

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Kristjan Antunović

Sistem za lokalizacijo uporabnikov z mobilnimi napravami

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Kristjan Antunović

Sistem za lokalizacijo uporabnikov z mobilnimi napravami

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: dr. Nikolaj Zimic

Ljubljana, 2015

To delo je ponujeno pod licenco *Creative Commons Priznanje avtorstva-Deljenje pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija* (ali novejšo različico). To pomeni, da se tako besedilo, slike, grafi in druge sestavine dela kot tudi rezultati diplomskega dela lahko prosto distribuirajo, reproducirajo, uporabljajo, priobčujejo javnosti in predelujejo, pod pogojem, da se jasno in vidno navede avtorja in naslov tega dela in da se v primeru spremembe, preoblikovanja ali uporabe tega dela v svojem delu lahko distribuira predelava le pod licenco, ki je enaka tej. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani creativecommons.si ali na Inštitutu za intelektualno lastnino, Streliška 1, 1000 Ljubljana.



Izvorna koda diplomskega dela, njeni rezultati in v ta namen razvita programska oprema je ponujena pod licenco *GNU General Public License*, različica 3 (ali novejša). To pomeni, da se lahko prosto distribuira in/ali predeluje pod njenimi pogoji. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani <http://www.gnu.org/licenses>.

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Mobilne naprave, predvsem mobilni telefoni, so zelo razširjeni in predstavljajo platformo za različne aplikacije. Ena izmed zanimivih aplikacij je tudi določanje položaja uporabnika v prostoru. V tem primeru imamo v mislih večje prostore, kot so na primer bolnišnice. Mobilna aplikacija bi lahko na primer vodila pacienta po bolnišnici.

V diplomski nalogi preglejte načine določanja lokacije uporabnika v prostoru. Izdelajte lastni sistem za lokalizacijo in pri tem upoštevajte, da ni potrebna velika natančnost, saj je za vodenje uporabnika po prostoru dovolj že nekaj metrska natančnost. Sistem naj bo sestavljen iz strežnika, na katerem so vsi podatki, ter odjemalca na mobilnem telefonu. Sistem preizkusite v prostorih Fakultete za računalništvo in informatiko.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Kristjan Antunović sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Sistem za lokalizacijo uporabnikov z mobilnimi napravami

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom dr. Nikolaja Zimica,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 24. 09. 2015

Podpis avtorja:

Kazalo

Povzetek

Abstract

Poglavje 1	Uvod	1
Poglavje 2	Metode lokalizacije	3
2.1	Triangulacija	3
2.2	Trilateracija	4
2.3	Odtis lastnosti prostora	5
2.4	Metode določanja uporabnikovega položaja	7
2.4.1	Triangulacija po vpadnem kotu	7
2.4.2	Trilateracija, razdalja z jakostjo prijetega signala	8
2.4.3	Trilateracija, razdalja z časom prihoda signala	8
2.4.4	Določanje lastnosti prostora z odtisom.....	9
Poglavje 3	Razpoložljiva tehnologija.....	10
3.1	Bluetooth.....	10
3.2	Magnetno polje	10
3.3	Interaktivne tehnologije	11
3.4	WIFI (Brezžična omrežja)	11
3.4.1	MAC naslovi (BSSID)	12
3.4.2	Jakost prejetega signala	12
Poglavje 4	Obstoječe rešitve	13
4.1	IDocent.....	13
4.2	IndoorAtlas	14
4.3	SPREO	14
Poglavje 5	Struktura programske opreme	15

5.1	Kriteriji in pogoji.....	16
5.2	Pristopi določanju uporabnikovega položaja	16
5.2.1	Trilateracija z WIFI (jakost prejetega signala)	17
5.2.2	Določanje po odtisu vidnosti WIFI vstopnih točk v prostoru	20
5.2.3	Določanje po interaktivnih referenčnih točkah	28
5.3	Programska oprema za izdelavo navigacijskih kart	29
5.3.1	Postopek izdelave navigacijske karte.....	30
5.3.2	Navigacijska karta.....	33
5.3.3	Struktura navigacijske karte.....	38
5.4	Strežnik za lokalizacijo in vmesnik za vzdrževanje sistema	39
5.4.1	Zahtevek za določitev uporabnikovega položaja	39
5.4.2	Iskanje ustreznih referenčnih točk	40
5.4.3	Vmesnik za vzdrževanje sistema za lokalizacijo in usmerjanje	41
5.5	Programska oprema za usmerjanje in prikaz navigacijskih kart	43
5.5.1	Prehod med nadstropjem.....	45
5.5.2	Vmesnik za prenos podatkov	46
5.5.3	Prikazovalnik navigacijskih kart.....	47
Poglavje 6	Analiza uporabe	51
Poglavje 7	Sklepne ugotovitve	55

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
HTTP	hypertext transfer protocol	protokol namenjen prenosu podatkov na spletu
QR	quick response code	črtna koda
NFC	near field communication	tehnologija za izmenjavo podatkov na kratke razdalje
RAM	random access memory	bralno-pisalni pomnilnik
WIFI	wireless fidelity (wireless local area network)	tehnologija za vzpostavitev brezžičnega lokalnega omrežja
RF	radio frequency	radio frekvenca

Povzetek

Kadar smo v preteklosti načrtovali sistem za določanje položaja in usmerjanje uporabnikov v prostoru, smo bili soočeni s problemom, kako uporabnika razbremeniti potrebe po dodatni strojni opremi. Skoraj vsak načrtovan pristop je zahteval, da mora uporabnik imeti specializirano opremo, da bi lahko uporabljal sistem.

Danes takšnega problema nimamo več zaradi izredno velike razširjenosti pametnih mobilnih naprav. Njihova strojna oprema nam omogoča več zanimivih pristopov načrtovanja sistema za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov v prostoru.

Cilj diplomske naloge je razviti preprost sistem za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov v prostoru, ki omogoča preprosto združevanje z obstoječimi storitvami tega področja. V uvodnih poglavjih obravnavamo metode lokalizacije, njihovo splošno uvedbo, tehnologijo, ki nam je na voljo, in že obstoječe rešitve.

Sledi podrobna predstavitev vseh komponent, ki tvorijo razvit sistem, v zaključku pa so predložene rešitve za ugotovljene probleme in analiza uporabe sistema.

Ključne besede: lokalizacija uporabnikov, usmerjanje uporabnikov, sistem za lokalizacijo, določanje uporabnikovega položaja, metode lokalizacije, metode usmerjanja

Abstract

In the past when designing indoor user localization and navigation systems we were confronted with the problem of unburdening our users from needing additional hardware to use said systems. Almost every design put on paper required that a user have a specialized dedicated hardware.

This however is no longer the case today due to massive popularity of smart phones and user handheld devices such as tablets, smart watches and netbooks. The hardware of which offers us multiple interesting and unconventional ways of designing systems for user localization and navigation.

It was the goal of this thesis to develop a simple system for indoor user localization and navigation which would allow further integration with already existing services on this field. In the introductory chapters we take a look at basic localization methods, ways of implementation regardless of technology, technologies available to us and existing solutions currently on market. Followed by an in-depth look at the structure and workings of components which form the developed solution and how said solution tackles common problems encountered with localization methods and systems. Finally we take a look at additional components being developed and usage analysis.

Keywords: user localization, user navigation, localization system, determining user's location, methods of localization, methods of navigation

Poglavje 1 Uvod

Ideja o sistemu za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov se je pojavila še preden so se na trg prebili prvi osebni računalniki in mobilni telefoni. Preproste oblike so se pojavile že leta 1960 v industriji, zabaviščnih parkih, na avtobusnih in železniških postajah.

Ti so se pojavili v obliki orientacijskih elektronskih kart, ki so prikazovale uporabnikov položaj in izbrane destinacije z uporabo žarnic, vgrajenih za tlorisom. V preteklosti bi sistemi za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov zahtevali dokaj drago in zahtevno infrastrukturo, vsak uporabnik pa bi potreboval specializirano napravo.

Danes takšne težave nimamo več. Popularnost pametnih telefonov, tablic, dlančnikov in pametnih ur s širokim naborom opreme pomeni, da smo večinoma rešili vprašanje uporabnikove naprave. V pomoč pri načrtovanju sistema pa nam je tudi velika razširjenost brezžičnih omrežij. Velika konkurenca na trgu mobilnih naprav in hiter upad cen elektronskih komponent pomeni, da imamo danes tudi v napravah nižjega cenovnega razreda na voljo tehnologijo, kot je Bluetooth, NFC, magnetometer, pospeškometer, barometer, GPS in bazne postaje.

Vsa ta funkcionalnost nam omogoča več različnih pristopov k izvedbi sistema za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov v prostoru. Tudi takšnih, bolj neobičajnih, kot je uporaba gostote lokalnega magnetnega polja, intenzivnost svetlobe ali spremembe v tlaku. Prve izvedbe sistemov za lokalizacijo in usmerjanje podatkov so temeljile na uporabi IR ali Bluetooth tehnologije, ki pa so bile večinoma izvedene za naročnike po meri.

Pri načrtovanju rešitve sta nam na voljo dva bolj poznana matematična pristopa, kjer uporabljamo kote (triangulacija) ali razdalje (trilateracija) za določanje uporabnikovega položaja. Poleg slednjih nam je na voljo tudi postopek projiciranja odtisa oz. posnetka lastnosti prostorov na karto, kot je na primer gostota lokalnega magnetnega polja, intenzivnost svetlobe ali vidne WIFI vstopne točke.

Vsak od pristopov določa, kako definiramo iskano točko (uporabnikov položaj), kako se lotimo reševanja neznanke pa je odvisno od tehnologije in pristopa določanja predpogojev, ki jih moramo zadostiti, da bi lahko uporabili izbrano metodo lokalizacije.

Ločiti moramo dve funkcionalnosti sistema. Do sedaj smo govorili o lokalizaciji uporabnika (določanju položaja) v prostoru. Druga funkcionalnost pa se nanaša na vodenje uporabnika do izbranega cilja po tem, ko smo določili njegov trenutni položaj.

Za vodenje uporabnika nimamo posebno določenega pristopa. Najbolj preprosti izvedbi sta slepo vodenje, kjer uporabniku označimo izbrano destinacijo brez izrisa poti, do nje pa ga vodimo z posodabljanjem položaja z uporabo magnetometra, pospeškometa in žiroskopa. Kadar pa senzorja nista na voljo, lahko uporabimo intervalno iskanje uporabnikovega položaja. Drugi pristop je, da na karti označimo navigacijske točke podobno, kot to srečamo v gozdovih ali pri označevanju pohodniških poti. Postopek pričnemo tako, da poiščemo navigacijsko točko najbližjo uporabnikovem določenem položaju in najbližjo točko uporabnikovem izbranem cilju in nato najdemo pot med tema dvema navigacijskima točkama.

V diplomski nalogi so predstavljene splošne metode za lokalizacijo in njihova uvedba neodvisno od uporabljene tehnologije. Predstavljene so tudi že obstoječe rešitve in kako se te obnesejo v splošni uporabi.

