

# Sustavi za pozicioniranje u zatvorenim prostorima

---

**Mendelski, Miran**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:340053>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-10**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni preddiplomski studij**

**SUSTAVI ZA POZICIONIRANJE U ZATVORENIM  
PROSTORIMA**

**Završni rad**

**Miran Mendelski**

**Osijek, 2021.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 06.09.2021.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na  
preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Ime i prezime studenta:	Miran Mendelski
Studij, smjer:	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. studenta, godina upisa:	4556, 24.07.2018.
OIB studenta:	99410960190
Mentor:	Izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Naslov završnog rada:	Sustavi za pozicioniranje u zatvorenim prostorima
Znanstvena grana rada:	<b>Telekomunikacije i informatika (zn. polje elektrotehnika)</b>
Predložena ocjena završnog rada:	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	06.09.2021.
Datum potvrde ocjene Odbora:	08.09.2021.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis: Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 15.09.2021.

**Ime i prezime studenta:**

Miran Mendelski

**Studij:**

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

4556, 24.07.2018.

**Turnitin podudaranje [%]:**

4%

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Sustavi za pozicioniranje u zatvorenim prostorima**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# Sadržaj

1.	UVOD .....	1
1.1	Zadatak završnog rada .....	2
2.	PROBLEMATIKA POZICIONIRANJA U PROSTORU .....	3
2.1	Problematika pozicioniranja na otvorenim prostorima .....	3
2.1.1	Pogreška pri mjerenju dometa ( <i>Error on Range Measurement</i> ) .....	4
2.1.2	DOP-dilucija preciznosti .....	6
2.2	Problematika pozicioniranja u zatvorenim prostorima .....	8
3.	IPS SUSTAVI .....	9
4.	TEHNOLOGIJA I NAČIN RADA IPS SUSTAVA .....	10
4.1	Bluetooth.....	12
4.1.1	Primjena .....	15
4.2	WPS .....	16
4.3	Magnetsko pozicioniranje.....	18
4.4	VLC.....	18
4.4.1	Način rada .....	19
4.4.2	Nedostatci VLC tehnologije.....	19
4.5	Komunikacija bliskog polja(NFC).....	20
4.6	RFID tehnologija .....	20
5.	VRSTE IPS SUSTAVA.....	21
5.1	StepInside .....	21
5.1.1	Instalacija i održavanje.....	23
5.2	Infsoft .....	23
5.3	GiPStech .....	24
5.4	Philips .....	26
5.5	Confidex.....	26
6.	KARAKTERISTIKE I USPOREDBA.....	27
6.1	Preciznost .....	27
6.2	Održavanje sustava .....	27
6.3	Ekonomičnost sustava.....	28
6.4	Mapiranje .....	28
6.5	Vijek rada.....	28
6.6	Navigacija „Plavom točkom“ .....	29
6.7	Sigurnost.....	29
6.8	Klijenti.....	30

6.9 Osjetljivost signala.....	30
6.10 Usporedba .....	31
7. ZAKLJUČAK .....	33
SAŽETAK .....	36

## 1. UVOD

Razvoj moderne tehnologije doveo je do razvitka sustava za pozicioniranje. Tijekom godina dolazi do pojave problema pozicioniranja na Zemlji. Cilj svake tehnologije i njenog razvitka je omogućiti ljudima odnosno korisnicima određene pogodnosti te olakšati njihove dotadašnje aktivnosti i rješavanje problema. Razvoj sustava za pozicioniranje omogućio je ljudima lakše snalaženje u prostoru te dobivanje točnih koordinata osobe ili lokacije. Razvitak tehnologije je ubrzo promijenio dotadašnje načine pronalaženja položaja te u suvremeno doba korištenje sustava za pozicioniranje nije bilo nikada lakše bilo to iz zabave, pronalaženja lokacije odredišta ili najbržeg puta do cilja. Dizajn sustava za pozicioniranje je proizašao te se naslanja na sustave Decca Navigator te LORAN koji su nastali 1940-ih godina. Sama ideja i razvitak sustava za pozicioniranje je proizašla iz potrebe za što precizniju navigaciju u vojnom području. Najpoznatiji i najkorišteniji sustav za pozicioniranje je GPS (engl. Global Positioning System, GPS), koji se sastoji od mreže satelita pomoću kojih se određuje položaj, odnosno lokacija na Zemlji. Dostupan široj javnosti postaje 1990-ih godina zbog rapidnog razvoja interneta i komunikacijskih sustava. Danas, gotovo svi pametni uređaji imaju ugrađeni sustav za pozicioniranje bilo to na pametnom telefonu, tabletu, pametnom satu. GPS nalazi svakodnevnu upotrebu u radnjama bilo to na zemlji, u moru ili u zraku, no što ako se treba odrediti položaj u zatvorenom prostoru kao što su stambene višekatnice, podzemne garaže ili velike zatvorene prostorije, gdje sustave za satelitsko pozicioniranje nije moguće koristiti jer su nedostupni ili nedovoljno precizni. Razvoj IPS-a (engl. Indoor Positioning System, IPS) odnosno sustava za pozicioniranje u zatvorenim prostorima je omogućio rješavanje upravo tog problema. Postoje različite varijante sustava za pozicioniranje u zatvorenim prostorima no sve one rade na rješavanju istog problema, a to je pronalaženje najtočnijeg lociranja objekta u zatvorenom prostoru. Prvi odnosno veći dio istraživanja obuhvaća već postojeće sustave za pozicioniranje u zatvorenim prostorima te se odnose na samu problematiku pozicioniranja u prostoru bilo to otvorenom ili zatvorenom, objašnjenje principa rada sustava te tehnologije i dijelova od kojih se sastoji. Drugi dio istraživanja se odnosi na samu podjelu i vrste IPS sustava te međusobnu usporedbu istih, ali i na inovacije te potrebne nadogradnje koje slijede u idućim godinama.

## **1.1 Zadatak završnog rada**

Često postoji potreba za što preciznijim pozicioniranjem osoba ili objekata u zatvorenom prostoru (npr. stambene višekatnice, podzemne garaže i sl.) gdje nije moguće u tu svrhu koristiti sustave za satelitsko pozicioniranje (poput GPS-a) jer su nedostupni ili nedovoljno precizni. Stoga se u tu svrhu moraju koristiti različite varijante sustava za pozicioniranje u zatvorenim prostorima (Indoor Positioning System, IPS). U završnom radu potrebno je analitički opisati i objasniti problematiku pozicioniranja u zatvorenim prostorima. Potrebno je analizirati i međusobno usporediti različite IPS sustave, te prikazati primjere njihove primjene.



## **2. PROBLEMATIKA POZICIONIRANJA U PROSTORU**

Moderni sustavi za pozicioniranje u prostoru moraju zadovoljavati određene uvjete i zahtjeve. Prvi od njih je dostupnost. Informacije o pozicioniranju moraju biti dostupne u svako doba dana i noći, neovisne o nepovoljnom vremenu kao što je kiša, snijeg ili susnežica. Drugi važan uvjet sustava je pokrivenost. Servisi za pozicioniranje moraju biti dostupni u svakom kutku i području zemlje te na svakoj površini, ravnoj ili brdovitoj. Sateliti moraju biti vidljivi na svakoj poziciji sa Zemlje te njihovo kruženje se treba pažljivo pratiti. Sljedeći uvjet je točnost. Sustavi moraju biti veoma točni i moraju moći identificirati te prepoznati mala i sićušna obilježja i karakteristike kopna kao i locirati pojedine objekte, građevine, vozila, brodove te avione kako bi se izbjegle opasnosti. Četvrti uvjet je korisnička oprema koja na Zemlji mora biti mala i prenosiva zbog korištenja, zahtijevajući od satelita precizno obrađivanje vremena i podataka u svemiru. Posljednji uvjet je upotrebljivost. Korištenje sustava za pozicioniranje mora biti vrlo jednostavno i brzo, bez zahtijevanja od korisnika prolaženje opsežnog treninga ili izvođenja mnogo koraka u samom korištenju sustava [1].

### **2.1 Problematika pozicioniranja na otvorenim prostorima**

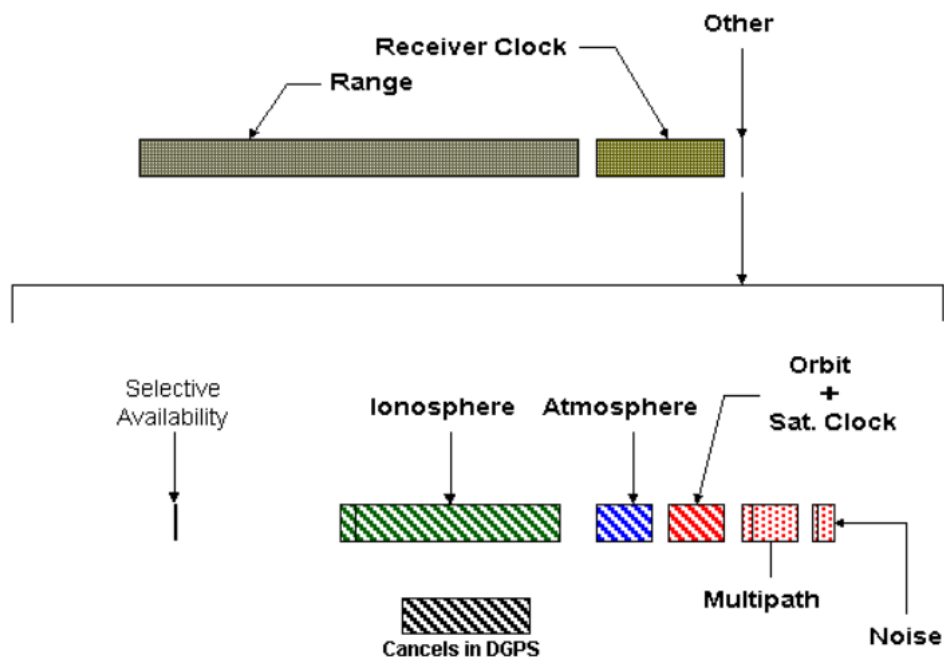
Točnost lokacije pozicioniranja i očitavanja te općenito točnost sustava ovisi o mnogobrojnim faktorima. Dva najvažnija faktora koja utječu na točnost GPS-a su pogreška pri mjerenju dometa te geometrija i rad samih satelita. U njih ulaze uzroci netočnosti sustava kao što su blokade satelitskog signala koji se odbija od zgrada, mostova, drveća te ostalih objekata. Korištenje sustava unutar objekta te ispod površine zemlje dovodi do nedovoljno preciznog rezultata. Reflektiranje signala od zgrada i zidova što dovodi do kašnjenja samog signala u prijemu odnosno satelitu, dolazi do takozvanog višestrukog širenja signala. Rjeđi slučajevi uključuju radio interferenciju, prigušivanje signala, velike solarne oluje, održavanje satelita, nepravilno dizajnirani uređaji koji su u neskladu sa GPS specifikacijama. U puno slučajeva GPS hardver radi pravilno, ali su softveri za ucrtavanje mapa pogrešni te nisu ucrtane mnoge ceste, zgrade i objekti [2].

