen utjecaj na grupe ljudi kojima je najpotrebnija, poput ljudi starije životne dobi, slijepih i slabovidnih te osoba ostalih osjetilnih oštećenja. Pomoćne tehnologije imaju za cilj riješiti taj jaz te poboljšati kvalitetu života i oplemeniti svakodnevne aktivnosti.

Navigacija i lokacija u zatvorenim prostorima predstavlja rastući trend u informatizaciji te ljudi danas žele što efikasnije i efektivnije obavljati svoje svakodnevne zadatke. Cijela ideja ovog novog pristupa jest da osoba pronađe najbrži put do ciljanog objekta unutar zatvorenog prostora, da se smanje gužve u javnim zatvorenim prostorima te da se reklame i informacije točno prilagode korisničkim željama i interesima. Primjena sustava navigacije u zatvorenim prostorima je široka, od privatnih stanova i kuća gdje bi se omogućilo lakše kretanje i snalaženje slijepih i slabovidih pa sve do veliki javnih prostora poput aerodroma, bolnica i trgovačkih centara. Za svaki od tih prostora potrebno je napraviti sustav koji će što učinkovitije voditi i informirati korisnika kako bi se što više podigla kvaliteta iskustva unutar tog prostora, bilo to bolnica ili sajam. Simbioza tehnologije i zatvorenog prostora otvara novu dimenziju iskustva za korisnika te je ovo područje koje je tek u povojima. Tehnologija praćenja objekata i određivanja lokacija predstavljaju brzo rastuće područje s nizom novim mogućnosti i primjena. Dodatni poticaj razvoju tih tehnologija daje napredak računalnih i komunikacijskih sustava, ponajviše u mobilnim terminalnim uređajima te sveprisutnim bežičnim mrežama, koji omogućuju implementaciju novih ideja i rješenja u svakodnevnom život.

Pomoćna tehnologija koja odskače od većine je BLE sa svojim cjenovno i energetski prihvatljivim *beacon* odašiljačima koji se lako i brzo postavljaju.

Literatura

[1] Hersh, M. A., Johnson, M. A: Assistive Technology for Visually Impaired and Blind People. Springer, 2008.

[2] Zovko, G: Peripatologija 1, Školske novine, Zagreb, 1994.

[3] Zovko, G: Peripatologija 2, Školske novine, Zagreb, 1998.

[4] Mršić, V: Orijentacija i mobilitet u Hrvatskoj, Hrvatska udruga za školovanje pasa vodiča i mobilitet, Zagreb, 1995.

[5] Barnes, C: Disabled people in Britain and Discrimination: a Case for Anti-discrimination Legislation. Hurst & Co., London, 1994.

[6] Manduchi, R., Kurniawan, S. : Assistive Technology for Blindness and Low Vision. CRC Press, New York, USA, 2012.

[7] Bowling, A., Windsor, J.: Towards the Good Life: A Population Survey of Dimension of Quality of Life. Journal of Happiness Studies, vol. 2, 1999.

[8] Bowling, A.: Measuring Disease: A Review of Disease Specific Quality of Life Measurement Scales. Opem University Press, Buckingham, UK, 1995.

[9] Doward, L. C., McKenna, S.P.: Defining patient-reported outcomes. Value Health, vol. 7, Supplement 1, 2004.

[10] Beckie, T.M., Hayduk, L.A.: Measuring Quality of Life, Social Indicator Research, vol. 42., 1997.

[11] O'Boyle, C.A., McGee, H., Hickey, A., O'Malley, K., Joyce, C.R.B.: The Schedule of Evaluation of Individual Quality of Life. User manual, Department of Psychology, Royal College of Sugeouns in Ireland, Dublin, 1993.

[12] Fuhrer, M.J.: Subjectifying quality of life as a medical rehabilitation outcome. Disability and Rehabilitation, vol. 22, 2000.

[13] Cisco, iBeacons - frequently asked questions

http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/connected-mobile-experiences/ibeacon_faq.pdf

[14] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu,: Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, vol. 37, 2007.

[15] A. Colombo, D. Fontanelli, D. Macii, and L. Palopoli, "A wearable embedded inertial platform with wireless connectivity for indoor position tracking," in Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2011 IEEE, 2011.

[16] K. Al Nuaimi and H. Kamel, "A survey of indoor positioning systems and algorithms," in 2011 International Conference on Innovations in Information Technology (IIT), 2011.

[17] W. Storms, J. Shockley, and J. Raquet, "Magnetic field navigation in an indoor environment," in Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service (UPINLBS), 2010.

[18] Cisco, iBeacons - frequently asked questions

http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/connected-mobile-experiences/ibeacon_faq.pdf

[19] Indoor Navigation System based on Passive RFID Transponder with Digital Compass for Visually Impaired People (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 7, No. 2, 2016.

[20] Novel Method using Beacon and Smart Phone for Visually Impaired/Blind People, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 137 – No.1, March 2016.

[21] Diego López-de-Ipiña, Tania Lorido, and Unai López: Indoor Navigation and Product Recognition for Blind People; Assisted Shopping. 2011.

[22] Infsoft GmbH, Indoor positioning & navigation; A Guide on Technologies and Use Cases; 2016.

[23] A Guide to Bluetooth Beacons; A white paper by GSMA; 2014
http://www.gsma.com/digitalcommerce/wp-content/uploads/2013/10/A-guide-to-BLE-beacons-FINAL-18-Sept-14.pdf

[24] https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2015/december/wayfindr-launches-with-major-london-underground-trial-at-euston

[25] http://www.wired.co.uk/article/wayfindr-navigation-visually-impaired-euston

[26] Fakultet prometnih znanosti; Anketa projekta „Istraživanje mogućnosti primjene koncepta IoT za poboljšanje kretanja slijepih i slabovidnih osoba prometnom mrežom“; Zagreb, 2015.