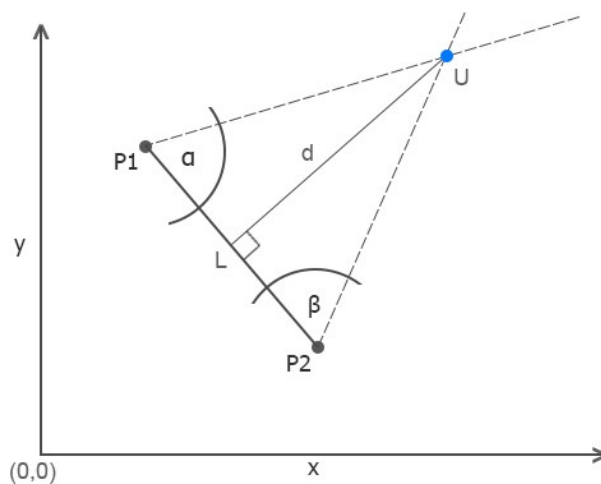
V jedru diplomske naloge sledi podrobna predstavitev razvite rešitve – kako ta uvaja metode lokalizacije, odpravlja pomanjkljivosti in slabosti obstoječih rešitev ter uporabljenih tehnologij.

Poglavje 2 Metode lokalizacije

Govorimo o osnovnem pristopu določanja (uporabnikovega položaja) iskane točke v 2D ali 3D koordinatnem sistemu. V sklopu diplomske naloge se bomo osredotočili na 2D koordinatni sistem. Na voljo sta nam dva matematična postopka iz geometrije: triangulacija in trilateracija. Poleg tradicionalnega pristopa pa nam je na voljo tudi projiciranje odtisa oz. posnetka lastnosti našega prostora na koordinatni sistem.

2.1 Triangulacija

Je matematični postopek iz trigonometrije in geometrije za določanje iskane točke z merjenjem kotov med iskano točko in dvema znanima točkama. Postopek uporablja geometrične lastnosti trikotnika za določanje koordinat iskane točke [1].



Slika 1: Postopek triangulacije v 2D koordinatnem sistemu.

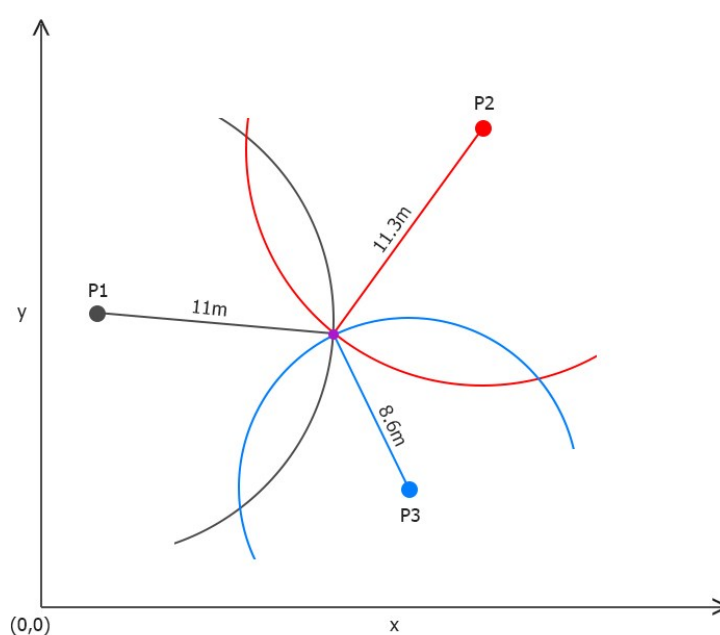
Slika 1 prikazuje postopek triangulacije. Znani sta koordinati točke P_1 in P_2 ter ena stranica trikotnika (L). Da bi določili (uporabnikov položaj) še koordinato iskane točke (U) trikotnika, moramo poznati kot med njo in točkama P_1 in P_2 . Nato lahko določimo koordinato iskane točke in izračunamo oddaljenost (d) od stranice L z enačbo (1) [1]:

$$d = \frac{L \sin(\alpha) \sin(\beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (1)$$

2.2 Trilateracija

Matematični postopek iz geometrije, pri katerem se za določanje koordinat iskane točke poslužujemo geometričnih lastnosti krožnic v 2D in sfer v 3D koordinatnem sistemu [2].

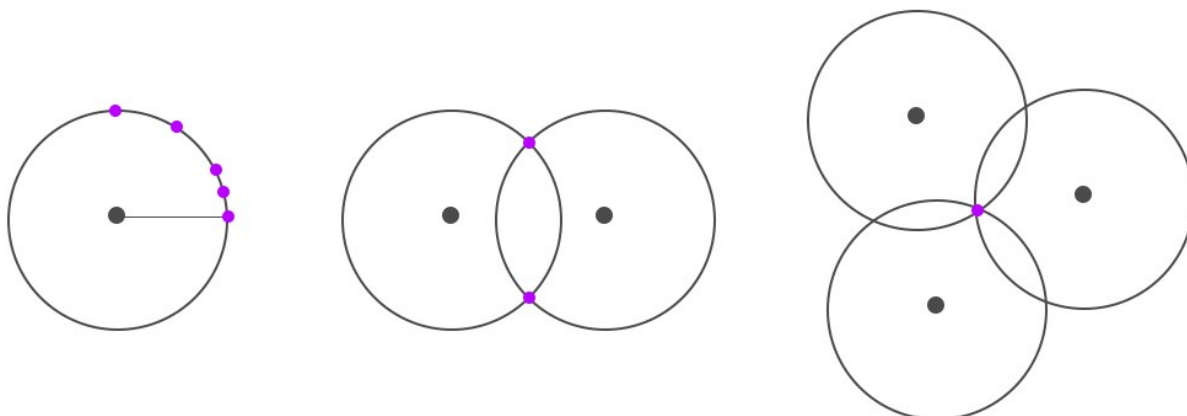
Pri tem postopku moramo poznati razdaljo med iskano točko in vsako znano točko. Iz koordinat vsake znane točke izrišemo krožnico, katere polmer pa je razdalja med njo in iskano točko. Kadar želimo določiti koordinate iskane točke, moramo iz nje izmeriti razdaljo do vsaj treh znanih točk in iz njih izrisati krožnice. Da bi določili koordinate iskane točke, moramo nato poiskati točko, v kateri se stikajo vse krožnice.



Slika 2: Postopek trilateracije v 2D koordinatnem sistemu.

Slika 2 prikazuje postopek trilateracije. Znane so razdalje od iskane točke do znanih točk P_1 , P_2 in P_3 . Razdaljo do vsake od znanih točk smo uporabili kot polmer krožnice in tako iz vsake od znanih točk izrisali krožnico.

Koordinata, kjer se vse krožnice stikajo, je naša iskana točka. Za določitev iskane točke moramo poznati razdaljo do vsaj treh znanih točk. Vsaka naslednja točka nam poveča natančnost koordinate iskane točke. Kadar imamo manj kot tri znane točke, pa ne moremo natančno določiti koordinate iskane točke.

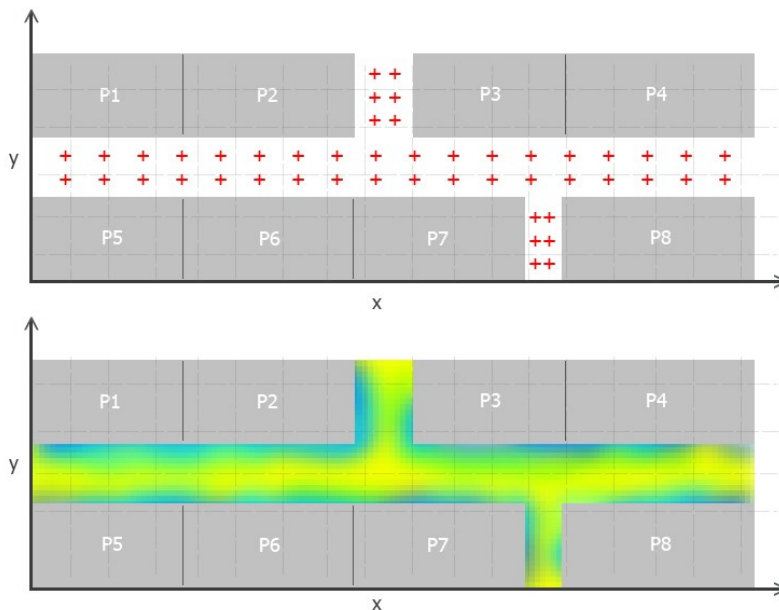


Slika 3: Določanje iskane točke glede na razdalje in število znanih točk.

Slika 3 prikazuje možnosti določanja iskane točke ob različnem številu znanih točk. Kadar imamo znano le eno točko (Slika 3, levo) na koordinatnem sistemu in razdaljo od nje, ne moremo natančno določiti položaja iskane točke, vemo le, da se slednja lahko nahaja kjerkoli na narisani krožnici. Kadar imamo znani dve točki (Slika 3, sredina) in razdalje, lahko narišemo dve krožnici in tako dobimo dve točki, kjer se ti krožnici stikata. Na podlagi drugih faktorjev bi lahko ugibali, na kateri od dveh točk stikanja je naša iskana točka, a zelo grobo. Za natančno določitev iskane točke potrebujemo vsaj tri znane točke in njihove razdalje (Slika 3, desno).

2.3 Odtis lastnosti prostora

Poleg matematičnega pristopa lokalizaciji lahko iskano točko na koordinatnem sistemu določimo tako, da primerjamo o njej znane lastnosti s predhodno izdelanim odtisom oz. posnetkom. Pri slednjem nad koordinatni sistem projiciramo posnetek lastnosti RF signalov, intenzivnost lokalnega fenomena ali reliefa. Vsaki ali večini koordinatnih točk določimo unikatni indikator v obliki lastnosti, ki jo nosi fizičen položaj, ki ga točka predstavlja. Da bi določili koordinate iskane točke, njen unikatni indikator primerjamo z posnetkom projiciranim nad koordinatnim sistemom.



Slika 4: Točke meritve RF signalov (zgoraj) in odtis gostote lokalnega magnetnega polja (spodaj) projicirano na 2D koordinatni sistem.

Slika 4 prikazuje projekcijo odtisa oz. posnetka lastnosti prostorov na 2D koordinatni sistem. Da bi določili (uporabnikov položaj) iskano točko na koordinatnem sistemu, moramo najprej poznati njeno lastnost v povezavi z projekcijo. Lastnost iskane točke primerjamo z projekcijo nad koordinatnim sistemom in tako poskušamo najti koordinatno točko z najbolj identično lastnostjo.

Slika 4 (zgoraj) predstavlja primer posnetka, kjer dodajamo točke meritve RF signalov (rdeče barve). Da bi določili koordinate iskane točke, primerjamo meritev RF signalov s točkami meritve dodanimi pri posnetku prostora.

Na Sliki 4 (spodaj) je razviden primer posnetka gostote magnetnega polja. Rumena barva označuje majhne spremembe v magnetnem polju oz. najnižja vrednost, kjer ni veliko dejavnikov, ki bi močno spreminjali magnetno polje, modra barva pa označuje močnejše spremembe v magnetnem polju oz. najvišjo vrednost. Iz slike je razvidno, da se slednja pojavi pretežno ob zidovih in točkah, kjer se nahajajo dejavniki, ki močnejše spreminjajo magnetno polje, kot so vrata, okna, požarni aparati, stopnišča in drugo. Iz Slike 4 (spodaj) je vidno, da imamo na velikem delu območja (rumena barva) enako izmerjeno vrednost. To pomeni, da ne moremo določiti iskane točke v neki koordinati, temveč dobimo območje, na katerem se iskana točka lahko nahaja. Da bi določeno območje zmanjšali in s tem povečali natančnost določenega uporabnikovega položaja, se mora ta gibati po prostoru. Ob njegovem gibanju opravljamo dodatne meritve in vrednosti primerjamo s predhodno izdelanim posnetkom.