### 2.1.1 Pogreška pri mjerenju dometa (*Error on Range Measurement*)

Prvi faktor, pogreška pri mjerenju dometa, ima komponente koji su kontrolirani od prijemnika i lokalnog okruženja samog sustava. Sama pogreška u pozicioniranju se sastoji od dva parametra o kojoj ovisi, prvi je parametar pogreška dometa, a drugi parametar je DOP (engl. Dilution of Precision) koji predstavlja geometrijski faktor u jednadžbi.

Ukupna točnost odnosno pogreška se računa prema jednadžbi:

Pogreška pozicioniranja = pogreška dometa x DOP

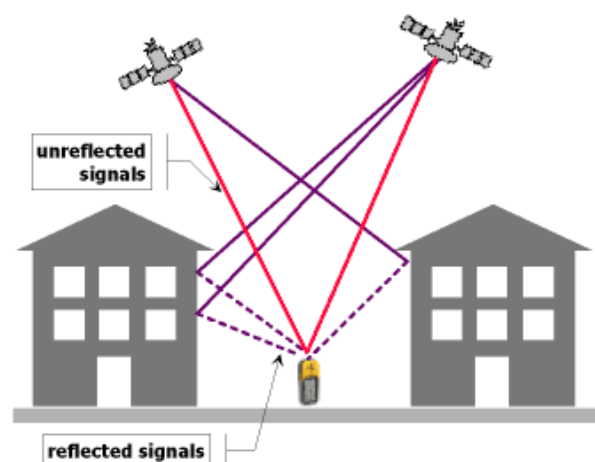


Slika 2.1 Prikaz komponenata pogreške dometa [3]

Na slici 2.1 prikazuju se svi faktori koji utječu na pogrešku dometa. Gornji dio slike 2.1 prikazuje pogrešku dometa prijemnika. Domet satelita je oko 20 000 km, odnosno 3 puta veći od radijusa Zemlje. Iako je domet satelita najveća komponenta u izračunavanju pogreške dometa prijemnika, na njega utječe još i pogreška frekvencije takta lokalnog prijemnika. Upravo te pogreške su najveći uzročnici netočnosti pozicije te one moraju biti pažljivo mjerene te uklonjene. Postavljanjem pogreške frekvencije takta prijemnika kao nepoznatu koja se procjenjuje istodobno

s položajem prijemnika pokušavaju se ukloniti moguće pogreške. Upravo taj problem čini GPS rješenje kao četverodimenzionalni problem. Ostale pogreške utječu direktno na pogrešku pozicioniranja, no one su sve veoma male u odnosu na pogrešku dometa te pogrešku frekvencije takta lokalnog prijemnika. Neke od njih su promjenjive te ovise o lokalnom vremenu te prijemniku.

Donji dio slike 2.1 prikazuje komponente raspona GPS dometa. Prva komponenta je selektivna dostupnost koja je uvedena na GPS signale u satelitima, no ukinuta je 1.5.2000. Sljedeća komponenta koja utječe na točnost je ionosferska pogreška. Nastaje prolaskom GPS signala kroz čestice ionosfere, a zatim i kroz vodenu paru u troposferi što rezultira smanjenjem brzine samog signala te nastaje pogreška odnosno kašnjenje. Ionosferska pogreška je ispravljena korištenjem dvofrekventnih prijemnika koji mogu primiti dva signala od svakog satelitskog sustava. Treći uzrok pogreške je atmosferska pogreška. Ona je ustvari funkcija težine atmosfere koja se nalazi iznad korisnika. Pošto je to matematički lako izračunljivo, pogreška se može lako odrediti te modelirati u konačnom proračunu. Ukupna vrijednost pogreške iznosi 2.3 metra te prijemnici mogu modelirati poziciju za par centimetara znajući samo visinu. Veliki utjecaj u izračunavanju pogreške imaju pogreške frekvencije takta satelita te predviđanje položaja satelita u orbiti. Pogreška frekvencije takta satelita je uzrokovana od strane oscilatora satelita koji nije sinkroniziran sa GPS vremenom te je ono jedan od najvećih razloga pogreške koja utječe na točnost pozicioniranja. Kako bi se uspješno navigirao, korisnik mora znati poziciju satelita koju on emitira. Informacija o položaju satelita je pročitana iz memorije satelita, koja je obično osvježena jednom dnevno, stoga pozicija satelita je samo predviđanje te izračunavanje gdje će se satelit nalaziti. Ove dvije komponente su trenutno ograničavajuće komponente u GPS prijemnicima.

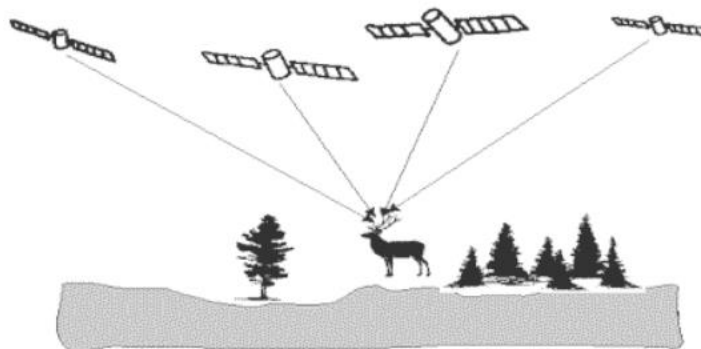


## Slika 2.2 Višestruko širenje [3]

Slika 2.2 prikazuje sljedeći uzrok nastajanja pogreške u pozicioniranju. Signal iz satelita dolazi u direktnoj liniji od korisnika do satelita. Uz dodatak direktnoj zruci, signal se isto tako može reflektirati u ionosferi te od postojeće zgrade, kuće, metalne površine, mosta i doći do korisnika drugim putem. Ta pojava se naziva višestruko širenje signala. Prijemnik može detektirati samo sumu svih tih signala te tako može doći do pogreške zbog prijemnika koja prima i reflektirajuće zakašnjele signale. Moderni prijemnici imaju mogućnost odbacivanja većine višestrukog širenja jer mogu odbaciti one zrake koje dolaze od satelita koji imaju mali kut elevacije. Posljednja komponenta koja može utjecati na točnost su šumovi u prijemniku. Svaki objekt emitira elektromagnetske valove koji utječu i ometaju GPS signal, što doprinosi nepreciznosti u određivanju pozicije [3].

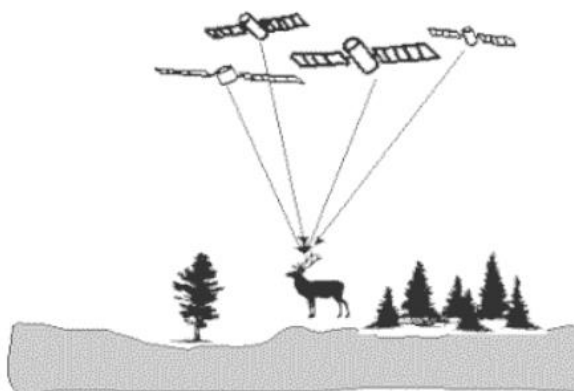
### **2.1.2 DOP-dilucija preciznosti**

Druga komponenta u jednadžbi koja utječe na pogrešku u pozicioniranju je DOP odnosno geometrijska dilucija preciznosti. DOP je izraz koje se koristi u pozicioniranju te navigaciji kao indikator o kvaliteti geometrijske razmještenosti satelita u svemiru u odnosu na prijemnik. DOP ovisi samo o poziciji satelita, koliko postoji satelita od promatrane točke, koliko su visoko na nebu te koliko ima zapreka između njih. Sama pozicija promatrane lokacije je ovisna o broju satelita korištenih za mjerenje. Različite geometrijske strukture satelita mogu povećati ili umanjiti točnost pozicioniranja. Na slici 2.3 možemo vidjeti primjer većeg kuta i udaljenosti između satelita, što smanjuje DOP te pruža bolju pokrivenost i veću preciznost rezultata.



Slika 2.3 Dobra dilucija preciznosti [4]

Sa druge strane ukoliko su sateliti koji su odabrani za mjerenje određene pozicije blizu jedan drugome te ako je kut između njih mali, kao što vidimo na slici 2.4 dolazi do povećanja DOP-a, a samim time i smanjenje preciznosti mjerenja. Sa što većom vrijednosti DOP-a smanjuje se točnost i preciznost mjerenja. Dilucija preciznosti se dijeli na komponente koji se koriste jer točnost GPS-a varira s obzirom na kretanje satelita pa se mijenja i sama geometrija satelita, no veoma su predvidljivi te se lako mogu izračunati.



Slika 2.4 Loša dilucija preciznosti [4]

GDOP ili geometrijska dilucija preciznosti se izračunava od geometrijske povezanosti između pozicije prijemnika te pozicije satelita koju koristi prijemnik za navigaciju te se sastoji od

- 1) PDOP – pozicijska dilucija preciznosti (3D)
- 2) HDOP – horizontalna dilucija preciznosti(širina, dužina)
- 3) VDOP – vertikalna dilucija preciznosti(visina)
- 4) TDOP – vremenska dilucija preciznosti

Svaki od navedenih komponenata se mogu izračunati posebno za sebe, a svaki od njih ovisi jedan o drugome te se s promjenom jednog parametra mijenjaju i ostali. Visoka vrijednost TDOP će uzrokovati pogrešku u frekvenciji takta prijemnika što će na kraju dovesti do povećanja pogreške kod pozicioniranja [4].

## **2.2 Problematika pozicioniranja u zatvorenim prostorima**

Pozicioniranje te točnosti navigacije u zatvorenim prostorima je mnogo zahtjevnije od pozicioniranja na otvorenom jer se GPS ne može koristiti dovoljno precizno. Uz sve probleme koje imaju sustavi za pozicioniranje u otvorenom, na zatvorenome se još nadovezuju i problemi slabog signala te blokiranošću antena prijemnika i satelita. GPS signal će biti blokiran ili reflektiran od zidova i ne može ući u sobu. Glavne odlike IPS sustava su točnost- točna pozicija lokacije do preciznosti od 1m, dostupnost – dobivanje preciznih rezultata u roku do 3 sekunde te stabilnost – osiguravanje stalnog i stabilnog rezultata, posebno kada se osoba nalazi na granici pozicije. Problemi u svakoj od ovih kategorija se mogu još raščlaniti na svojstvenost, ograničenost te problemi implementacije. Prvi od njih se odnosi na ugrađene funkcije samog sistema. Ograničenost se odnosi na određene limite koje ima pojedini sustav - pozicija se može odrediti samo do 1.5m točnosti, problemi vezani za implementaciju su povezani sa specifičnim implementacijama sistema kao što su API(engl. Application Programming Interface) te odazivi sustava. Postoji još mnogo raznih razloga nastajanja tih problema, koji su ukorijenjeni u samim karakteristikama tehnologije kao i u okolini sustava. Snaga prijenosa, kao i uzorci prijema antene utječu na područje koje otkriva IPS te mogu uzrokovati netočan rezultat. Metal, staklo te ostale reflektivne površine mogu utjecati na dobivanje lažno-pozitivne detekcije na pogrešnim mjestima. Nepravilni uzorci antena mogu uzrokovati visoke poraste lažno-pozitivnog rezultata. Ljudske smetnje mogu narušiti pravilan rad uređaja te uzrokovati lažno-negativni rezultat. [5]