[27] G.Sterling,J. Polonetsky,S. Fan; Understanding beacons; A guide to beacon technology; 2014

[28] http://www.slideshare.net/digitalworx/ibeacon-en-digitalworx

Popis kratica

ACK *(Acknowledgment)* potvrda zaprimanja

AFH *(Adaptive Frequency Hopping)* adaptivno skakanje frekvencija

AOA *(Angle of Arrival*) kut dolaska

ATT *(Attribute)* atribut protokol

BLE *(Bluetooth Low Energy) bluetooth* niske potrošnje

BLP *(Blood Pressure Profile)* profil krvnog tlaka

BS *(Base Station)* bazna stanica

CAT *(Comprehensive Assistive Technology)* model opsežne pomoćne tehnologije

CRC *(Cyclic Redundancy Check)* ciklička provjera redundancije

DPI *(Disabled Peoples Internationl)* internacionalna udruga onesposobljenih ljudi

FMP *(Find Me Profile)* profil pronađi me

FEC *(Forward Error Control)* kontrola prosljeđivanja pogreške

GATT *(Generic Attribute Profile)* opći atributi profila

GLP *(Glucose Profile)* profil količine glukoze u krvi

GPS *(Global Positioning System)* globalni sustav za pozicioniranje

HAAT *(Human Activity Assistive Technology)* model ljudskih aktivnosti i pomoćne tehnologije

HRP *(Heart Rate Profile)* profil otkucaja srca

HTP *(Health Thermometer Profile)* profil toplomjera zdravlja

IoT *(Internet of Things)* internet stvari

ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) industrijski, znanstveno i medicinski

kNN *(k-Nearest Neighbour*) k-najbliži susjed

LNP *(Location and Navigation Profile*) profil lokacije i navigacije

LOS *(Line of Sight)* linija vida

MIC *(Message Integrity Code)* provjera integracije poruke

MS (*Mobile Station*) mobilna stanica

NFC *(Near Field Communication)* pomoćna tehnologija komunikacije na malim udaljenostima

PXP *(Proximity Profile)* profil neposredne blizine

QR *(Quick Response)* brzi odziv

RFiD *(Radio-frequency identification)* pomoćna tehnologija bazirana na identifikaciji radio frekvencija

RSLB *(Royal London Society for blind People)* kraljevsko društvo za slijepe u Londonu

RSS *(Recieved Signal Strength*) jačina primljenog signala

RSSI (*Recieve Signal Strength Indicator*) indikator jačine primljenog signala

RTOF (*Roundtrip Time of Flight*) vrijeme kružnog puta

SVM (*Support Vector Machine*) algoritam potpornih vektora

SIG *(Bluetooth Special Interest Group)* grupa specijalnih interesa nadležna za *bluetooth* tehnologiju

SD *(Secure Digital card)* sigurna digitalna kartica

SDP *(Service Discovery Protocol)* protokol otkrivanja usluga

TOF *(Time of Flight)* vrijeme trajanja puta

TOA *(Time of Arrival)* vrijeme dolaska

TDOA *(Time Difference of Arrival)* vremenska razlika dolaska

UPC *(Universal Product Code)* univerzalna šifra proizvoda

WiFi *(Wireless Fidelity, wireless internet)* bežična vjernost, bežični internet

WLAN (*Wireless Local Area Network)* bežična lokalna mreža

Popis slika

Slika 1. HAAT model [1]

Slika 2. CAT model [1]

Slika 3. Postotak pametnih terminalnih uređaja spremih za rad s *beacon* odašiljačima [23]

Slika 4. Prikaz jednostavnog rada *beacon* uređaja [27]

Slika 5. Ciklus slanja i primanja informacija *beacon* odašiljača [28]

Slika 6. Primjeri *beacon* odašiljača [27]

Slika 7. Arhitektura sustava

Slika 8. Konfiguracija komponenti sustava [19]

Slika 9. RFID sustav na dnu elektroničkog štapa[19]

Slika 10. Prikaz elektroničkog štapa i njegovih komponenti[19]

Slika 11. Prikaz sustava u upotrebi[19]

Slika 12. Prikaz određivanja udaljenosti do *beacon* odašiljača[20]

Slika 13. Prikaz određivanja udaljenosti do *beacon* odašiljača te slanje *push* poruke[20]

Slika 14. Prikaz arhitekture sustava za pomoć slijepima pri kupovini[21]

Slika 15. *Beacon* odašiljač u podzemnoj željeznici[25]

METAPODACI

Naslov rada: Arhitektura sustava za lokaciju i navigaciju korisnika u zatvorenim prostorima primjenom bežičnih tehnologija

Student: Alen Peh, univ. bacc. ing. traff.

Mentor: doc. dr. sc. Marko Periša

Naslov na drugom jeziku (engleski): The System Architecture for Navigation in Indoor Environment using Wireless Technology

Povjerenstvo za obranu:

- izv. prof. dr. sc. Dragan Peraković predsjednik
- doc. dr. sc. Marko Periša mentor
- dr. sc. Ivan Forenbacher član
- izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za informacijsko komunikacijski promet

Vrsta studija: Diplomski studij

Studij: Promet

Datum obrane diplomskog rada: 05. srpnja 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih
znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Arhitektura sustava za lokaciju i navigaciju korisnika u zatvorenim prostorima primjenom bežičnih tehnologija** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student:

U Zagrebu, 20.6.2016 Alen Peh

(potpis)