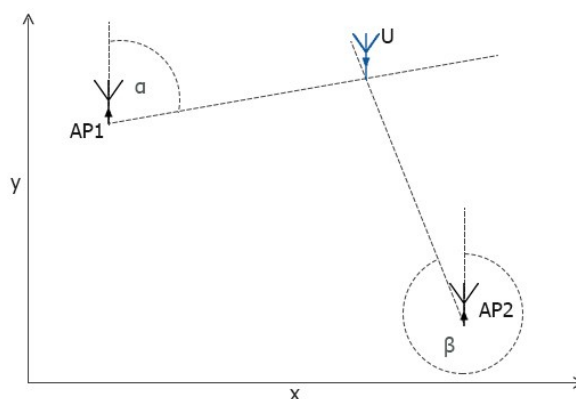
2.4 Metode določanja uporabnikovega položaja

Gre za metodo uvedbe enega od navedenih postopkov določanja uporabnikovega položaja, neodvisno od uporabljene tehnologije. V predstavitvi metod lokalizacije smo imeli potrebne podatke za določanje koordinat iskane točke že podane, zato je bilo določanje te trivialno. V praksi pa moramo podatke ugotoviti, da bi lahko določili koordinate iskane točke. Predstavljene so uvedbe metod za lokalizacijo neodvisno od uporabljene tehnologije.

2.4.1 Triangulacija po vpadnem kotu

V poglavju 2.1 (Triangulacija) smo opisali postopek določanja (uporabnikovega položaja) iskane točke na koordinatnem sistemu z uporabo kota med iskano točko in dvema znanima točkama. V primeru smo poznali kot med iskano točko in točkama P_1 in P_2 , tako da določitev koordinate iskane točke ni bila težava, v praksi pa sta nam oba kota neznaniki, ki ju moramo rešiti, preden lahko začnemo določati koordinate iskane točke. Iskanja se lahko lotimo z uporabo orodja kot je teodolit, bolj smiselna pa je uporaba lastnosti radijskih signalov. Če predpostavljamo, da v svojih prostorih poznamo izvore radijskih signalov, potem lahko te določimo na koordinatnem sistemu kot znane točke.

Da bi določili koordinate (uporabnikov položaj) iskane točke, mora uporabnik s svojo napravo izmeriti kot med njim in vsako znano točko. V tem času uporabnikova naprava sprejema radijske signale različnih virov in beleži jakost prejetega signala vsakega vira pod trenutnim kotom. Za vsak vir radijskih signalov zabeleži kot, pri katerem je jakost prijetega signala tega vira največja. Po končanem postopku so dobimo informacije o kotih, pod katerimi se naša iskana točka nahaja v relaciji z znanimi točkami, od tod pa je postopek enostaven.



Slika 5: Postopek ugotavljanje kota, iz katerega prejemamo signal.

Slika 5 prikazuje opisani postopek iskanja kota, iz katerega izvirajo prejeti radijski signali. Pomembno je, kako imamo usmerjeno anteno mobilne naprave in da pri postopku ne spreminjamo orientacije ali položaja mobilne naprave.

2.4.2 Trilateracija, razdalja z jakostjo prijetega signala

V poglavju 2.2 (Trilateracija) smo opisali postopek določanja (uporabnikovega položaja) iskane točke na koordinatnem sistemu z uporabo razdalje do znanih točk. Pri tem postopku moramo ugotoviti oddaljenost od vsake od znanih točk. Uporabnik lahko vzame napravo za merjenje razdalje in od vsake znane točke izmeri svojo razdaljo ter tako določi svojo točko na koordinatnem sistemu. Bolj smiselno pa bi bilo, da se poslužujemo lastnosti radijskih signalov. Znano nam je, da jakost prejetega signala pada približno s kvadratom oddaljenosti od vira. Če poznamo vire radijskih signalov v prostoru, potem lahko te na koordinatnem sistemu označimo kot znane točke.

Pogoj je, da moramo poznati oddaljenost od vsake od znanih točk iz našega trenutnega položaja. V tej metodi moramo predhodno opraviti meritve in izdelati tabelo razmerja med jakostjo prejetega signala in oddaljenostjo od vira radijskih signalov. Če imamo takšno tabelo izdelano, lahko primerjamo jakost prejetega signala vsakega vira radijskih signalov in tako ugotovimo oddaljenost od vsakega vira. Na koordinatnem sistemu nato izrišemo krožnice iz vsake znane točke (vira), katerega polmer je ugotovljena oddaljenost med iskano točko in znano točko. Preostane nam le še najti točko, v kateri se vse izrisane krožnice stikajo. Postopek je razviden na Sliki 2.

2.4.3 Trilateracija, razdalja z časom prihoda signala

Je metoda pri kateri oddaljenost od znanih točk ugotavljamo na osnovi časa, ki ga potrebuje radijski signal ali svetlobni žarek, da prepotuje pot med virom in našo napravo.

Če se osredotočimo na radijske signale in predpostavljamo, da poznamo vire radijskih signalov v prostoru, lahko te na koordinatnem sistemu označimo kot znane točke. Prvi korak pri določanju položaja iskane točke je, da izračunamo čas potovanja signala od vsakega od znanih točk oz. v našem primeru radijskih signalov.

Predpostavljamo, da poznamo vire radijskih signalov v našem prostoru in te na koordinatnem sistemu označimo kot znane točke. Najprej moramo izmeriti čas potovanja signala. Kadar imamo vir radijskih signalov, ki nam ponuja podatek o času oddaje radijskega vala, lahko slednjega primerjamo s časom sprejema radijskega vala na mobilni napravi in tako dobimo čas potovanja. V primerih, kjer te možnosti nimamo, uporabnik potrebuje podporo na svoji

napravi za merjenje časa med oddajo radijskega vala in časom sprejema radijskega vala po odboju ali pa potrebuje napravo za merjenje razdalje, kot je laserski merilnik razdalje.

Ker vemo, da radijski signali potujejo z svetlobno hitrostjo, lahko s temi podatki izračunamo oddaljenost od vsake znane točke.

Težava pri takšnem pristopu pa je, da moramo rešiti sinhronizacijo ur med napravami, saj lahko majhna sprememba pomeni veliko napako v določeni oddaljenosti. Če imamo med urami naprav 1 μ s razlike in upoštevamo svetlobno hitrost, potem je lahko napaka v določenem položaju približno tristo metrov, kar pa za lokalizacijo v prostoru ni sprejemljivo. Težava je tudi to, da radijski signali potujejo z svetlobno hitrostjo le v vakuumu, različni mediji in pojavi (zidovi, odboji itd.) pa imajo različno močne vplive na hitrost potovanja radijskih signalov, tako da moramo te vplive upoštevati pri določanju oddaljenosti. Na koncu pa nam težave povzročajo še časovne zakasnitve, ki nastajajo zaradi načina delovanja strojne in programske opreme. Ta problem lahko rešimo tako, da uporabimo natančnejšo namensko strojno opremo.

2.4.4 Določanje lastnosti prostora z odtisom

Gre za metodo pri kateri predhodno izdelan odtis oz. posnetek neke lastnosti prostora projiciramo nad koordinatnim sistemom. Vsaki koordinati oz. skupini sosednjih koordinat določimo neko unikatno lastnost, ki pa je lahko gostota magnetnega polja, intenzivnost svetlobe, zračni tlak ali pa tudi seznam vidnih WIFI vstopnih točk. Postopek je razviden na Sliki 4 (zgoraj) za WIFI vstopne točke in Sliki 4 (spodaj) za magnetno polje.

Da bi določili koordinate iskane točke, moramo poznati njene lastnosti in te primerjati s tistimi projiciranimi nad koordinatnim sistemom. Poskušamo najti točke, katerih lastnost je najbolj podobna lastnosti naše iskane točke.

Za uvedbo takšnega pristopa lahko uporabljamo RF, v kolikor imamo možnost ločiti vire radijskih signalov. Poleg tega pa se lahko poslužujemo tudi sprememb v lokalnem magnetnem polju, intenzivnosti svetlobe, meritev zračnega tlaka in njihov posnetek projiciramo nad koordinatnim sistemom.

Poglavje 3 Razpoložljiva tehnologija

Do sedaj smo govorili o metodah za lokalizacijo in njihovi uvedbi neodvisno od uporabljene tehnologije, orodja ali fenomena. V tem poglavju pa so predstavljene tehnologije in orodja, ki so nam na voljo kot osnova za uvedbo opisanih metod za lokalizacijo, ter tiste lastnosti, ki jih naredijo primerne za uporabo.

3.1 Bluetooth

Je tehnologija za brezžično komunikacijo na kratke razdalje na odprti frekvenci 2.4 GHz, za katero je določeno 79 kanalov. Tehnologijo je razvilo podjetje Ericsson leta 1994, danes pa standard, ki določa delovanje, ureja organizacija Bluetooth SIG. Tehnologija je danes ena najbolj razširjenih in podprtih v mobilnih napravah [3].

Tehnologija deduje vse lastnosti RF in nam ob tem omogoča prepoznavnost vsake Bluetooth naprave po MAC naslovu. Tehnologija deluje na povezavi gospodar – suženj, kjer vsak suženj uporablja sinhronizacijsko uro gospodarja, podatki pa se v segmentih pošiljajo po enem od kanalov, kar omogoča manjše motnje pri delovanju [3].

Lastnosti tehnologije nam omogočajo, da se poslužujemo katere koli od opisanih metod lokalizacije. Ena od pomanjkljivosti tehnologije pa je njena zasnova. Bila je namenjena komunikaciji na kratke razdalje, kot je izmenjava podatkov med dvema mobilnima napravama. Zaradi česar ima v povprečju krajši doseg od sorodne tehnologije na frekvenci 2.4 GHz. Nove izvedbe tehnologije (Bluetooth 4) pa nam omogočajo doseg tudi do 100 m [3].

3.2 Magnetno polje

Je pristop lokalizaciji uporabnikov v prostoru, kjer se poslužujemo sprememb v lokalnem magnetnem polju. Vsaka železna konstrukcija v zgradbi, kot so cevi, nosilni bloki, vrata, okna, stopnišča, dvigala in samopostrežni avtomati, spreminja gostoto magnetnega polja. Te spremembe lahko predhodno posnamemo in jih projiciramo nad našo karto (koordinatnim sistemom).

Za takšen pristop ne potrebujemo dodatne strojne opreme za uporabo, zahtevamo pa, da ima uporabnikova naprava magnetometer. Ti nam dajejo podatke o gostoti magnetnega polja iz stališča iskane točke v μT (Tesla). To meritev pa nato primerjamo s predhodno opravljenim posnetkom in poskušamo ugotoviti, katere točke imajo podobno vrednost.

Prva težava pri takšnem pristopu je razlika v meritvah med različnimi senzorji. Odpravimo jo tako, da uporabljamo povprečne vrednosti in se pri izdelavi posnetka gostote magnetnega polja poskušamo osredotočiti na konstrukcije, ki povzročajo bolj intenzivne spremembe v magnetnem polju.