### 3. IPS SUSTAVI

Općenito IPS sustavi su sustavi mrežnih uređaja koji služe za lociranje objekata, ljudi, predmeta unutar zgrade te unutarnjih natkrivenih prostora. Koristi se u trenucima kada GPS sustav nije dovoljno precizan te kada se ne može utvrditi točna lokacija objekta unutar zgrade zbog nedovoljno jakog signala GPS sustava. Postupnim razvojem tehnologije koja je korištena u sustavima za pozicioniranje unutar prostora, tehnologija se komercijalizira te postaje dostupna u različitim varijantama sa različitim oblicima te karakteristikama. Postoji veliki broj različitih tehnologija koje se mogu koristiti u IPS sustavima. Sami razvoj IPS sustava je nastao zbog potrebe korisnika za pronalaskom određenog proizvoda ili grupe proizvoda u trgovinama, za orijentacijom po sobama u hotelima, bolnicama, velikim kompleksima, za pronalaskom točne lokacije određene trgovine u šoping centrima, za boljim snalaženjem na aerodromima, autobusnim i željezničkim kolodvorima. Jedan od najvažnijih pogodnosti IPS sustava je smanjenje potrošnje vremena, novca, stresa te poboljšanje uvjeta snalaženja u prostoru slabovidnim te slijepim osobama. IPS sustavi omogućuju bolju marketinšku pokrivenost i imaju utjecaj na sami razvoj marketinga. Kao primjer uzimamo trgovački centar u kojemu je moguće odrediti i definirati određena područja u kojima se nalaze točno određeni artikli i u kojima se žele prikazivati informacije i oglasi. S korištenjem IPS sustava, u koje se mogu definirati ta područja te ocrtati najlakši i najbrži put do njih i tako omogućiti lakše brendiranje i snalaženje u prostoru, sa što manjim gubitkom vremena kupaca. Sa analiziranjem tih podataka moguće je otkriti najposjećenije zone, odnosno područja koju su najčešće tražena i tako odrediti isplativost same trgovine odnosno poslovnice. IPS može analizirati ponašanje samih kupaca i odrediti njihove rute te otkriti gdje su se zaustavili i zašto te tako otkriti ambicije samih kupaca. Pacijenti u bolnicama mogu koristiti IPS u svrhu lakšeg pronalaska svoje sobe, doktora, određene ambulante na bilo kojem katu i u bilo kojem dijelu bolnice. Druga svrha sustava je lakše lociranje medicinske opreme za koju je veoma bitno da može biti pronađena što brže zbog hitnih slučajeva. Različite tehnologije korisnicima pružaju različite mogućnosti ovisno o njihovim zahtjevima i potrebama [5]

#### **4. TEHNOLOGIJA I NAČIN RADA IPS SUSTAVA**

Tehnologije koje koriste IPS sustavi se mogu razlikovati u preciznosti, načinu instalacije i održavanja, trošku implementacije sustava te u samome načinu rada. Svaki od njih bez obzira na različitosti se sastoji od tri dijela. Prvi od njih je dinamička platforma sustava za pozicioniranje, zatim uređaj za lociranje ili odašiljač signala te mobilna aplikacija koja interpretira primljeni signal. IPS sustav radi neprestano kako bi odredio točnu poziciju uređaja odnosno prijemnika signala. Rezultat sustava se izražava u komponentama zemljopisne dužine, zemljopisne širine, visini te broju katova. Kako bi se točno odredila lokacija osobe unutar zgrade, sustav mora imati mapu odnosno informacije o objektu u kojem se osoba nalazi. Informacija je rezultat praćenja dva osnovna koncepta: znanje uređaja o poziciji korisnika koji je blizu određene točke te mogućnost određivanja pozicije korisnika bez obzira na njegov položaj u zgradi. Prvi se odnosi na PS sustave (engl. Proximity System) zasnovane na poziciji neposredne blizine, a drugi na IPS sustave. PS koristi poziciju uređaja koji koristi niskoenergetski Bluetooth i ponaša se kao odašiljač signala te ga emitira u obližnji pametni uređaj. Bluetooth niska energija je, kao i Bluetooth, bežična mrežna tehnologija koja je namijenjena u prvom redu za pružanje usluga komunikacija, ali uz smanjenu potrošnju energije i smanjeni trošak održavanja. PS je najviše korišten za pronalazak lokacije korisnika i stvari u određenim trenucima. Pronađena lokacija pruža točno određenu informaciju o vremenu i položaju korisnika kada se ono nalazi u neposrednoj blizini određene točke odašiljača signala. Glavni nedostatak takvog sustava je opseg prijenosa koji može varirati. Ukoliko se želi dobiti veći opseg prijenosa te veću povezanost sa korisnikom, u određenom zatvorenom objektu, mora se postaviti više pozicijskih uređaja na različitim mjestima u objektu. Sa povećanjem broja točaka odašiljanja raste i cijena samog sustava te se povećava i trošak za održavanje istih. Sa druge strane, IPS sistemi imaju veliki sustav koji uključuje uređaj za pozicioniranje te omogućuje razvoj ostalih funkcionalnosti u aplikaciji kao što su: traženje najbržeg i najboljeg puta do odredišta, detaljnu analitiku svih naših odredišta i polazišta, potragu za lokacijom drugog korisnika. Korištenjem više signala sa različitih lokacija, kao i korištenjem senzora pokreta korisnika, omogućuje se detaljan i precizan rezultat, odnosno lokaciju koju nam daje IPS sustav. Učestalim korištenjem IPS sustava, sustav pamti te analizira dobivene podatke i može predvidjeti buduća kretanja i pozicije korisnika. U pronalasku najbolje rute u zatvorenim prostorima, IPS sustav koristi iste principe kao i GPS u otvorenim prostorima. Umjesto vraćanja satelitskog signala, IPS



izmjenjuje signal između lokacije i senzora pametnog uređaja. S tim postupkom omogućuje korisniku lakše kretanje u zatvorenom prostoru te lakše orijentiranje. Lociranje drugog korisnika se odvija na isti način kao i pronalazak najbolje rute. Umjesto mjerenja podataka na dugom dometu, može se urediti gusta mreža prijemnika malog dometa. Zbog malog dometa objekt odnosno uređaj koji odašilje signal će prepoznati samo nekoliko najbližih umreženih prijemnika. Identificirana oznaka koja se odnosi na odašiljač, mora biti u dometu čitača koji ju identificira te na taj način omogućuje grubo određenje pozicije. S vremenom dolazi do razvoja sustava te ti napredniji sustavi kombiniraju vizualnu pokrivenost mreže i objekta sa bežičnom pokrivenosti grube lokacije. Većina tehnologije i sustava funkcionira na stalnom fizičkom mjerenju lokacije koju koriste zajedno sa identifikacijskim sensorima kako bi dobili jedan kombinirani signal. Domet tih senzora najčešće pokriva cijeli kat, ured ili sobu. Ukoliko je domet senzora kratak može se povećati sa postavljanjem više senzora koji se preklapaju te daju točnije informacije. Fizičko mjerenje pozicije uključuje dvije komponente, AoA(engl. Angle of arrival),odnosno kut pod kojim signal odašiljača dolazi do prijemnika. Najčešće je određen mjerenjem vremenske razlike u dolasku signala između višestrukih odašiljača u blizini senzora. AoA je obično korišten sa triangulacijom te poznatim osnovnim položajem za pronalaženje traženog mjesta u odnosu na dva postavljena odašiljača. Druga komponenta je ToA(engl. Time of arrival) koji predstavlja količinu vremena koja je potrebna da signal dođe od odašiljača to prijemnika. Propagacija signala je konstantna te uvijek jednaka pa se s obzirom na vrijeme putovanja signala može izračunati i odrediti put udaljenosti. Preciznost ToA metode često može naštetiti višestazno širenje, koje je uzrokovano lomom i defrakcijom signala. Moguće je smanjiti utjecaj višestaznog širenja korištenjem vremenske i prostorne metode temeljene na učestalosti signala. Senzori koji primaju signale mjere takozvani RSSI(engl. Recieved signal strength indication), koja je znak za jačinu snage primljene u signalu. Zbog toga što se valovi šire prema zakonu obrnutog kvadrata, udaljenost odnosno pozicija se može odrediti samo iz veze jačine snage između odaslanog te primljenog signala. Prostor unutar zgrade nije slobodan te na snagu signala utječu apsorpcija i refrakcija samoga vala. Prvi sustavi za pozicioniranje unutar zatvorenog prostora su koristili Wi-Fi tehnologiju, no kako ona nije napravljena u svrhu pozicioniranja, lokacije nisu bile dovoljno precizne i točne. Jedan od prvih korisnika sustava za pozicioniranje u zatvorenim prostorima bio je muzej koji je koristio IPS sustav mjereći WI-FI signal koji je odašiljala lokacija korisnika. Ti signala su imali tendenciju pomicanja te kvaliteta rezultata nije bila precizna. U aplikaciji muzeja, plava točka koja je označavala poziciju korisnika nerijetko je plutala uokolo mape, radila velike skokove lokacije te općenito bila netočna. Plava točka označava kretanje korisnika te bi se ona trebala kretati polako i sinkronizirano sa pravim kretanjama korisnika u pravom vremenu. S

vremenom te razvitkom aplikacije i same tehnologije, algoritmi koji služe za izračun pozicije su poboljšani te unaprijeđeni kao i problem plave točke koji je polako riješen, u kojoj nema više skakanja sa jednog mjesta na drugo te ona postaje sinkronizirana sa kretanjem korisnikom. Najvažnije komponente softvera uređaja su: sustav za upozorenja ovisno o poziciji korisnika, analitički sustav kretanja, baza podataka sadržanih lokacija, upravljački i sigurnosni slojevi za zaštitu podataka, integracija u postojeće sustave, API (engl. Application Programming Interface) za uvoz i izvoz podataka. Najveća razlika između IPS sustava te sustava sa PS tehnologijom je u tome što funkcije IPS sustava prvo skupljaju podatke o kretanju korisnika a zatim analiziraju te podatke dok je kod PS sustava nužno unaprijed poznavati koje dijelove sustava treba analizirati te koje pristupne točke obrađivati kako bi se moglo na pravo mjesto postaviti uređaj za određivanje pozicije. Različiti tipovi i vrste sustava koriste različite tehnologije ili kombinacije više njih kako bi dobili najpreciznije i najtočnije rezultate [5].