Večja težava, ki pa ni enostavno rešljiva, je visoka občutljivost sistema na spremembe v okolju, kar pomeni težko vzdrževanje sistema. Vsaka nova sprememba, ki spreminja gostoto magnetnega polja in ni bila prisotna v času izdelave posnetka gostote magnetnega polja, nam bo povzročila težave pri natančnosti delovanja sistema. Enako velja, če smo po opravljenem posnetku nekaj, kar povzroča spremembo v magnetnem polju, odstranili. To pomeni, da moramo za vsako spremembo opraviti ponovni posnetek gostote magnetnega polja.

3.3 Interaktivne tehnologije

Najlažji pristop lokalizaciji je uporaba tehnologije, ki zahteva neposredno interakcijo. Ker poznamo natančen položaj interaktivne točke, lahko ob uporabnikovi interakciji z njo, z veliko natančnostjo določimo njegov položaj. Najbolj preprosta izvedba je uporaba QR kode, saj lahko slednjo uporablja vsaka naprava, ki ima na voljo fotoaparatus. Uporabnik fotografira QR kodo, programska oprema pa nato iz nje razbere podatke o položaju. Ta nam omogoča hitro in preprosto interakcijo ter enostavno vzdrževanje sistema.

Na voljo so nam tudi NFC značke, s katerih mora uporabnik prebrati podatke tako, da svojo napravo približa dokaj blizu tej znački (običajno je razdalja manjša kot 10 cm), Bluetooth oddajniki s katerimi se moramo povezati, lahko uporabimo pa lahko tudi WIFI vstopne točke. Na karti označimo vstopne točke, kot znane točke, kot interakcijo s točko pa upoštevamo (čeprav tu ne gre za interakcijo temveč za neposredno bližino), da se more uporabnik približati tej toliko blizu, da bo jakost prejetega signala na skrajno zgornji meji običajno ($-10 \text{ dBm} < n < -20 \text{ dBm}$).

3.4 WIFI (Brezžična omrežja)

Je tehnologija, ki elektronskim napravam omogoča povezavo v brezžično omrežje z 2.4 GHz ali 5 GHz radijskem območju. Tehnologija je definirana po 802.11 standardih, katere ureja

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) organizacija [4]. WIFI je danes ena najbolj podprtih in razširjenih tehnologij med mobilnimi napravami. Te v omrežje dostopajo preko vstopnih točk. Vsako napravo v omrežju pa lahko prepoznamo po unikatnem MAC (BSSID) naslovu. Možnost razločevanja virov oz. vstopnih točk in pogled v jakost prejetega signala nam omogočata več pristopov izvedbi sistema za lokalizacijo.

3.4.1 MAC naslovi (BSSID)

So unikatni 48 bitni naslovi za komunikacijske naprave v žičnih in brezžičnih omrežjih. Vsak naslov je unikatni napravi in je določen ob času izdelave naprave s strani proizvajalca. Naslov je sestavljen iz šestih bajtov (B), kjer prvi trije bajti identificirajo proizvajalca naprave, drugi trije pa so namenjeni sami napravi. Z 48 bitnim naslovom lahko določimo 281.474.976.710.656 kombinacij oz. 16.777.215 na proizvajalca. MAC naslove zapišemo v šestnajstiškem številskem sistemu po formatu NN-NN-NN-NN-NN-NN, kjer bajte ločimo z oznako (-). Druge konvencije pa vključujejo tudi format NN:NN:NN:NN:NN:NN in format NNNN.NNNN.NNNN [5].

3.4.2 Jakost prejetega signala

Kadar govorimo o prejeti jakosti signala, gre za minimalno jakost signala, ki jo potrebuje antena sprejemne naprave za demodulacijo podatkov. Je absolutna jakost prejetega signala izražena v decibel-milivatih (dBm), relativna nad 1 mW, enačba (2) [6].

$$x = 10 \log_{10} \frac{P}{1mW} \quad (2)$$

Vsak sprejemnik ima določeno minimalno jakost signala, ki je potrebna za delovanje, v večini mobilnih naprav je ta meja običajno -100 dBm (meja za normalno delovanje -70 dBm), zgornja omejitev pa je običajno -10 dBm. Nižjo jakost, kot prejmemo na tem območju, bolj smo oddaljeni od oddajnika, višja kot je prejeta jakost, bolj blizu oddajnika smo. Slednje velja le v primeru, da med nami in oddajnikom ni večjih motenj.

Jakost prejetega signala lahko uporabimo kot indikator oddaljenosti od oddajnika. Moramo pa se zavedati, da ta dokaj močno niha že ob manjših spremembah v položaju ali ureditvi prostora. Lahko se zgodi, da smo od oddajnika oddaljeni manj kot 1 meter, a prejmemo nizko jakost signala, če je med nami medij, ki preprečuje dobro prodornost radijskih signalov. Kadar WIFI tehnologijo uporabljamo za izdelavo sistema za lokalizacijo uporabnikov v prostoru je primerno, da postavitev vstopnih točk v prostoru uredimo tako, da so te na čim bolj odprtem, kjer je najmanj motenj.

Poglavje 4 **Obstoječe rešitve**

Večina rešitev temelji na eni od v prejšnjih poglavjih navedenih metod lokalizacije, uvedb in tehnologij. Najbolj popularna izbira med tehnologijami sta WIFI in Bluetooth, od metod pa se razvijalci največ poslužujejo trilateracije z jakostjo prejetega signala.

Na trgu so se pojavile tudi rešitve z bolj neobičajnim pristopom, kot je uporaba lokalnega magnetnega polja, intenzivnost svetlobe v prostoru, druge generacije IR, cenovno ugodni 433 MHz oddajniki in spremembe v zračnem tlaku. V tem poglavju so predstavljene tri obstoječe uporabne rešitve, kako se te spopadajo z težavami lokalizacije in katere težave ostajajo.

4.1 IDocent

Je uspešna izvedba sistema za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov v prostoru, ki so jo izdelali študenti Gordie Stein, Jacob D'Onofrio, Matt Gottshall in Andrew Kling z univerze MSU v ZDA.

Razvijalci so za izvedbo sistema uporabili metodo trilateracije z jakostjo prejetega signala, opisana v poglavju 2.4.2 (Trilateracija, razdalja z jakostjo prejetega signala). Uporabnikov položaj v prostoru je določen tako, da uporabnikova naprava primerja jakost prijete signala vsake WIFI vstopne točke s tabelo razmerja med jakostjo in razdaljo. Za usmerjanje uporabnika pa sta uporabljena magnetometer in pospeškometer [7].

Pristop je bil deloma preizkušen in je pokazal dokaj dobre rezultate, a le v primerih, kjer smo ustrezno postavili WIFI vstopne točke in imamo malo motenj. Tudi z motnjami sistem doseže dokaj uporabno natančnost, ki bi lahko bila veliko boljša, če bi razvijalci uporabili vsa orodja, ki so jim na voljo. Ti pa so prav tako pozabili na preprostost uvedbe, naknadno vzdrževanje in odpornost na spremembe v prostoru.

4.2 IndoorAtlas

Je sistem za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov v prostoru, izveden z uporabo predhodno izdelanega posnetka gostote magnetnega polja. Sistem uporablja metodo, ki je opisana v poglavju 2.4.4 (Določanje z odtisom lastnosti prostora).

Vsaka železna konstrukcija v prostoru, kot so stopnišča, dvigala, računalniki in samopostrežni avtomati, spreminjajo gostoto magnetnega polja. Te spremembe lahko posnamemo in jih uporabljamo kot orodje za lokalizacijo uporabnikov v prostoru. Posnetek gostote magnetnega polja, s stališča uporabnikovega položaja, primerjamo s predhodno opravljenim posnetkom, kot je razvidno iz Slike 4.

Največja težava takšnega sistema je visoka občutljivost na spremembe v okolju, kar je vzrok za dokaj težko vzdrževanje. Vse kar spreminja gostoto magnetnega polja in je bilo dodano po opravljenem posnetku prostora ali pa je bilo posneto in nato odstranjeno, bo povzročalo težave pri lokalizaciji uporabnikov na njenem bližnjem območju. Kar pomeni, da moramo ob vsaki spremembi ureditve prostora popraviti posnetek lokalnega magnetnega polja [8].

Pristop je bil preizkušen in se je ta odrezal dokaj uspešno v prostorih, kjer imamo več intenzivnejših sprememb v magnetnem polju.

4.3 SPREO

Je izvedba sistema za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov v prostoru, ki se poslužuje več različnih tehnologij. Sistem kot glavno tehnologijo uporablja Bluetooth, s katerim uvaja metodo trilateracije z jakostjo prejetega signala, v podporo pa uporablja tudi WIFI brezžična omrežja, barometer za pomoč pri ugotavljanju nadstropja, v katerem se uporabnik nahaja, določanje možnega območja gibanja na navigacijski karti in analizo podatkov razbranih s senzorjev, ki so na voljo v mobilni napravi [9].

SPREO je najbolj razvit sistem za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov v prostoru, ki ga najdemo na tržišču. Edina ugotovljena slabost je zahtevna uvedba in vzdrževanje sistema. Načeloma bi bilo bolj smiselno uporabiti WIFI tehnologijo za izvedbo metode za lokalizacijo in Bluetooth uporabljati pomožno, saj tako ne bi potrebovali dodatne strojne opreme. A to bi v tem primeru bilo proti interesu razvijalca, saj ta sam prodaja namenske Bluetooth oddajnike in storitve uvajanja sistema.

Poglavje 5 Struktura programske opreme

Po preizkusu in ocenjevanju do sedaj predstavljenih tehnologij in obstoječih rešitev je bilo odločeno, da bo končna rešitev, razvita v sklopu diplomske naloge, sestavljena iz treh ključnih komponent:

1. Programska oprema za izdelavo navigacijskih kart.
2. Strežnik kot centralna enota za določanje uporabnikovega položaja v prostoru, dostavljanje posodobitev za navigacijske karte, urejanje referenčnih podatkov, urejanje podatkov povezanih z interaktivnimi elementi in splošno vzdrževanje sistema.
3. Programska oprema za prikaz navigacijskih kart in usmerjanje uporabnika.

V sistem se vključujejo osebe v naslednjih vlogah:

1. Ponudnik: oseba, ki izdelava navigacijsko karto in storitev ponuja v svojih prostorih.
2. Uporabnik: oseba, ki uporablja sistem za lokalizacijo in usmerjanje v prostoru.



Slika 6: Tri komponente navigacijskega sistema.

Programska oprema za izdelavo navigacijskih kart ponuja celoten paket orodij za njihovo preprosto izdelavo. Te so nato posredovane strežniku za lokalizacijo uporabnikov, ki jih nato posreduje končnim uporabnikom. Celoten sistem deluje na omrežju ponudnika storitve in ima izredno majhen odtis. Takšna ureditev je potrebna za vpeljavo resnično preprostega sistema, ki bi zadostoval vsem zastavljenim pogojem. Načeloma bi se lahko izognili strežniku za lokalizacijo uporabnikov in funkcionalnost premestili v mobilno napravo končnega

uporabnika. Tako bi izgubili preprostost vzdrževanja sistema, vseeno pa bi še vedno potrebovali distribucijski strežnik. Prav tako bi bil sistem zelo občutljiv na spremembe v prostoru in infrastrukturi. Ne bi imeli preproste rešitve za posodabljanje sistema ali vodenje analitike o uporabi. Končna odločitev je bila, da je ločitev sistema na tri komponente najbolj optimalna rešitev, s katero dosegamo vse zastavljene kriterije in pogoje kot je razvidno na Sliki 6.

5.1 Kriteriji in pogoji

Končni produkt, izdelan v sklopu diplomske naloge, je moral zagotoviti naslednje kriterije in pogoje, da bi zadostoval za vsesplošno uvedbo in uporabo:

1. Cenovno ugoden za vpeljavo in vzdrževanje.
2. Enostavna vpeljava in vzdrževanje.
3. Odpornost na spremembe v okolju.
4. Sistem mora izkoriščati vsa omrežja na voljo, ne samo tisto, ki pripada ponudniku.
5. Sistem mora zagotavljati napako manjšo od 4 metre.
6. Sistem mora nuditi podporo za alternativno določanje položajev (QR, NFC, Bluetooth).
7. Navigacijske karte morajo biti interaktivne.
8. Ponudnik lahko uporabi poljubno sliko tlorisa poslopja za izdelavo navigacijske karte.
9. Sistem mora delovati na infrastrukturi ponudnika.

5.2 Pristopi določanju uporabnikovega položaja

V prejšnjih poglavjih smo spoznali različne metode lokalizacije, načine uvedbe teh metod in tehnologijo, ki nam je na voljo kot osnova.

V sklopu diplomske naloge je bila uporabljena metoda opisana v poglavju 2.4.4 (Določanje z odtisom lastnosti prostora), saj se je pokazala za najbolj robustno. Zaradi njene razširjenosti je predstavljena tudi izvedba metode opisane v poglavju 2.4.2 (Trilateracija, razdalja z jakostjo prejetega signala) z WIFI tehnologijo, njene prednosti, slabosti in možne rešitve za odpravo slabosti.

5.2.1 Trilateracija z WIFI (jakost prejetega signala)

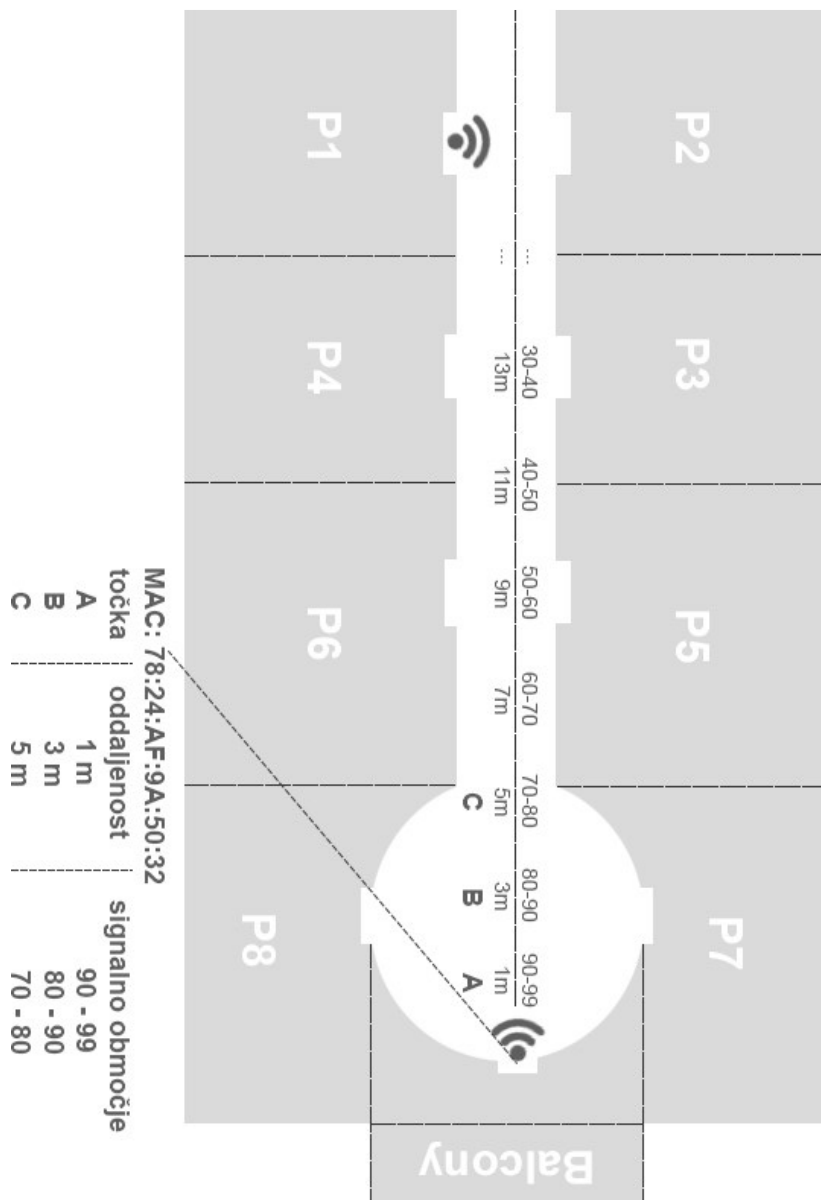
Gre za postopek lokalizacije uporabnikov z uporabo razdalje od znanih točk, ki je opisan v poglavju 2.2 (Trilateracija) in podrobneje v poglavju 2.4.2 (Trilateracija, razdalja z jakostjo signala). V tem primeru je predstavljena izvedba te metode z uporabo WIFI tehnologije in jakostjo prejetega signala, kot indikatorjem oddaljenosti od WIFI vstopne točke. Pri takšnem pristopu moramo predhodno izdelati tabelo razmerja med jakostjo prejetega signala in oddaljenostjo od WIFI vstopne točke. Vsako WIFI vstopno točko identificiramo po njenem MAC (BSSID) naslovu in ji izdelamo tabelo razmerja.

Ponudnik mora za vsako WIFI vstopno točko v prostoru opraviti meritev od enega metra oddaljenosti pa vse do maksimalne uporabne oddaljenosti (dosega signala). Meritev je običajno opravljena na vsak meter oddaljenosti in združena s povprečno prejeto jakostjo signala pri tej oddaljenosti. Pristop zaradi velikega nihanja v jakosti prejetega signala zaradi vplivov okolja in druge RF tehnologije ne daje najboljših rezultatov, zato je pomembno, kadar se odločimo za ta pristop, da primerno uredimo postavitev WIFI vstopnih točk in opravimo več meritev z več različnimi napravami.

Pri določanju uporabnikovega položaja si lahko pomagamo z utežmi pri vsaki meritvi. Za vsako meritev dodamo utež v obliki napake, ki jo pričakujemo pri tej oddaljenosti. Kadar smo blizu WIFI vstopne točke (če imamo zanemarljive motnje) bomo prijeli dokaj visoko jakost signala, to območje jakosti lahko otežimo z zelo majhno napako. Pri postopku določanja uporabnikovega položaja si lahko nato s to utežjo pomagamo pri večanju natančnosti ali izločanju vidnih WIFI vstopnih točk. Jakost prejetega signala dobimo v enoti decibel-milivat (dBm), za boljši pregled to ovrednotimo na neki poljubni lestvici. V diplomski nalogi je bila izbrana velikost lestvice od 0 do 99, jakost prejetega signala ovrednotimo po lestvici od 0 do 99, kadar smo blizu oddajnika (pod 2 m) pričakujemo jakost prejetega signala v območju od 90–99 (seveda je to odvisno od motenj v prostoru). Tu lahko določimo napako z 0.01 (1 % možnosti napake). Bolj kot se oddaljujemo od oddajnika, hitreje nam raste napaka. Jakost prijete signala ovrednotimo po enačbi (3) iz Android programske knjižnice [10]:

$$n(\text{dBm}, L) = \begin{cases} \text{dBm} \leq \text{dBm}_{\text{MIN}}; & n = 0 \\ \text{dBm} \geq \text{dBm}_{\text{MAX}}; & n = L - 1 \\ \text{size} = \frac{\text{dBm}_{\text{MAX}} - \text{dBm}_{\text{MIN}}}{L - 1}; & n = \frac{\text{dBm} - \text{dBm}_{\text{MIN}}}{\text{size}} \end{cases} \quad (3)$$

Kjer je (n) ovrednotena vrednost na lestvici med 0 in L, (dBm) jakost prejetega signala, (L) zgornja meja lestvice, (dBm_{MIN}) najnižja možna jakost prejetega signala in (dBm_{MAX}) najvišja možna jakost prejetega signala zadana v programski opremi.

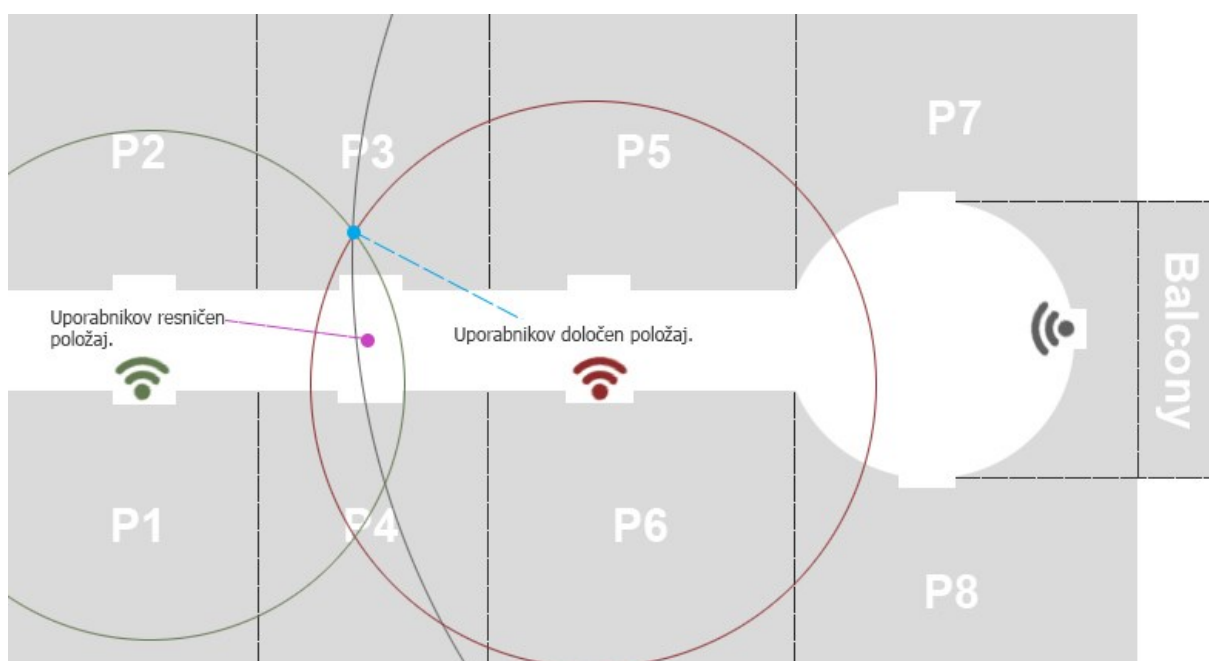


Slika 7: Izdelava tabele razmerja med oddaljenostjo od WIFI vstopne točke in prejete jakosti signala od te točke.