## **4.1 Bluetooth**

Bluetooth tehnologija je bežični način komunikacije te razmjene podataka između više korisnika odnosno njihovih uređaja. Izumljen je 1994 godine od strane švedske tvrtke Ericsson koja se nametnula kao jedan od najvećih proizvođača mobilne opreme koji su potrebni za telekomunikaciju. Nakon izuma Bluetootha, 1998 godine sastavljeno je nadležna grupa sastavljena od najvećih i najmoćnijih tvrtki vezanih za telekomunikaciju u vidu Ericssona, IBM-a (engl. International Business Machines Corporation), Intela, Nokie te TOSHIBE. Glavna zadaća nadležnog tijela je bilo unaprjeđenje standarda, implementacije te lakšeg i većeg korištenja Bluetooth tehnologije. U današnje vrijeme svi moderniji uređaji bilo to osobna računala, zvučnici, laptopi, mobiteli, pametni satovi, pametni televizori, kamere imaju ugrađenu Bluetooth tehnologiju za slanje podataka te spajanje dva ili više uređaja. Veza se može ostvariti i do 10 metara udaljenosti uređaja. Glavne osobine te značajke Bluetooth-a su mali troškovi za kupovanje uređaja te za implementaciju samog sustava, mala potrošnja energije, široka primjena te masovnost korištenja, mali domet odašiljanja. Tehnologija pruža prijenos podataka do 1 Mbit/s i radi na frekvencijama od 2.4 do 2.4835 GHz. Bluetooth radi na uslugama paketnog prijenosa podataka te ima model asimetrične komunikacije odnosno kontrole na principu rada središnjeg odnosno glavnog uređaja te ostalih perifernih uređaja. Jedan središnji uređaj može biti povezan i sa 7 sporednih uređaja u mreži koja se bežično spaja Bluetooth protokolima. Uređaji mogu mijenjati ulogu u mreži ovisno

o potrebi korisnika, tako da sporedni uređaj može postati središnji i obrnuto. Zbog korištenja radio komunikacijskog sistema, uređaji ne moraju biti vidljivi jedan drugome no bežični put za radiovalove mora biti dostupan. Prikazano na tablici ispod (Tablica 4.1) pokazuje ovisnost dometa Bluetootha o klasi. Valovi klase 3 imaju domet do 1 metar te ukupnu snagu do 1 mW odnosno 0 dBm te se oni često ne koriste upravo zbog malog dometa klase. Klasa 2 je najčešće korištena u mobitelima, slušalicama, zvučnicima te ima domet do 10 metara. Snaga klase je oko 2.5 mW to jest 4 dBm-a. Posljednja klasa, odnosno klasa 3 ima domet do 100 m te snagu od 100 mW to jest 20 dBm te se koristi uglavnom u industrijske svrhe.

<b>Klasa</b>	<b>(mW)</b>	<b>(dBm)</b>	<b>Domet</b>
1	100	20	~100
1.5	10	10	~20
2	2.5	4	~10
3	1	0	~1

Tablica 4.1 Dometi Bluetootha po klasama [6]

2010. godine izlazi nova verzija Bluetootha, odnosno Bluetooth 4.0 nazvana „Bluetooth Smart“. Dijeli se na „Classic Bluetooth“, „Bluetooth high speed“ i „Bluetooth Low Energy(BLE)“. Bluetooth high speed radi na WI-FI, dok Classic Bluetooth nastavlja tradiciju na Bluetooth protokolima. Potpuno nova verzija Bluetootha je BLE koji počinje upotrebljavati potpuno nove protokole za što bržu i bolju povezanost nego što su korišteni u dotadašnjim Bluetooth uređajima, čije su značajke veoma male dimenzije, mala potrošnja snage- omogućen rad nekoliko godina samo napajanjem običnim baterijama te postaje veoma kompatibilan sa mobilnim uređajima, laptopima, tabletima te računalima. Napravljene su dvije verzije implementacije, prva od njih je pojedinačni način rada u kojemu su integrirane samo funkcionalnosti BLE-a, dok u drugoj verziji dvostrukog načina rada cijela funkcionalnost je implementirana u postojeći uređaj sa Classic Bluetooth tehnologijom. Bitno je istaknuti da uređaji sa pojedinačnim načinom rada ne mogu komunicirati sa uređajima koji koriste klasični Bluetooth protokol, dok druga verzija može. [6]

Sustavi koji koriste Bluetooth kako bi se pozicionirali u zatvorenim prostorima koriste upravo BLE tehnologiju. Upravo zbog dvije glavne značajke BLE tehnologije, minimalne potrošnje energije i sveobuhvatne podržanosti na gotovo svim novijim pametnim uređajima, pozicioniranje preko Bluetootha je jedno od najčešće korištenih metoda u pozicioniranju u

zatvorenim prostorima. Na kraju 2016. godine postavljeno je i registrirano 8 039 500 odašiljača Beacon, 2 921 500 Wi-Fi točaka te 2 113 000 NFC senzora. IPS sustavi koji koriste BLE tehnologiju mogu raditi mjesecima ili čak i godinama autonomno, isplativo i vrlo jednostavno. Rade na način BLE tehnologije koja implementira Beacon odašiljače. Beacon mali jeftini elektronički uređaji sa veoma niskom potrošnjom energije. Sastoje se od čipa te ostalih elektroničkih uređaja na elektroničkoj pločici. On je zapravo samo odašiljač koji šalje signal u uređaje. Emitira kratke signale koji su onda primljeni od strane uređaja koji imaju BLE kao što su mobiteli. Beacone je patentirala i izumila korporacija Apple Inc. 2013. godine. Beacon uređaji rade na principu određene udaljenosti. Ukoliko se korisnik približi na određenu udaljenost Beacon šalje signal aplikaciji na mobilnom uređaju kako bi ga obavijestio o položaju korisnika. Implementacija tehnologije podrazumijeva postavljanje nekoliko Beacon odašiljača unutar zgrade odnosno zatvorenog prostora. Aplikacija na mobitelu pronalazi te odašiljače te prikuplja njihov RSSI te se zatim izračunava udaljenost između svakog odašiljača do prijemnika. Ti podatci su potrebni kako bi se otkrilo u kojem smjeru se korisnik kreće te su onda na kraju i pozicija i udaljenost prikazani u aplikaciji na mapi.



Slika 4.1 Prikaz rada Beacon uređaja [8]

Na slici 4.1 prikazan je pojednostavljeni način rada odašiljača. Beaconi su postavljeni po zatvorenom prostoru. Kada se korisnik približi na određenu postavljenu udaljenost odašiljači šalju jednosmjerni signal unutar radijusa svim uređajima koji su u toj blizini. Aplikacija na prijemniku prima jednosmjerni signal te omogućuje obavijesti te na kraju korisnici primaju obavijest upravo putem te aplikacije. Cijeli ciklus slanja i primanja signala odnosno informacije odašiljača se temelji na Bluetooth tehnologiji u korisnikovom pametnom uređaju koji pretražuje uređaje

Beacon koji se nalaze u blizini. Ukoliko pronađe uređaj, upari se s njim te pošalje informacijski signal odnosno podatak prema glavnome serveru. Zatim, server pomoću primljenih podataka pretražuje bazu te vraća lokaciju s podudarnom lokacijom Beacon odašiljača. Mogu se koristiti na više načina, najčešće korišteni način je direktno korištenje Beacon odašiljača pomoću mobilnog uređaja. Drugi način je pomoću aplikacije koji pristupa BLE protokolu te se spaja na odašiljač. Sljedeći najčešće korišteni način je pomoću cloud usluge kojoj se može pristupiti direktno s određenom aplikacijom te putem internetskog pretraživača. Najveće prednosti korištenjem Beacon tehnologije su: veoma jeftin za implementaciju, energetski učinkovit, relativno visoka preciznost, mogućnost korištenja i na Android i na iOS sustavu, jednostavnost instaliranja, upotrebljiv i s korisnički i poslužiteljskim aplikacijama, rad na baterije a samim time i dug vijek trajanja, veoma mali i diskretni uređaji, mogućnost konfiguracije mobilnih uređaja kao Beacon tehnologije. Najveći nedostaci Beacon tehnologije su: mogućnost detektiranja dva odašiljača te prebacivanje signala, prebacivanje lokacije s obzirom na udaljenost od odašiljača, gubitak povezanosti s uređajem, slabljenje i kašnjenje podataka, aplikacije korištene za spajanje s odašiljačima moraju biti programirane za rad s Beacon uređajima te mobilni uređaj mora imati moderniji operativni sustav i koristiti Bluetooth 4.0 ili veći, mogućnost kvara same aplikacije i neprecizno prikazivanje rezultata te relativno mal domet [7].

### **4.1.1 Primjena**

BLE tehnologija u pozicioniranju u zatvorenim prostorima je jedna od najčešće korištenih metoda tijekom zadnjih godina. Nalazi raznu i široku primjenu u medicini i bolnicama gdje se mogu pratiti mobilnu medicinsku opremu koja mora biti, u hitnim slučajevima, pronađena što prije. Korištenje u snalaženju po samoj bolnici, odjelima, sobama, uredima doktora. Koristi se još na konferencijama kao aplikacija koja pronalazi i prikazuje lokacije skupa, sastanka, govora. Mogućnost lakšeg snalaženja na velikim zatvorenim prostorima i lakše pronalaženje osoblja. U uredima u zgradama radi navigacije zaposlenika, zauzimanje soba, zaštitu od provalnika, lakša navigacija posjetiteljima. U velikim industrijama i postrojenjima radi praćenja osobne imovine i određenih stvari, optimizaciju procesa, integraciju sa ERP(engl. Enterprise resource planning) sistemima. U velikim garažama i parkinzima se koristi za smanjenje gužve, prikaz točnog broja slobodnih parkirnih mjesta, lakši pronalazak auta, navigaciju do izlaza. Za transport se

koristi kao aplikacija koja prikazuje informacije o gužvama i najboljim i najjeftinijim rutama, sigurnosno praćenje predmeta, promociju prodaje. U velikim trgovačkim centrima se koristi radi bolje orijentacije kupaca, lakše snalaženje do određenih dijelova centra, beskontaktno plaćanje [7].

## 4.2 WPS

Sustav za pozicioniranje koji koristi Wi-Fi tehnologiju bazira se na bežičnom umrežavanju koristeći IEEE 802.11 standard kako bi se pristupilo internetu. Većina pametnih uređaja, kao što su računala, tableti, pametni televizori, mobilni telefoni koriste Wi-Fi tehnologiju za što brži i bolji pristup internetu. Koriste radio valove emitirajući frekvencije između 2.4 GHz i 5 GHz ovisno o brzini i količini prijenosa. Najveća prednost ove tehnologije je široka dostupnost i kompatibilnost sa skoro svakim operacijskim sustavom. Postoje različite generacije IEEE standarda koje su se razvijale godinama te se razlikuju po maksimalnoj brzini podataka, radio valova na kojima rade te širini spektra koji zauzimaju.

Ukratko način rada Wi-Fi tehnologije se bazira na slanju mrežnih paketa između sebe gdje se podatci dijele na pojedinačne pakete te se šalju putem radio valova. Svako računalo treba se sastojati od bežičnog adaptera koji će prenositi blokove podataka u valnom obliku preko mosta koji povezuje dvije udaljene točke te stvara jednu mrežu na podatkovnom sloju. Upravo taj radio signal, će biti prenesen preko antene do rutera koji obavlja dekodiranje samog signala. Završetkom dekodiranja podatci će biti poslani na Internet preko Ethernet konekcije [9].

Pozicioniranje unutar zatvorenog prostora koristeći Wi-Fi tehnologiju je jedna od najčešće korištenih tehnika uopće. Najveće prednosti ove metode su mnogobrojne i veoma česte Wi-Fi pristupne točke te veoma lako korištenje.