Iz Slike 7 je razviden postopek izdelave tabele razmerja med oddaljenostjo od vstopne točke in prejete jakosti signala. Na Sliki 7 smo opravili meritev na točki A, pri kateri smo oddaljeni 1 m od WIFI vstopne točke in smo izmerili povprečno jakost prejetega signala na območju med 90 in 99. Drugo meritev smo opravili na točki B, kjer smo bili oddaljeni 3 m in izmerili povprečno jakost prejetega signala na območju med 80 in 90 in tretja meritev na točki C, kjer smo bili oddaljeni 5 m in izmerili povprečno jakost prejetega signala na območju med 70 in 80.

Kljub navedenim slabostim je ta metoda določanja uporabnikovega položaja lahko dokaj dobra in lahko ponudi visoko natančnost (pod dva metra napake). Ključnega pomena je gostota WIFI vstopnih točk in njihova postavitve v prostoru.

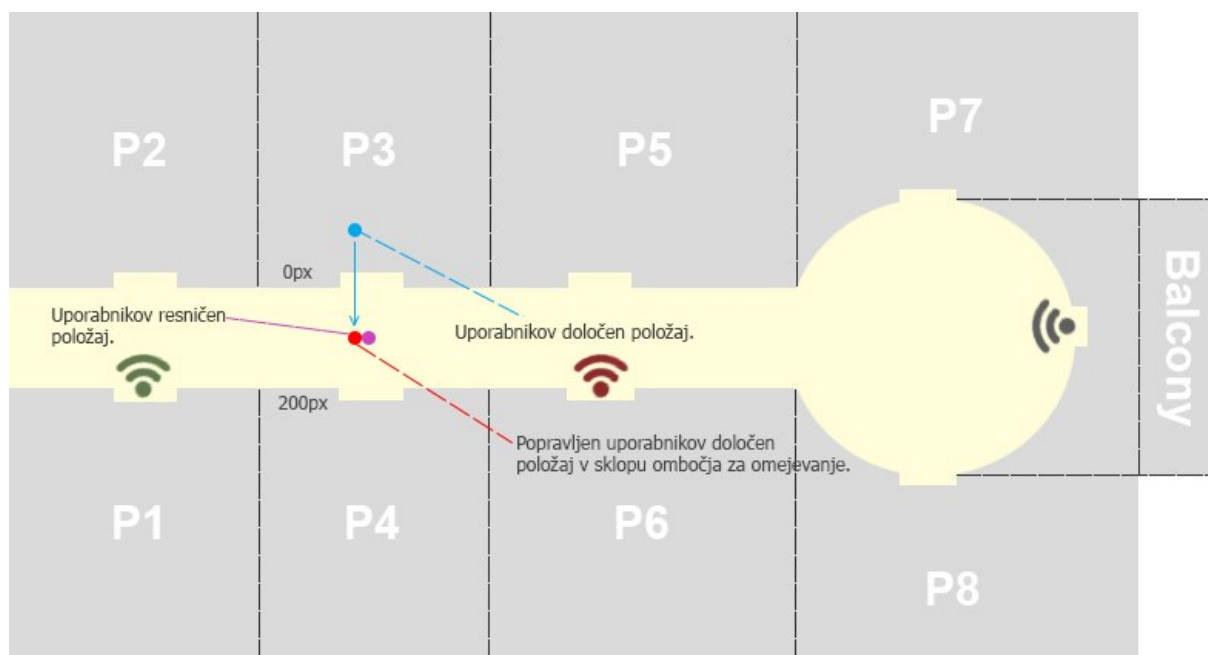
Ko imamo tabelo razmerja med jakostjo prejetega signala in oddaljenostjo od WIFI vstopne točke izdelano, lahko začnemo postopek določanja uporabnikovega položaja. Od uporabnika zahtevamo, da nam na svoji mobilni napravi omogoči dostop do storitve WIFI za zajem vidnih WIFI vstopnih točk, programska oprema nato pošlje poizvedbo (ang. Probe Request) in čaka na odgovore vseh WIFI vstopnih točk v dosegu (ang. Probe Response). Seznam pridobljenih WIFI vstopnih točk in prejeta jakost signala vsake točke nato primerjamo s tabelo razmerja. Vzamemo MAC (BSSID) naslov vsake WIFI vstopne točke, ki jo najdemo v tabeli in nato iz tabele vzamemo razdaljo. Z vsemi ugotovljenimi razdaljami izračunamo koordinate iskane točke. Če takšna točka ne obstaja, potem ponovno zahtevamo posodobitev uporabnikovega položaja. Postopek je prikazan na Sliki 8.



Slika 8: Določanje uporabnikovega položaja na podlagi signalne moči.

Kot je razvidno Slike 8, lahko pride do določanja položaja na območju, kjer se uporabnik ne more nahajati. Slednje je dokaj pogost pojav pri postopku trilateracije z jakostjo prejetega signala. Pri preizkušnji se je izkazalo, da do pojava prihaja v povprečju 6 od 10 zahtevkov. Težavo se da rešiti z uporabo omejevanja območja, kjer sistem lahko določa uporabnikov položaj. Kot je razvidno iz Slike 8, je določen položaj dokaj blizu uporabnikovega resničnega položaja. Težavo lahko rešimo tako, da na navigacijski karti natančno določimo območje, kjer se uporabnik lahko nahaja. Če sistem določi uporabnikov položaj izven tega območja, potem

njegov položaj označimo na karti, in sicer na sredini najbližjega območja za omejevanje, kot je prikazano na Sliki 9.



Slika 9: Z rumeno barvo je označeno območje, kjer je uporabnikov položaj lahko določen, razviden je tudi postopek poprave določenega položaja kadar je le-ta določen izven območja.

V večini primerov je napaka v določanju uporabnikovega položaja dokaj večja, kot je prikazano na Sliki 9. Z uporabo popravkov, predhodno kalibracijo sistema in vodenjem zgodovine uspešnega določanja je slednja metoda vseeno sprejemljiva.

5.2.2 Določanje po odtisu vidnosti WIFI vstopnih točk v prostoru

Je metoda, ki je bila uporabljena za izvedbo sistema za lokalizacijo uporabnikov v prostoru, razvitega v sklopu diplomske naloge in je podrobneje opisana v poglavju 2.3 (Odtis lastnosti prostora) in poglavju 2.4.4 (Določanje z odtisom lastnosti prostora). Ta se je pri preizkušanju izkazala za najbolj robustno. V naslednjem poglavju je predstavljena njena izvedba z uporabo WIFI tehnologije. Metoda deluje dobro samo v primeru, da je v prostoru večje število WIFI vstopnih točk.

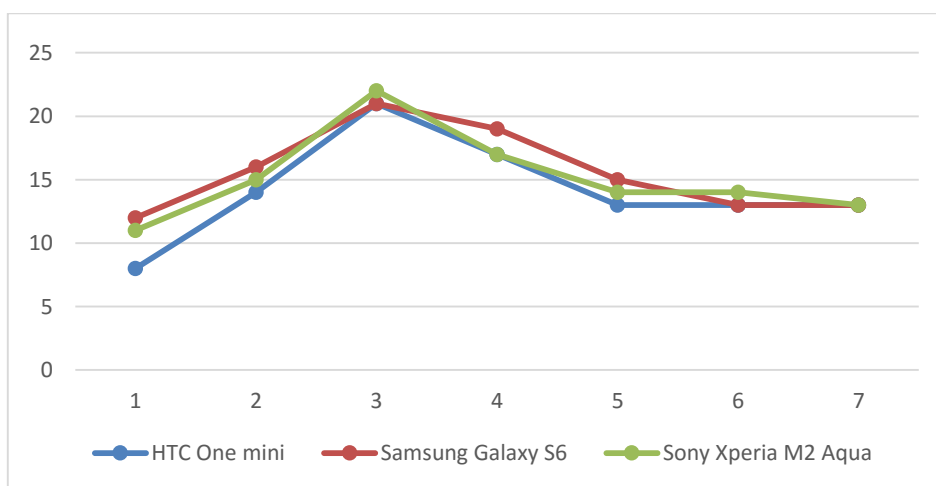
Da bi takšen pristop lahko uporabili za določanje uporabnikovega položaja, moramo predhodno izdelati posnetek zgradbe, kjer želimo ponujati storitev. To pomeni, da se moramo večkrat sprehoditi po prostorih zgradbe, se vsakih par korakov ustaviti in narediti posnetek WIFI brezžičnega omrežja v tem položaju. Tako ustvarjamo podatkovno bazo znanih točk oz. v diplomski nalogi imenovanih referenčnih točk. Pri takšnem postopku zna biti izdelava

posnetka utrujajoča, kar pa ni velika težava, saj moramo posnetek prostora opraviti le enkrat. Ta pristop določanju uporabnikovega položaja nam omogoča prihranek pri infrastrukturi, saj lahko uporabljamo tudi tuje WIFI vstopne točke (tuja brezžična omrežja), večjo natančnost pri določanju uporabnikovega položaja, enostavno vzdrževanje in popolno odpornost na spremembe v okolju in ureditvi prostora. Prav tako so motnje v prostoru zanemarljive, saj jakost prejetega signala ni ključni faktor pri določanju uporabnikovega položaja.

5.2.2.1 Referenčna točka

V sklopu diplomske naloge je referenčna točka točka opravljene meritve v prostoru, ki je združena skupaj z seznamom vidnih WIFI vstopnih točk.

Pri postopku izdelave posnetka prostora pride do težave zaradi razlikovanja rezultatov med napravami pri zajemu WIFI vstopnih točk.

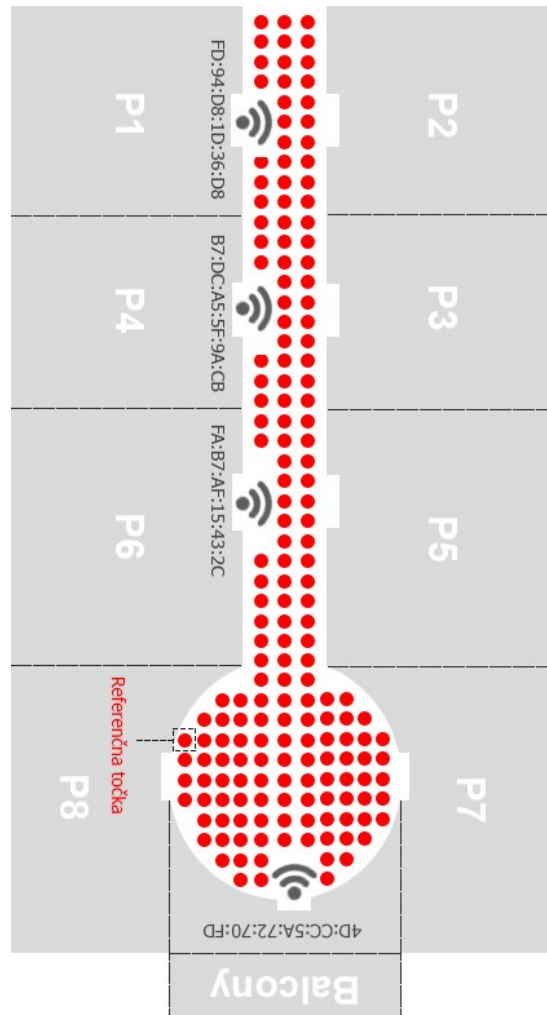


Graf 1: Prikazuje razlike med povprečnim številom prejetih vstopnih točk glede na število poizkusov.