Svaka pristupna točka prenosi određene podatke. Koristeći RSSI, odnosno izraz za snagu primljenog signala te MAC adresu, aplikacija može odrediti lokaciju samog krajnjeg uređaja s obzirom na snagu primljenog signala te pomoću „fingerprinting“ metode. Sama metoda se sastoji od dvije faze. U prvoj fazi, pripremaju se podatci odgovarajućih koordinata te su te lokacije pohranjene u bazu podataka. Upravo ta prva ili offline faza je

najvažnija te o njoj ovisi sama točnost rezultata pozicioniranja. U drugoj fazi korisnik šalje upit odnosno signal bazi podatka te se uspoređuje tražena lokacija sa najbližom poznatom lokacijom u bazi podataka. Najveći problemi ove tehnike je dizajniranje baze podataka te stalno ažuriranje iste.[11]



#### 4.2 Shema pozicioniranja putem Wi-Fi tehnologije [10]

Još jedna tehnika pozicioniranja unutar zatvorenog prostora pomoću Wi-Fi tehnologije je triangulacija. Ona koristi preklapanje tri signala iz obližnjih pristupnih točaka u okruženju korisnika kako bi dobila najtočniju traženu lokaciju. Udaljenost do određene pristupne točke je izračunata s obzirom na snagu primljenog signala te s obzirom na njihov presjek. Algoritam računa točnu lokaciju pristupne točke te određenu udaljenost do svake od njih. [11]

Najveći nedostatak ovih tehnologija je nemogućnost izračunavanja i pozicioniranja unutar prostora izvan dosega Wi-Fi signala, ukoliko prostor nema pristupnu točku nije dostupna niti jedna tehnologija koja koristi Wi-Fi. Još jedan nedostatak je potrebno konstantno ažuriranje baze podataka i pristupnih točaka kako bi rezultat pozicioniranja bio što točniji i precizniji. Usprkos tomu, nalazi široku primjenu u većini prostora u društvu, od knjižnica, restorana, kino dvorana te kazališta.

### 4.3 Magnetsko pozicioniranje

Zemljino magnetsko polje postoji na svakom djeliću površine, a unutar u zatvorenom prostoru svaka zgrada ima posebno i jedinstveno izobličenje magnetskog polja sa svojim magnetskim značajkama. Pozicioniranje putem magnetskog polja je tehnika pozicioniranja koja iskorištava nepravilnosti u polju pomoću kojih određeni algoritmi prepoznaju i utvrđuju lokaciju korisnika. Utvrđeno je da se magnetsko pozicioniranje može provesti u svakom unutarnjem prostoru, jer takav sistem ne zahtjeva dodatnu instalaciju uređaja niti aplikacija. Tehnika pozicioniranja pomoću magnetskog polja može biti primijenjena samo u određenim okolnostima, gdje su magnetska polja unutar zatvorenog prostora stabilna i nema velikih pomicanja metalnih predmeta kao što su velika dizala, stolovi, ormari, kreveti jer oni utječu na zemljino magnetsko polje. Koristi se senzor za detekciju lokacije te se pomoću „fingerprinting“ metode mapiraju magnetska polja na određenim lokacijama, te se pomoću pametnog uređaja mogu uspoređivati lokacije senzora i mapiranih lokacija kako bi se utvrdio točan i precizan položaj korisnika. [12]

### 4.4 VLC

Jedna od najtočnijih tehnika za pozicioniranje u zatvorenom prostoru je VLC(engl. Visual Light Communication) tehnika odnosno komunikacija vidljivom svjetlošću koja može biti precizna i do 5 cm točnosti. VLC je bežična tehnologija koja koristi LED svjetlo za prijenos podataka i komunikaciju kanalom. Pretpostavlja se da će u budućnosti najkorištenija tehnika za pozicioniranja u zatvorenim prostorima biti upravo VLC tehnologija.

Postoje mnoge prednosti za korištenje LED svjetlosti za pozicioniranje. Svjetlost ima širi spektar u odnosu na radio valove, nema štetnosti na ljudsko zdravlje, manja potrošnja energije i veliki potencijal za daljnji razvoj [14].



#### **4.4.1 Način rada**

VLC sustav za pozicioniranje koristi VLC signale prenesene sa LED servera kao baznu stanicu za pronalazak pozicije mobilnog uređaja. Mobilni uređaj, opremljen kamerom ili foto-diodom čita signal sa LED svjetla koji u sebi ima identifikacijski broj odnosno ID. Svaki ID je povezan sa jednim svjetlom na određenoj lokaciji. LED svjetlo šalje uzorak bljeskavog svjetla koji pronalazi kameru na mobilnom uređaju. Taj uzorak je dalje enkriptiran i poslan na server u baznu stanicu gdje se uspoređuje dobiveni uzorak sa već poznatim uzorcima LED svjetla. Kada je pronađen isti uzorak u bazi podataka, sistem očitava trenutnu poziciju i vraća ju korisniku. Postoji mnogo prednosti korištenjem VLC tehnologije, moguće ju je koristiti u RF osjetljivim prostorima kao što je bolnica te u ostalim RF nedostupnim prostorima. VLC tehnika nije toliko osjetljiva na višestazno širenje kao što su to RF signali. LED svjetla su ekološki prihvatljiva, relativno jeftina te se lako postavljaju te kontroliraju. Postoji mogućnost daljnjeg razvoja i pokrivenost velikog prostora [15].

#### **4.4.2 Nedostatci VLC tehnologije**

Iako je veoma precizna, još uvijek postoji mjesta za napredak te ima veliki broj nedostataka. VLC tehnologija je osjetljiva i na druge vrste svjetlosti te može doći do pogreške u očitavanju i slabljenju samog signala. Zbog računanja udaljenosti do svjetla preko vremena, može doći do pogreške zbog velike brzine svjetlosti te tako dovesti do devijacije. Radom sustava u mobilnom okruženju, može lako doći do smanjenja preciznosti jer točnost lokacije ovisi o sinkronizaciji između LED bazne stanice i primatelja, a u pokretu dolazi do velikih promjena lokacije u malom vremenu. Na točnost tehnologije utječe i unutar stanična interferencija. Korištenjem istog frekvencijskog kanala za brzi prijenos susjednih svjetlosnih ćelija, može dovesti do promijenjenog signala na prijemu te dovesti do pogreške. IPS na bazi VLC tehnologije je veoma podložan i ovisi o višestaznom širenju. Veći postotak pogrešaka u rezultatu su tako u kutovima prostora i na krajevima zbog prelamanja svjetlosnih zraka. Postoje tehnike za ublažavanje pogrešaka nastalih višestaznim širenjem, no i dalje su pogreške još uvijek velike te se traže i istražuju nove kako bi pogreške u daljnjem korištenju bile što manje [10].

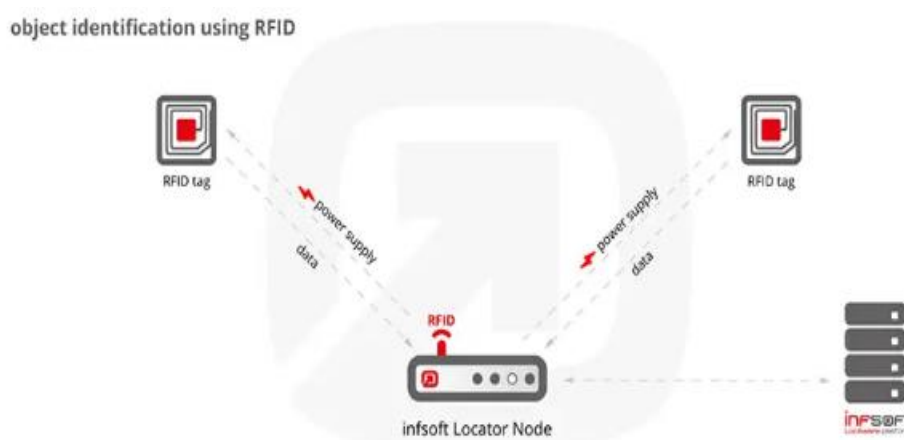
## 4.5 Komunikacija bliskog polja(NFC)

Bežična tehnologija koja omogućava prijenos podataka između dva uređaja koji se dodiruju ili su na bliskoj udaljenosti. Sami prijenos podataka se vrši pomoću elektromagnetskim radio valova koji omogućuju komunikaciju i slanje podataka između dva uređaja.

Instantnim primanjem podataka smanjuje se mogućnost pogreške uzrokovane ljudskom pogreškom no isto tako NFC tehnologije zahtjeva veliku potrošnju energije samog uređaja. Pametni uređaj će očitati NFC tehnologiju na drugom uređaju te primiti njegov serijski broj ukoliko je uređaj na dovoljno bliskoj udaljenosti. NFC uređaji mogu u budućnosti zamijeniti BLE tehnologiju bržeg spajanja sa uređajem te bi isto tako mogli zamijeniti QR kodove jer oni za razliku od kodova ne moraju biti vidljivi kamerom drugom uređaju. [5]

## 4.6 RFID tehnologija

RFID (engl. Radio Frequency Identification) koristi radio valove za bežični prijenos podataka. Veoma je slična NFC tehnologiji no za razliku od NFC-a, RFID tehnologija ne može simultano primiti i slati podatke drugome uređaju. Može se koristiti u svrhu lokacije objekata unutar zatvorenog prostora. Ona pruža razmjenu podataka do jednog metra te se na većim udaljenostima ne može koristiti. IPS sustav koji koristi RFID tehnologiju sastoji se od odašiljača i prijemnika. U pasivnom sustavu prijemnik funkcionira kao izvor napajanja i prenosi radio-frekvencijsku energiju do odašiljača. ID serijski broj i podatci odašiljača su tada pročitani od prijemnika i prosljeđeni platformi gdje su isti ti podatci daljnje procesuirani.



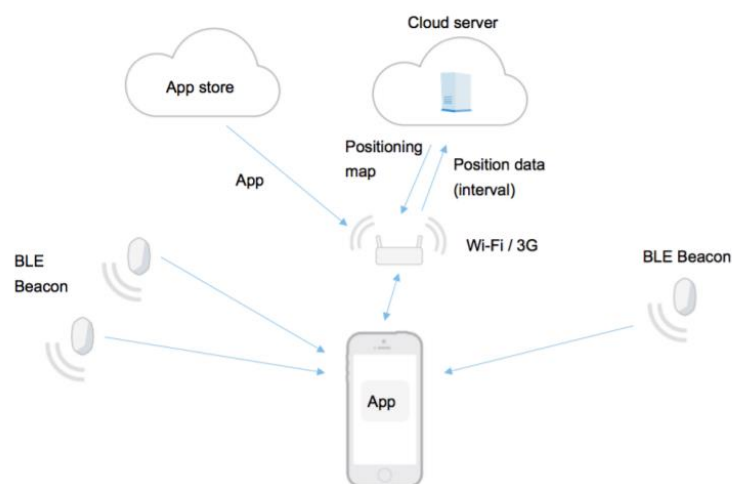
Slika 4.3 Shema načina rada RFID tehnologije [16]

RFID tehnologija se najčešće koristi za identificiranje vozila u automobilskoj industriji, kontrolu kvalitete u proizvodnji ili u upravljanju imovinom. U velikim skladištima odašiljači su postavljeni na viličare i funkcioniraju kao RFID čitači i spremaju informacije o ID serijskom broju određenih objekata. Upravo to omogućava da cijeli prijenosni lanac bude pod nadzorom i da se što efikasnije optimizira proces [16].

## 5. VRSTE IPS SUSTAVA

### 5.1 StepInside

StepInside IPS sistem koji je nastao 2017 godine, napravljen od strane švedske kompanije „Senion AB“ je jedan od najkorištenijih i najboljih IPS sustava na tržištu. StepInside je robustan i sveobuhvatan softver koji služi za pozicioniranje korisnika u zatvorenim prostorima pomoću mobilnih uređaja. Ovo rješenje se koristi u mnogim bolnicama za rješavanje gužvi, za pomoć slabovidnim osobama te za lakše snalaženje u trgovačkim centrima. To je integrirani sistem u kojemu je svaki dio radi sinkronizirano sa ostalima i upravo zbog takvog pristupa omogućuje punu kontrolu u pozicioniranju te zahtjeva minimalno održavanje. Zbog jednostavnog dizajna i veoma lakog korištenja, svi koraci od instalacije do korištenja samog sistema su dizajnirani učinkovito, produktivno i jednostavno za učenje. Sve ove osobine čine ovo rješenje dostupnim u gotovo svakom unutarnjem objektu gdje je potrebno pozicioniranje korisnika.



Slika 5.1 Arhitektura StepInside sistema [17]

Slika 5.1 prikazuje listu komponenata i samu strukturu načina rada StepInside sustava. Gotova mapa za pozicioniranje je preuzeta sa virtualnog servera preko interneta. Sami sustav se sastoji od tri komponente: 1) StepInside SDK

2) StepInside odašiljača

3) virtualnog servera

#### 1) StepInside SDK

Za dobivanje točne lokacije uređaja, StepInside SDK je integriran u samu aplikaciju mobilnog uređaja. Koristeći algoritme za računanje i određivanje pozicije uređaja u stvarnom vremenu, SDK kombinira i ujedinjuje senzore pokreta i BLE senzore omogućujući nesmetano i točno lociranje. BLE signali daju točne informacije o poziciji uređaja, a senzori pokreta mjere kombinaciju pritiska zraka, orijentaciju uređaja i brzinu kretanja. Komponente koje SDK koristi su radio signalni senzor u obliku BLE signala, te visinomjer, magnetometar, mjerac ubrzanja te giroskop.

#### 2) StepInside odašiljač

Korišteni su kako bi osigurali točan položaj korisnika. Odašiljači su postavljeni na zidove ili stropove zatvorenog objekta te svaki odašiljač pruža pokrivenost BLE signala do 250m udaljenosti ovisno o okruženju i kvaliteti samog odašiljača. Svaki odašiljač emitira svoj ID koji je daljnje korišten od strane SDK pozicijskog algoritma.

#### 3) Virtualni server

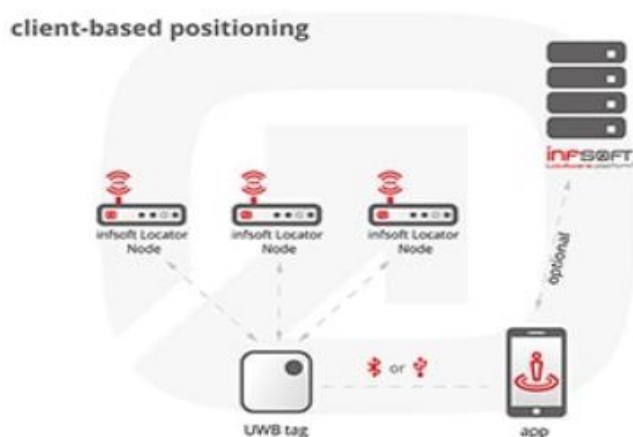
Virtualni ili „cloud“ serveri sadrže poziciju odgovarajuće „fingerprint“ karte koja je onda skinuta na pametni uređaj. Ta odgovarajuća „fingerprint“ karta sadrži BLE podatke potrebnog mjesta na kojemu se nalazi korisnik te informacije o broju vidljivih odašiljača na tom mjestu te jakost signala svakog od njih. Jednom kada je mapa skinuta na mobitel, SDK više ne treba pristup internetu za računanje pozicije korisnika. Nalazi se na Amazon Web serveru te je promet poslužitelja sveden na minimalnu potrošnju kako ne bi došlo do limita korisnika. StepInside radi na Amazon Web serveru te koristi Elastic Beanstalk za skaliranje, Relational Database servis za server, S3 za pohranu datoteka, Route 53 za DNS te Identity i Access Management za sigurnost [17].

### **5.1.1 Instalacija i održavanje**

Sama instalacija te održavanje sustava je veoma jednostavna i ekonomična. Instalacija je učinjena od strane samog klijenta te može biti gotova za nekoliko dana. Koristi se StepInside aplikacija u kojoj korištenje IPS sustava zahtjeva veoma malo ili ništa prethodnog znanja. Instalacija se vrši u nekoliko koraka. Prvi od njih je učitavanje karte na mobitel kako bi se dobila informacija o odašiljačima i putu do određenog mjesta. Drugi korak je postavljanje odašiljača i registriranje istih. Nakon toga se kalibriraju rute te prikupljaju podatci odašiljača. Zadnji korak je primanje i utvrđivanje pozicije na mjestu. Za održavanje StepInside-a koristi se sustav koji održava sve odašiljače u blizini mjesta. Za konfiguraciju sustava može se mijenjati glatkoća i osjetljivost plave točke te same postavke specifikacija sustava [17].

## **5.2 Infsoft**

Njemačka tvrtka koja svojim korisnicima pruža rješenja u smislu unutarnjeg pozicioniranja, navigacije, praćenje i općenito bolje orijentacije u prostoru. Koriste BLE odašiljače, Wi-Fi te najčešće UWB (engl. Ultra Wide Band) za pozicioniranje unutar zatvorenog prostora. Praćenje lokacije u industrijskom okruženju često ima potrebu za vrlo preciznim rezultatima te se u tu svrhu koristi UWB radio tehnologija. UWB ima mnoge prednosti što se očituje u većoj preciznosti same lokacije, od 10-30 cm, što je neusporedivo bolje nego sa odašiljačima koji svoju preciznost mjere od 1-3m ili Wi-Fi tehnologijom sa preciznošću od 5-15m. Kašnjenje samog signala je veoma malo, te se visinske razlike mogu brzo preračunavati no zbog posebnih komponenti samog sustava ova tehnologija je jedna od skupljih i zahtjevnijih za postavljanje. Ova metoda mjeri potrebno vrijeme koju svjetlosti pređe između objekta i više različitih prijemnika. Za uspješno očitavanje pozicije, potrebna su najmanje 3 prijemnika te isto tako mora postojati direktan put između prijemnika i odašiljača. Objekt koji se prati, opremljen je sa malim uređajem koji radi na baterije i šalje ID podatke prijemniku. Kombiniranjem signala sa 3 prijemnika dobije se veoma precizan rezultat pozicije objekta.

























Slika 5.2 Način rada Infsoft UWB sustava za pozicioniranje [18]

Slika 5.2 shematski prikazuje sam način rada IPS-a sa UWB metodom. Infsoftovi UWB odašiljači mjere udaljenost do različitih prijemnika te vraćaju nazad dobivene podatke. Prijemnici iste te podatke obrađuju i šalju na server preko Wi-Fi tehnologije te se nakon toga lokacija prikazuje na karti. Ukoliko se lokacija objekta mora odmah prikazati na pametnom uređaju, UWB odašiljači mogu direktno komunicirati s uređajima pomoću Bluetooth tehnologije ili pomoću USB sučelja [18].

### 5.3 GiPStech

Talijanska tehnološka kompanija koja kombinira komercijalni hardver sa naprednim senzorima i već postojećim prirodnim geomagnetskim poljem u svrhu pružanja najboljeg iskustva svojim korisnicima u pozicioniranju unutar zatvorenog prostora. GiPStech IPS sustav je jedan od najpouzdanijih alata za pozicioniranje, koji pruža vrlo visoku preciznost, pouzdanost i otpornost sustava, u odnosu na druge slične alate. Iskorištavanjem senzora pametnih uređaja te geomagnetskog polja, tehnologija potrebna za pozicioniranje ovom metodom ne zahtjeva velike instalacije i troškove održavanja. Sama tehnologija pozicioniranja je građena oko jeftinog elektroničkog korisničkog hardvera u svrhu dobivanja najboljeg i najpreciznijeg rješenja od uređaja koji su širom rasprostranjeni. Koristi se široki spektar različitih senzora, uključujući inercijske, geomagnetske i radio frekvencijske algoritme u svrhu dobivanja najboljeg iskustva u

svim potrebnim situacijama. U tu svrhu GiPStech je razvio vodeći industrijski orijentacijski uređaj. Temeljen na spajanju senzora smjera 9 osi koji su često predstavljeni u pametnim uređajima. Pomoću njega sustav je u stanju prepoznati i detektirati broj koraka korisnika, lažni broj koraka, udaljenost i odrediti samu orijentaciju i smjer kretanja bez obzira na položaj pametnog uređaja. U kombinaciji senzora smjera sa geomagnetskom „fingerprint“ metodom korisnicima omogućuje određivanje pozicije u bilo kojem okruženju. Preciznost sustava je oko jednog metra i to bez potrebe za instalacijom dodatne infrastrukture. Sustav može integrirati i ostale dostupne signale, dajući maksimalnu otpornost u bilo kojim uvjetima. Kao što vidimo u prikazu na slici 5.3 GiPStech kombinira i spaja više različitih tehnologija kako bi maksimalno iskoristio sve pogodnosti tih tehnologija i dobio najbolje rješenje za pozicioniranje unutar zatvorenog prostora. Koristeći geomagnetsku fingerprint metodu pruža korisnicima vrlo visoku preciznost iskorištavajući anomalije Zemljinog prirodnog magnetskog polja. Inercijski sensor pruža glatko kretanje i korištenje sa točnošću pozicije u stvarnom prostoru. Bluetooth valovi se koriste za grubo pozicioniranje sa ili bez fingerprintinga. Wi-Fi tehnologija se koristi za okvirno određivanje pozicije u postojećoj infrastrukturi.

	GiPStech	BLE	Geomag	Inertial
Precision				n/a
Stability				
Real Time				
Low Infrastructure				
Flexibility				n/a
Devices Coverage				

Slika 5.3 Karakteristike Gipstech sustava [19]

Koristeći samo trećinu odašiljača koji su potrebni ostalim sustavima za pozicioniranje pomoću Wi-Fi tehnologije, algoritmi Gipstech sustava su u mogućnosti obaviti lokalizaciju i pronalaženje pozicije korisnika bez potrebe za dodatnom instalacijom sustava te isto tako instalirajući samo

desetinu BLE odašiljača, sustav će biti u mogućnosti veoma precizno odrediti samu poziciju korisnika [19].