Kot je razvidno iz Grafa 1, imamo v prvih nekaj poizkusih zelo različne rezultate med napravami. Eden od razlogov za takšen pojav je, da nekatere naprave v prvi poizvedbi vrnejo seznam vstopnih točk zadnje uspešne poizvedbe. Prav tako nam težavo povzroča razlika med kvaliteto in strojno opremo naprave ter WIFI modula v napravi.

To pri takšnem pristopu predstavlja težavo, različne naprave nam bodo dajale različne rezultate. Zato ne moremo iskati referenčne točke tako, da iščemo tiste, katere imajo povsem identičen seznam WIFI vstopnih točk, temveč zahtevamo, da referenčna točka vsebuje vsaj 80 %–90 % vstopnih točk naše meritve.

Le-to ustvari dokaj preprosto rešljivo, a vseeno nadležno težavo. To lahko odpravimo tako, da pri postopku izdelave posnetka prostora uporabimo več različnih naprav in na vsaki opravimo več meritev, dokler ne dobimo približno enak rezultat.

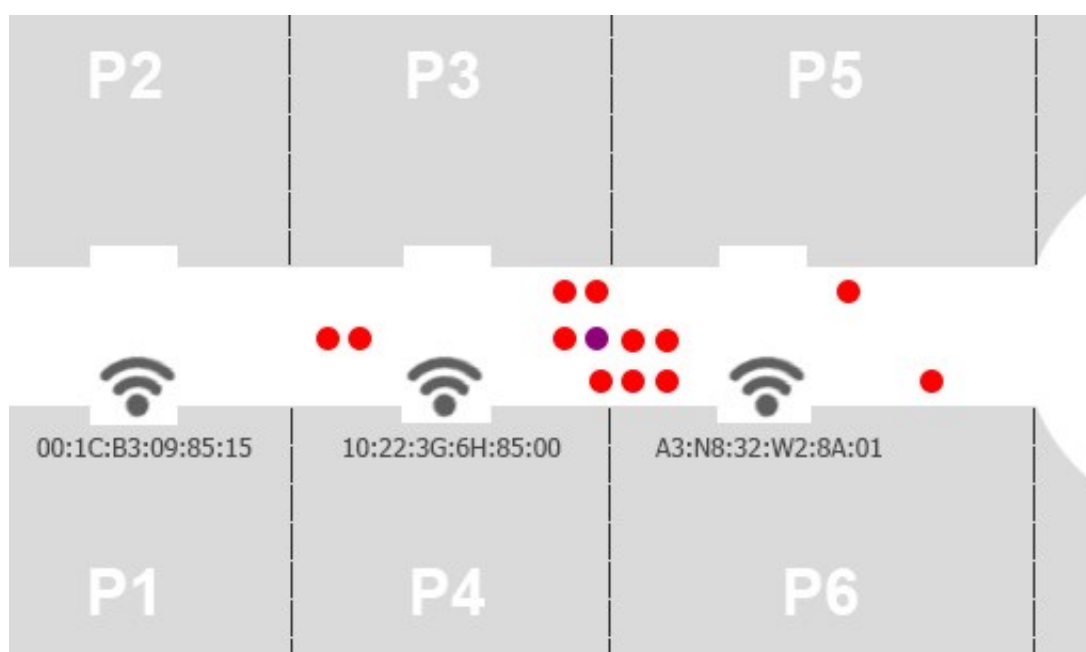


Slika 10: Izdelava referenčnih točk na navigacijski karti.

Kot je razvidno iz Slike 10, ima ponudnik pri uvedbi sistema, ki uporablja omenjeni pristop, kar nekaj dela. Vsak krog rdeče barve na Sliki 10 označuje eno referenčno točko v prostoru in na navigacijski karti. To pomeni, da se je oseba, ki je bila zadolžena za vpeljavo sistema, morala ustaviti na vsaki od referenčnih točk in opraviti meritev vseh vidnih WIFI vstopnih točk in seznam teh združiti z X in Y koordinato na navigacijski karti in vsaki točki določiti verjetnost, da se bo uporabnik nahajal na njej. Verjetnost ponudnik določi sam, glede na svoje mnenje.

Programska oprema, razvita v sklopu diplomske naloge, ponudniku omogoča, da svoj trenutni položaj združi tudi z vrednostjo gostote magnetnega polja. Slednje lahko kasneje uporabljamo za boljšo natančnost pri določanju uporabnikovega položaja.

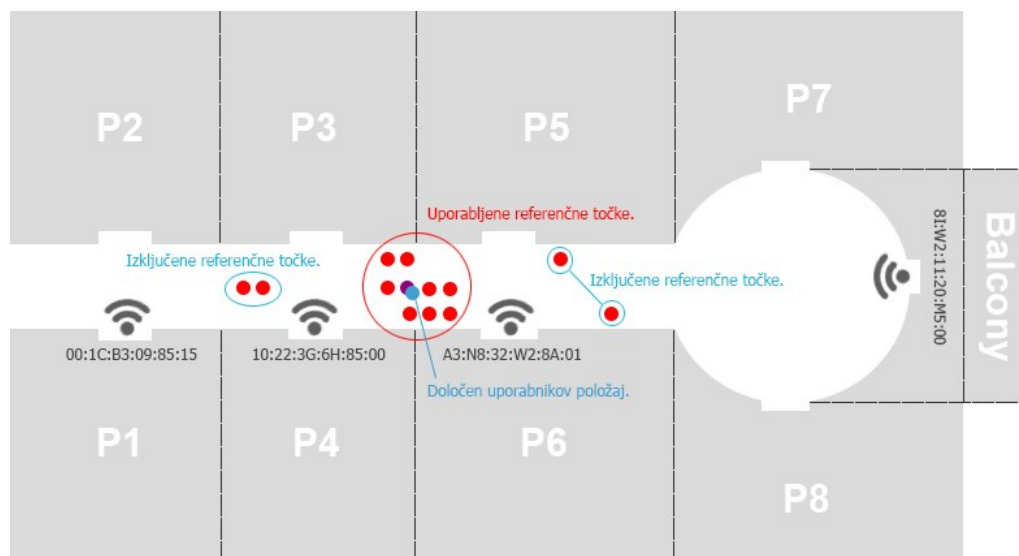
Vsakemu položaju določimo še tip položaja in pripišemo, kolikšna je verjetnost, da se uporabnik nahaja na tem določenem položaju v prostoru. Prostori kot so pisarne, sanitarije in balkoni imajo manjšo verjetnost, hale, stopnišča, vhodi, izhodi ali učilnice imajo veliko verjetnost. To verjetnost uporabljamo kot utež za izločevanje lažnih referenčnih točk.



Slika 11: Referenčne točke, katerih seznam WIFI vstopnih točk ustreza tistemu, ki ga je uporabnik posredoval navigacijskemu strežniku.

Slika 11 prikazuje prvi korak v postopku določanja uporabnikovega položaja. Uporabnik s svojo mobilno napravo naredi poizvedbo o vseh vidnih WIFI vstopnih točkah. Programska oprema nato posreduje celoten seznam strežniku za lokalizacijo uporabnikov v prostoru, slednji pa programski opremi na uporabnikovi napravi odgovori s seznamom vseh referenčnih točk, katere vsebujejo 80 % ali več WIFI vstopnih točk, ki so vidne uporabnikovi napravi. Kot je razvidno iz Slike 11, je bila uporabnikova poizvedba dokaj uspešna, saj je 8 od 12 vrnjenih referenčnih točk v bližini uporabnikovega resničnega položaja.

Ker so vse referenčne točke določene le tam, kjer se uporabnik dejansko lahko nahaja, pri tem pristopu določanja uporabnikovega položaja ne potrebujemo rešitve za omejevanje položajev.



Slika 12: Odstranitev neustreznih točk in določanje uporabnikovega položaja.

Na Sliki 12 je razviden prvi korak po odgovoru strežnika za lokalizacijo uporabnikov. Izločitev neustreznih referenčnih točk iz vrnjenega seznama. Najprej odstranimo neustrezne referenčne točke, ki so najbolj oddaljene od večine, in nato odstranimo referenčne točke po verjetnosti. Na koncu nam ostanejo le referenčne točke, ki so (v povprečju 8 od 10 primerov) najbližje uporabnikovem resničnem položaju.

V času, ko se omenjeni postopki izvajajo v ozadju, če to uporabnikova naprava omogoča, zajemamo podatke o magnetnem polju, le-te pa lahko, če je mogoče, primerjamo z zapisi povezanimi z ostalimi referenčnimi točkami. V upanju, da bi lahko odstranili še nekaj referenčnih točk in tako določili uporabnikov položaj z največjo možno natančnostjo. V kolikor podatki o lokalnem magnetnem polju niso na voljo ali pa smo vrnjen seznam referenčnih točk uredili kolikor je bilo mogoče, nam ostane le, da uporabnikov položaj določimo tako, da vzamemo srednjo vrednost X in Y koordinat, ki pripadajo ostalim referenčnim točkam in na dobljeni točki narišemo indikator uporabnikovega položaja.

Glavni koraki izločanja lažnih ali neuporabnih referenčnih točk z vrnjenega seznama so prikazani v Tabeli 1. Če si predstavljamo koordinatni sistem nad Sliko 12, katerega velikost je velikost Slike 12, potem lahko določimo najnižje, srednje in najvišje koordinate. Na sliki so razvidne tri večje skupine referenčnih točk. Prva med prostorom P2 in P3, druga med P3 in P5 in tretja med P5 in P7. Želimo uporabiti tisto skupino referenčnih točk, katera je največja, v ta namen določimo tri sezname: najnižji, srednji in najvišji. Poiščemo najnižjo referenčno točko, srednjo in najvišjo in jih vstavimo v te sezname. Nato pa v sezname glede na oddaljenost od teh dodamo še preostale referenčne točke. Na koncu uporabimo seznam z največ referenčnih točk, ki bi v tem primeru bil srednji.

Prioriteta	Korak	Opis
1	Izločitev po koordinatah	Poiščemo referenčno točko, ki ima na koordinatnem sistemu najnižjo, srednjo in najvišjo koordinato. Nato preostale referenčne točke dodamo v seznam, kateremu so najbližje.
2	Izločitev po verjetnosti	Iz ostalih referenčnih točk odstranimo tiste, ki imajo nizko verjetnost, a le, če so te manjšina. Verjetnost referenčne točke določa ponudnik pri izdelavi navigacijske karte. Slednjo lahko sistem v času uvajanja glede na uspešnost delovanja tudi sam spreminja.
3	Izločitev po magnetnem polju	Če je mogoče, primerjamo ostale referenčne točke po gostoti magnetnega polja, v kolikor pa najdemo enega samega, ga uporabimo kot utež. Če jih najdemo dva ali več, izločimo ostale in slednje uporabimo za določitev uporabnikove položaja.

Tabela 1: Izločanje neustreznih referenčnih točk.

Od trenutka, ko ima sistem določen uporabnikov položaj, pa lahko uporabnika naprej vodimo z uporabo magnetometra, pospeškometra in žiroskopa, če so ti seveda prisotni v uporabnikovi napravi. Če uporabnikova naprava nima omenjenih senzorjev, lahko zahtevamo intervalno posodobitev uporabnikovega položaja in na mobilni napravi vodimo zgodovino.