## **5.4 Philips**

Jedan od najboljih primjera tvrtki koja se bavi između ostaloga i sa sustavima za unutarnje pozicioniranje koristeći VLC tehnologiju je nizozemska tvrtka Philips. Sve do nedavno ukoliko se željelo uživati u svim pogodnostima IPS sustava, trgovci odnosno korisnici su se morali zadovoljiti sa sistemima koji su od njih zahtijevali da dodaju odnosno kupuju dodatnu skupu opremu koja često pruža upitne rezultate sa malom preciznošću i velikim kašnjenjem. No, s razvitkom Philipsovog VLC sustava za pozicioniranje, korisnici mogu uživati u brzim, veoma preciznim lociranjem i orijentacijom u stvarnom vremenu. Svjetlo je provedeno te instalirano u svakoj zatvorenoj prostoriji gdje ljudi borave te je stoga prirodno koristiti svjetlost za pozicijsko lociranje i navigaciju, nego kupovati i instalirati čitavu novu odvojenu infrastrukturu. Koristeći Philips VLC tehnologiju, svaki dio šalje svoj osobni identifikacijski broj na korisnikom pametni uređaj, omogućavajući sustavu precizno lociranje u zatvorenom prostoru. Pošto je VLC sustav ugrađen direktno u Philipsova LED svjetla, nije potreban novi trošak dijelova, održavanja ili dodatne potrošnje energije. Sami softver može koristiti više ulaznih signala u kombinaciji sa VLC tehnologijom, kao što je Bluetooth ili mobilni senzor i utvrditi lokaciju do 30 cm točnosti [20].

## **5.5 Confidex**

Finska kompanija koja je svjetski broj 1 u pružanju beskontaktnih rješenja za javni transport, logistiku, te samu proizvodnju industrije. Koriste RFID tehnologiju za kreiranje baze za poboljšanje poslovanja. RFID može povećati učinkovitost samog procesa i uštedu novca te sa manje nadzora, povećati produktivnost. Postoji široki spektar različitih odašiljača sa različitim svojstvima, ali su svi kompatibilni sa Gen2 čitačem kojeg Confidex koristi kako bi primio signal. Najvažniji električni parametar je osjetljivost odašiljača koji određuje maksimalnu udaljenost na kojoj vrši lociranje. Isti ti odašiljači su postavljeni na strojeve kako bi što. Drugi parametar je količina memorije koja je potrebna u samom radu sustava. Najčešće se odašiljači stavljaju na viličare odnosno strojeve kako bi radili kao RFID čitači i očitavali lokaciju samih objekata.



## **6. KARAKTERISTIKE I USPOREDBA**

Karakteristike koje promatramo u IPS sustavima odnose se na sami rad sustava za pozicioniranje te su to: preciznost, održavanje, ekonomičnost, mapiranje, vijek rada, navigacija „plavom točkom“, sigurnost, klijenti te osjetljivost signala.

### **6.1 Preciznost**

Preciznost samog sustava se odnosi na točnost lociranja objekta unutar zatvorenog prostora u odnosu na stvarnu poziciju. Različiti sustavi imaju različitu preciznost ovisno o tehnologiji koju koriste te za koju svrhu su namijenjeni. Ukoliko se sustav koristi za osobnu navigaciju, za izlazak iz kazališta, kina, aerodroma preciznost ne mora biti toliko velika i može varirati od 2-5m, no ukoliko se korisnik treba snalaziti do točno određenog dijela skladišta, trgovine, preciznost mora biti veća.

### **6.2 Održavanje sustava**

Kod održavanja sustava, promatra se održavanje tehnologija sa hardverskim komponentama pa se zato analiziraju BLE, Wi-Fi i VLC tehnologije, a promatranje geomagnetskog pozicioniranje je dosta teže zbog nedostatka hardvera. BLE tehnologije zahtijevaju konstantne instalacije softvera i kalibracije sustava, ovisno o promjenama u okruženju. Ukoliko su odašiljači centralizirani, održavanje sustava je olakšano. Kod Wi-Fi tehnologije, održavanje je nešto lakše zbog već postojeće infrastrukture, no ipak potrebno je stalno unaprjeđivanje sustava te resetiranje pristupne točke. Održavanje uključuje i prilagodba na uvjete okoline te popravljavanje hardvera ili softvera ukoliko dođe do kvara u jednome od njih. VLC tehnologija, iako su LED svjetla poprilično sigurna i izdržljiva, zahtjeva mijenjanje žarulja ukoliko neka prestane raditi ili oslabi, no iznos održavanje VLC tehnologije je uglavnom veoma nizak.

## 6.3 Ekonomičnost sustava

Trošak same instalacije sustava kod Wi-Fi tehnologije nije visok. Infrastruktura već postoji te je korištena ista i od IPS sustava. Ukoliko postoji potreba za instaliranjem nove pristupne točke, trošak uređaja i postavljanja nije velik te se ugrađuje samo ukoliko postoji dio prostora koji nije pokriven ostalim pristupnim točkama. Kod BLE tehnologije, cijena odašiljača koji su potrebni za rad sustava može varirati ovisno o modelu, snazi i jačini samog uređaja te je u rasponu od 30kn do 200 kn. Cijena nije toliko visoka, no prostor zahtjeva više uređaja te se onda sama cijena instalacije povećava. VLC tehnologija nema velikih izdataka na postavljanje sustava, postavljaju se samo LED žarulje koje su dugotrajne te ukoliko se jedna pokvari zamijeni se sa drugom. Instalacija uređaja kod geomagnetskog pozicioniranja nije potrebna te stoga ta tehnologija je ekonomično najisplativija.

## 6.4 Mapiranje

Kod Wi-Fi i VLC sustava, mapiranje određene lokacije, gdje će uređaji biti postavljeni, je nužno zbog uspješnosti i preciznosti provođenja lociranja. Ukoliko je potrebno, sustavi se mogu kalibrirati više puta za dobivanje najtočnijih podataka. Što se tiče BLE sustava za pozicioniranje, slični postupci su izvršeni kako bi se preko aplikacije upravljalo sa svim uređajima. U geomagnetskom pozicioniranju, korisnici mogu sami skupljati podatke o magnetskim poljima koji su nakon toga obrađeni i dostupni za korištenje. Trošak takvog načina rada je veoma nizak jer svaki korisnik može za sebe mapirati određeni dio, nije potreban profesionalni kadar za obavljanje posla.

## 6.5 Vijek rada

Jedini sustav za unutarnje pozicioniranje koji koristi baterije su BLE odašiljači. Sami vijek rada odašiljača isto tako ovisi o samoj kvaliteti i modelu odašiljača, vrsti baterije i načinu rada. Kod VLC sustava, rad ovisi o radu žarulje LED svjetla te o jačini svjetline te predviđenog vremena rada. Wi-Fi sustavi mogu neprestano raditi pod uvjetom da je pokrivenost interneta dobra i da sami signali dopiru od odašiljača do prijemnika.

## **6.6 Navigacija „Plavom točkom“**

Tokom rada sustava, pozicija korisnika se neprestano mijenja te je označena u aplikaciji na pametnom uređaju takozvanom plavom točkom. Točka se pomiče ovisno o kretanju korisnika te je cilj svakog IPS sustava da pomicanje točke bude što glađe, bez naglih skokova uz što točniji prikaz položaja. Taj termin, kada se točka pomiče simultano s korisnikom, je nazvan plavom točkom. U BLE sustavima, praćenje kretanje korisnika se odvija pomoću određenih algoritama i gusto raspoređenih BLE odašiljača. Uz kombinaciju sa drugim tehnologijama, dolazi do prikaza lokacije i točke na pametnom uređaju. Određivanje lokacije nije moguće ukoliko ne postoji dovoljan broj odašiljača u zatvorenom prostoru. Prolaskom pokraj odašiljača, korisnik mapira određeni dio prostora te se lokacija automatski sprema na virtualni server te korisnik odmah može vidjeti svoju lokaciju u prostoru.

## **6.7 Sigurnost**

Podatci koji sadrže točnu lokaciju korisnika mogu predstavljati mogući problem ukoliko nisu zaštićeni. Tehnologija poput BLE i Wi-Fi sustava su poprilično sigurne. Lokacije se određuje direktno na pametnom uređaju bez daljnje razmjene informacija sa serverom te podatci nisu prosljeđeni dalje. Odašiljači ne sadrže nikakve podatke već samo ID uređaja kako bi mogli očitati točnu lokaciju korisnika. BLE odašiljači su zaštićeni ID metodom kako bi spriječili uključivanje treće strane od pokušaja krađe podataka. Samo korisnik odašiljača ima ključ potreban za dekodiranje istih. ID se neprestano mijenja, stoga je nužno koristiti sučelje i ključ korisnika za dobivanje pristupa odašiljaču. VLC sustavi su veoma sigurni, jer za njihovo korištenje ne trebaju nikakvi podatci i korisnici su u sustav prijavljeni anonimno.

## 6.8 Klijenti

Postoje dva različita tipa klijenata: Android korisnici i iOS korisnici. Svi IPS sustavi, osim Wi-Fi sustava, mogu biti korištene od oba klijenta dok Wi-Fi sustav mogu koristiti samo Android korisnici. Od 2011. godine, IPS sustav baziran na Wi-Fi tehnologiji nije podržan od strane Apple-a, a od iOS 8 sustava, Apple je obavijestio svoje korisnike da je navigacija unutar zatvorenih prostora ugrađena u sami pametni uređaj. Kombinacijom senzora pokreta, Wi-Fi i iBeacon tehnologije, uređaj prepoznaje okolinu prostora i kreće sa lociranjem objekta.

## 6.9 Osjetljivost signala

BLE tehnologija je osjetljiva na mijenjanje uvjeta radio signala. Položaji i količina objekata unutar zatvorenog prostora mogu drastično izmijeniti percepciju i prijem signala. Zbog toga razloga, kada se postavljaju odašiljači, ukoliko je moguće trebaju se postaviti na direktnu liniju vida do prijemnika, postavljanjem iznad visine glave. Može lako doći do višestaznog širenja i interferencije signala od rub, staklo, metal. Wi-Fi signali mogu biti blokirani na sličan način, od uređaja, fizičkih prepreka, ljudi, elektronike. VLC tehnologija je osjetljiva na način da sve što se miješa sa vidljivom zrakom svjetlosti LED svjetla direktno utječe na rezultat pozicioniranja. Na magnetsko polje geomagnetsko pozicioniranje utječe elektronička buka, drhtaj ruku, efekt teško/mekog željeza. Smanjuju razlikovanje lokacije u magnetskom polju te tako utječu na rezultat pozicioniranja [5].

## 6.10 Usporedba

Usporedba najkorištenijih tehnologija i njihovih karakteristika se temelji na provedenom istraživanju koje je prikazano u Tablici 6.1

	<b>BLE</b>	<b>Wi-Fi</b>	<b>Geomagnetsko</b>	<b>VLC</b>
<b>Preciznost</b>	2m	5m	2m	5cm
<b>Vijek baterije</b>	5-8g	-	-	5-7g/0-24h
<b>Održavanje</b>	Srednje	Srednje	Lako	Lako
<b>Razina sigurnosti</b>	Visoka	Srednja	Visoka	Visoka
<b>Troškovi instalacije</b>	Srednji	Visoki	Niski	Srednji
<b>Metoda mapiranja</b>	Uređaj	Fingerprinting	Okruženje	Mapiranje
<b>Sustav</b>	Android/iOS	Android	Android/iOS	Android/iOS
<b>Obavijesti</b>	Podržano	-	-	-
<b>Navigacija Plavom točkom</b>	Podržana	Podržana	Podržana	Podržana
<b>Osjetljivost signala</b>	Osjetljiv	Osjetljiv	Osjetljiv	Osjetljiv

Tablica 6.1 Usporedba karakteristika različitih IPS sustava [5]

Preciznost lociranja ovisi o kvaliteti uređaja, no najpreciznija tehnologija općenito je VLC koja postiže točnost pozicioniranja i do 5cm. Vrijeme rada je najučinkovitije u onim tehnologijama koji ne koriste baterije za rad samog sustava, tako da u ovoj kategoriji prednjače Wi-Fi i magnetska tehnologija. Što se tiče održavanja najjednostavnije je geomagnetsko pozicioniranje jer ono ne zahtjeva dodavanje nikakvog hardvera pa je samo mapiranje i lociranje veoma jednostavno. Najsigurniji sustavi su BLE, magnetski i VLC dok je sustav baziran na Wi-Fi pozicioniranju podložniji napadima. Isplativost sustava ovisi o trošku instalacije istoga. Geomagnetsko pozicioniranje ne zahtjeva dodavanje nikakvog dodatnog uređaja pa je za to i najisplativiji, dok je Wi-Fi sustav najskuplji zbog dodavanja mnogih odašiljača u prostor. Svaka tehnologija na različite

načine vrši mapiranje prostora, a te su metode navedene iznad. Što se tiče sustava, jedino Wi-Fi pozicioniranje ne radi na iOS sustavu. Dolazak obavijesti su omogućeni jedino od strane BLE tehnologije. Pozicioniranje sa takozvanom plavom točkom je omogućeno na svim tehnologijama, dok su same tehnologije veoma osjetljive na mijenjanje signala [5].

## 7. ZAKLJUČAK

Zadatak ovoga rada je obuhvaćao detaljan prikaz sustava za pozicioniranje u zatvorenim sustavima. Bilo je potrebno analitički opisati i objasniti problematiku samoga pozicioniranja te analizirati i međusobno usporediti različite IPS sustave te zatim prikazati primjere njihove primjene. Prvo je spomenut problem pozicioniranja kako u vanjskim prostorima, tako i u zatvorenim te je objašnjen sami pojam IPS sustava. Nadalje, istražen je način rada sustava za pozicioniranje i prikazane su njegove tehnologije. Objasnjeno je način rada, svrha, i primjena svake tehnologije zasebno te njihove prednosti i mane. Zatim, detaljnim istraživanjem prikazani su primjeri njihove primjene na tržištu i prikazane su kompanije koje koriste upravo te sustave. Detaljne karakteristike sustava su navedene te pojašnjene i na kraju uspoređene kako bi se vidjelo koji sustavi prednjače u određenim kategorijama te koji sustavi su predodređeni za točno određene dijelove tržišta. Samo pozicioniranje u zatvorenim prostorima je relativno novi pojam te nije još toliko razvijeno, iako u posljednjim godinama razvoj i primjena IPS sustava rapidno se povećava. Zbog veoma jednostavne instalacije sustava koja se može već čak i ugraditi na postojeće sustave i zbog pogodnosti koje sustav pruža sve više je zadovoljnih korisnika. Sa većim brojem korisnika, dolazi do poboljšanja i zahtjeva sustava i ulaganja u smjeru pozicioniranja. Različiti sustavi nalaze različite primjene u društvu te tako sami korisnici mogu odabrati u koje svrhe im treba te naći točno određenu tehnologiju pogodnu za njih ovisno o poželjnim karakteristikama, vrsti zgrade te trošku instalacije. Svaka tehnologija ima svoje prednosti i mane no analiziranjem je utvrđeno da ukupno gledajući BLE tehnologija daje najbolje rezultate. Kombiniranjem tehnologija tijekom instalacije sustava, poboljšavaju se karakteristike sustava te dobivaju bolji i precizniji rezultati. Ovisno o lokaciji primjene, kompanije biraju najpovoljnije rješenje, tako naprimjer u velikim industrijama, aerodromima, bolnicama nije potrebna veoma velika preciznost lociranja pa mogu odabrati najbolje rješenje u vidu BLE sustava. Sa druge strane u tržnim centrima, određenim firmama potrebna je veća preciznost lociranja pa kombinacijom BLE i VLC tehnologije postižu najbolje rezultate. Na odabir sustava utječe još i njihova ekonomičnost instalacije, održavanja, sigurnost i jednostavnost korištenja. U narednim godinama može se očekivati još veći napredak i razvitak sustava za pozicioniranje u zatvorenim prostorima sa skroz novim tehnologijama i kombinacijama istih te naposljetku utvrđivanje IPS standarda koji do danas ne postoji.

## LITERATURA

- [1] Smithsonian „Challenges of Satellite Navigation“, <https://timeandnavigation.si.edu/satellite-navigation/challenges-of-satellite-navigation>
- [2] GPS.gov „GPS Accuracy“, <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>
- [3] James R. Clynch, Naval Postgraduate School (July 2000), „GPS Accuracy factors“, <https://www.oc.nps.edu/oc2902w/gps/accfact.html>
- [4] „Dilution of Precision“, <https://www.umweltanalysen.com/en/gps/dilution-of-precision/>
- [5] Bernard Vukelić (2017), „ANALYSIS OF AN INDOOR POSITIONING SYSTEMS“  
<https://hrcak.srce.hr/183441>
- [6] Wikipedia „Bluetooth“, <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [7] Developex (2017), „Indoor navigation with BLE“, <https://developex.com/blog/indoor-navigation-with-ble/>
- [8] Noman Shaikh, „How do iBeacons Work?“, <https://www.peerbits.com/blog/the-most-comprehensive-guide-beacon-installation-maintenance.html>
- [9] AAKai (2016) “What is WiFi and How Does it Work?”, 2016., <http://ccm.net/faq/298-what-is-wifi-and-how-does-it-work>
- [10] Gaudlitz, E.(2015) “Indoor navigation using WiFi as a positioning technology”, 2015., <https://www.infsoft.com/blog-en/articleid/40/indoor-navigation-using-wifi-as-a-positioning-technology> (03.01.2017.)
- [11] Palaskar, P., Pathak, O., Palkar, R., Tawari, M. (2014) “Wi-Fi Indoor Positioning System Based on RSSI Measurements from Wi-Fi Access Points – A Tri-lateration Approach”, 2014., <http://www.ijser.org/researchpaper/Wi-Fi-Indoor-Positioning-SystemBased-on-RSSI-Measurements.pdf> (23.01.2017.)
- [12] Wenhua Shao et al. (2016) “Location Fingerprint Extraction for Magnetic Field Magnitude Based Indoor Positioning”, 30.10.2016., <https://www.hindawi.com/journals/js/2016/1945695/> (13.03.2017.)
- [13] Wikipedia „Magnetic positioning“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_positioning](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_positioning)
- [14] Uysal, M., Miramirkhani, F., Narmanlioglu, O., Baykas, T., & Panayirci, E. (2017). IEEE 802.15. 7r1 reference channel models for visible light communications. IEEE Communications Magazine, 55(1), 212-217
- [15] Muhammad Talha Zia (2020), „Visible Light Communication Based Indoor Positioning System“  
[https://www.temjournal.com/content/91/TEMJournalFebruary2020\\_30\\_36.pdf](https://www.temjournal.com/content/91/TEMJournalFebruary2020_30_36.pdf)



- [16] InSoft „Indoor Localization with RFID“, <https://www.infsoft.com/technology/positioning-technologies/rfid>
- [17] SenionLab (2015) „StepInside“, <https://senion.com/wp-content/uploads/2015/11/StepInside-product-description.pdf>
- [18] Infsoft (2016) „Indoor positioning with Ultra-Wideband“, <https://www.infsoft.com/technology/positioning-technologies/ultra-wideband>
- [19] Gipstech (2016) „Indoor Localization that works“, <https://www.gipstech.com/>
- [20] Philips (2017-2) “LED based indoor positioning”, 2017., <https://www.usa.lighting.philips.com/systems/lighting-systems/indoor-positioning>
- [21] Confidex „Industril-grade RFID“, <https://www.confidex.com/smart-industries/>
- [22] Global Positioning System (GPS) Standard Positioning Service (SPS) Performance Standard - 5th Edition, April 2020, <https://www.gps.gov/technical/ps/2020-SPS-performance-standard.pdf>

## **SAŽETAK**

Samim napretkom i razvitkom tehnologije dolazi do sve većeg razvoja i korištenja sustava za pozicioniranje u zatvorenim prostorima. U radu se navode glavni problemi pozicioniranja u globalu te pozicioniranja u prostorima gdje GPS sustav nije moguće koristiti. Nadalje, prikazana su rješenja koja se koriste u smanjivanju i potpunom rješavanju problematike pozicioniranja. Opisan je pojam IPS sustava i prikazani su razlozi i uvjeti njegovog korištenja. Prikazane su glavne dostupne tehnologije s kojima je omogućeno lakše snalaženje i lociranje pozicije. Navedeni su najzastupljeniji IPS sustavi dostupni na tržištu te je prikazan način rada svakog od njih. Analizirane su glavne karakteristike i svojstva dostupnih uređaja i tehnologija te su uspoređene glavne metode kojima se koriste. Primjena sustava za unutarnje pozicioniranje je veoma široka te se razlikuje od potreba korisnika odnosno velikih kompanija s kojim uvjetuju korištenje različitih tehnologija i kombinacije istih. Svaki sustav ima svojih prednosti i mana te niti jedan nije savršen u svim kategorijama, no općenito najrašireniji i najpouzdaniji se pokazao BLE sustav zbog svoje preciznosti, jednostavnosti i sigurnosti.

Ključne riječi: IPS, pozicioniranje, problematika pozicioniranja, način rada, tehnologije, primjena sustava, BLE

## **ABSTRACT**

With an advancement and development of technology, there is a growth in using Indoor Positioning Systems. In this paper are listed the major problems in positioning and major problems for positioning in places where GPS system is not working properly. Further, the solutions, that are being used for reducing and completely solving problems in positioning, are shown. The term IPS system is described, as well as reasons and conditions of using IPS. The most common IPS systems, that are available on market, are listed, as well as their operating system and their mode of operation. The main characteristics and properties of available devices and technologies are analyzed and the main methods are compared. Use of IPS is very wide and differs from the needs of users or large companies with which they require the use of different technologies. Each system has its advantages and disadvantages and none of the technologies are perfect in all categories, but in general the most widespread and the most reliable is BLE system due to his precision, simplicity and safety.

Keywords: IPS, positioning, problems with positioning, mode of operations, technologies, use of systems, BLE