Zaradi dobre natančnosti osnovanega sistema lahko hranimo vsak določen položaj na uporabnikovi mobilni napravi za trenutno sejo in ob vsaki novi določitvi primerjamo trenutno določen uporabnikov položaj in zadnji določen uporabnikov položaj. Če opazimo večjo razliko med njima, lahko na grobo določimo uporabnikovo usmeritev in izračunamo hitrost premika.

input: Array locations, boolean magReadout, double strength

Array references;

Array magneticEquals;

for location in locations:

 // ..

 if location.hasMagnetic() && location.getMagnetic() != 0.0 :

 if magReadout && (strength != 0.0) :

 // ..

 magneticEquals << if location.compareStrength(strength)

 endif;

 endif;

 references << location

endfor;

// Seznam vrnjenih referenčnih točk uredimo po koordinatah od najmanjše od največje

references.sort (location1, location2) :

 double totalL = location1.getTotalCoordinateValue()

 double totalR = location2.getTotalCoorindateValue()

 if total L > totalR :

 return 1

 else if total L < totalR :

 return -1

 else:

 return 0

 endif;

end;

Array min;

Array center;

Array max;

```
// Vzamemo referenčno točko z najnižjo, srednjo in najvišjo koordinato
Location minLocation = references.first
Location centerLocation = references.center
Location maxLocation = references.last

double totalMin = minLocation.getTotalCoordinateValue()
double totalCenter = centerLocation.getTotalCoordinateValue()
double totalMax = maxLocation.getTotalCoordinateValue()

int probabilityMin = minLocation.getProbability()
int probabilityCenter = centerLocation.getProbability()
int probabilityMax = maxLocation.getProbability()

references.remove(minLocation, centerLocation, maxLocation)
for location in references :
    // Vsako referenčno točko damo v seznam kateremu je najbližja
    if location.closestTo(minLocation) :
        min << location
    else if: location.closestTo(centerLocation) :
        center << location
    else:
        max << location
    endif;
endfor;

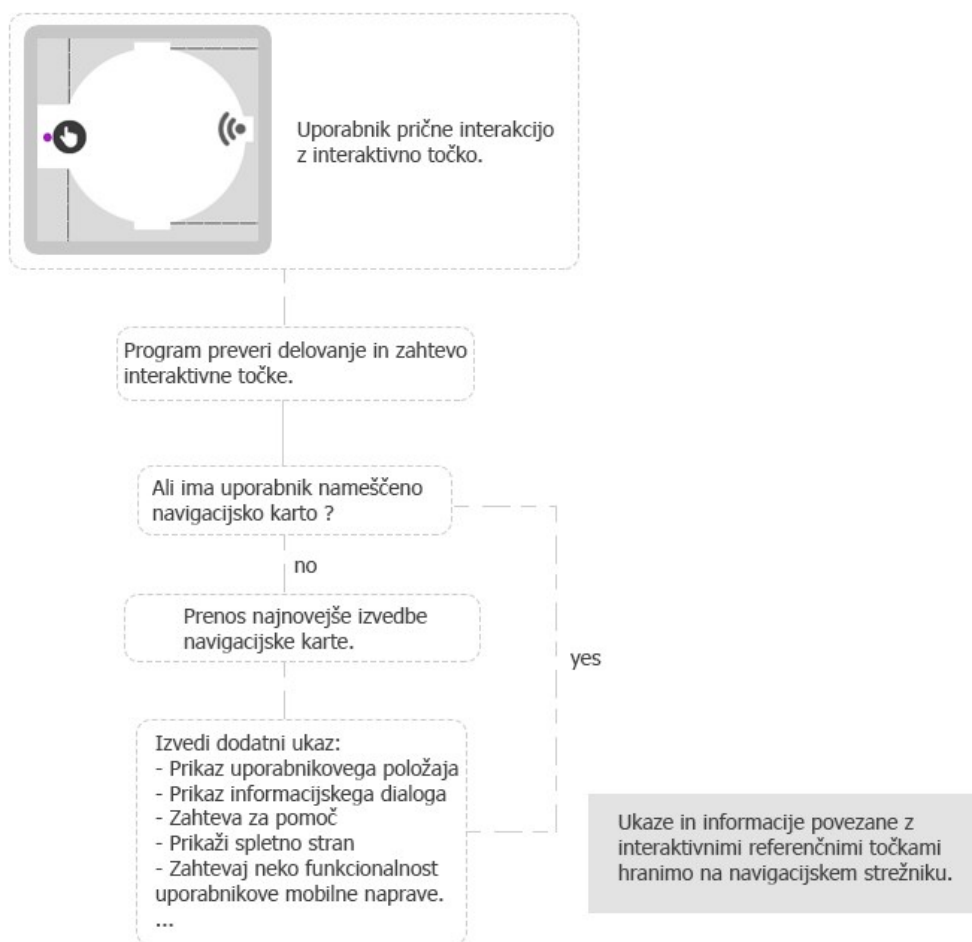
Array used;
used = pickByCoordinates(min, center, max)
used = reduceByProbability(used)

if magneticEquals != null && (magneticEquals.length >= (used.length/4)) :
    used = magneticEquals
endif;
```

5.2.3 Določanje po interaktivnih referenčnih točkah

Poleg glavne metode za lokalizacijo uporabnikov v razviti rešitvi, lahko uporabnikov položaj izredno natančno določimo z interaktivnimi referenčnimi točkami, pristop, ki je podrobneje opisan v poglavju 3.3 (Interaktivne tehnologije). To so točke v prostoru, katerih položaj nam je znan in niso povezane z seznamom WIFI vstopnih točk temveč z tehnologijo, ki zahteva interakcijo. Na voljo so cenovno ugodne QR kode, malo manj ugodne, a enostavnejše za uporabo pa so NFC značke in Bluetooth značke (takšne, ki zahtevajo interakcijo oz. povezavo). Ker mora biti uporabnik v neposredni bližini, da jih lahko uporablja, lahko njegov položaj določimo z visoko natančnostjo in ga dalje vodimo z uporabo pospeškometra in magnetometra ali pa zahtevamo intervalno posodobitev položaja z glavne metode za določanje uporabnikovega položaja.

Programska oprema za razvoj navigacijskih kart nam omogoča, da poleg dodajanja referenčnih točk neko točko v prostoru in karti označimo kot interaktivno.



Slika 13: Delovanje interaktivnih referenčnih točk.

Metoda je bila izvedena tako, da omogoča uporabo vseh zgoraj naštetih tehnologij, a zaradi cenovne ugodnosti, preprostosti uporabe, največje prepoznavnosti in podpore priporoča uporabo QR kod.

Polega določanja uporabnikovega položaja nam slednje omogočajo, kot je to razvidno iz Slike 13, da programski rešitvi na uporabnikovi mobilni napravi posredujemo ukaze, kot so posodobitev ali namestitvev navigacijske karte za nadstropje, omogočimo dostop do lokalnega brezžičnega omrežja ali pa da jih uporabljamo kot informacijske točke.

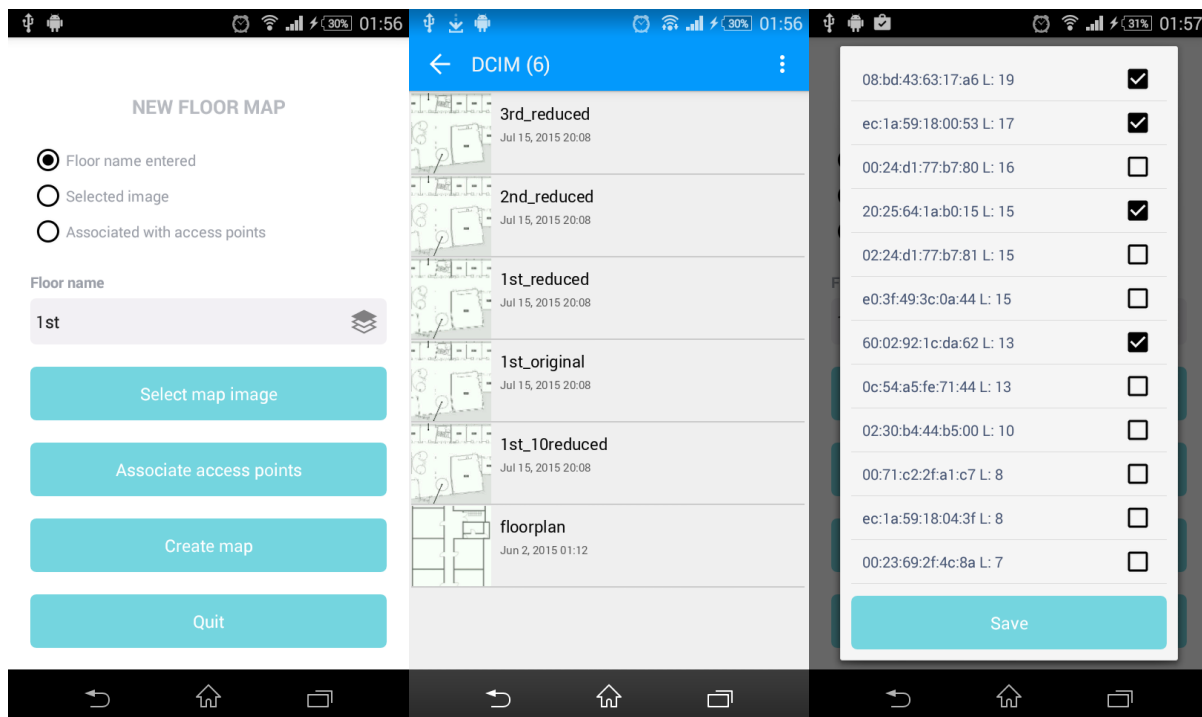
Vsaka interaktivna točka nosi identifikacijski ključ, ki ga tvori identifikacijska koda in X ter Y koordinati, kjer se koda nahaja na navigacijski karti. Identifikacijska koda je posredovana strežniku za lokalizacijo, koordinati pa sta uporabljeni za določanje uporabnikovega položaja v času, dokler uporabnik čaka na odgovor strežnika za lokalizacijo uporabnikov v prostoru.

5.3 Programska oprema za izdelavo navigacijskih kart

Pri načrtovanju sistema je bilo odločeno, da ni sprejemljivo, če celotna končna rešitev ne vsebuje orodja za preprosto izdelavo navigacijskih kart ali, da bi moral ponudnik plačevati izdelavo teh. Ponudnik storitve ne sme imeti stroška pri vpeljavi sistema za lokalizacijo uporabnikov v svojih prostorih.

Slednje je prepoznano kot slabost obstoječih sistemov in razlog, zakaj obstoječe rešitve za lokalizacijo uporabnikov v prostoru ne dosegajo velike popularnosti. Programska oprema za izdelavo navigacijskih kart je ključni del sistema, razvitega v diplomski nalogi. Je orodje, ki ponudniku omogoča izdelavo navigacijskih kart in njihovo posodobitev v času delovanja sistema. Vsaka navigacijska karta predstavlja le eno nadstropje v zgradbi in tako ostanemo varčni s količino podatkov, ki jo je potrebno prenesti med delovanjem, kot pri prostoru, ki ga navigacijska karta zasede na mobilni napravi. Cilji pri razvoju programske opreme so bili:

1. Preprost način izdelave navigacijske karte.
2. Ne potrebujemo po meri izdelanih tlorisov, temveč lahko uporabimo katero koli sliko tlorisa (evakuacijske poti, referenčne karte, arhitektske karte, požarne karte ...).
3. Mora omogočati enostavno dodajanje vseh elementov.



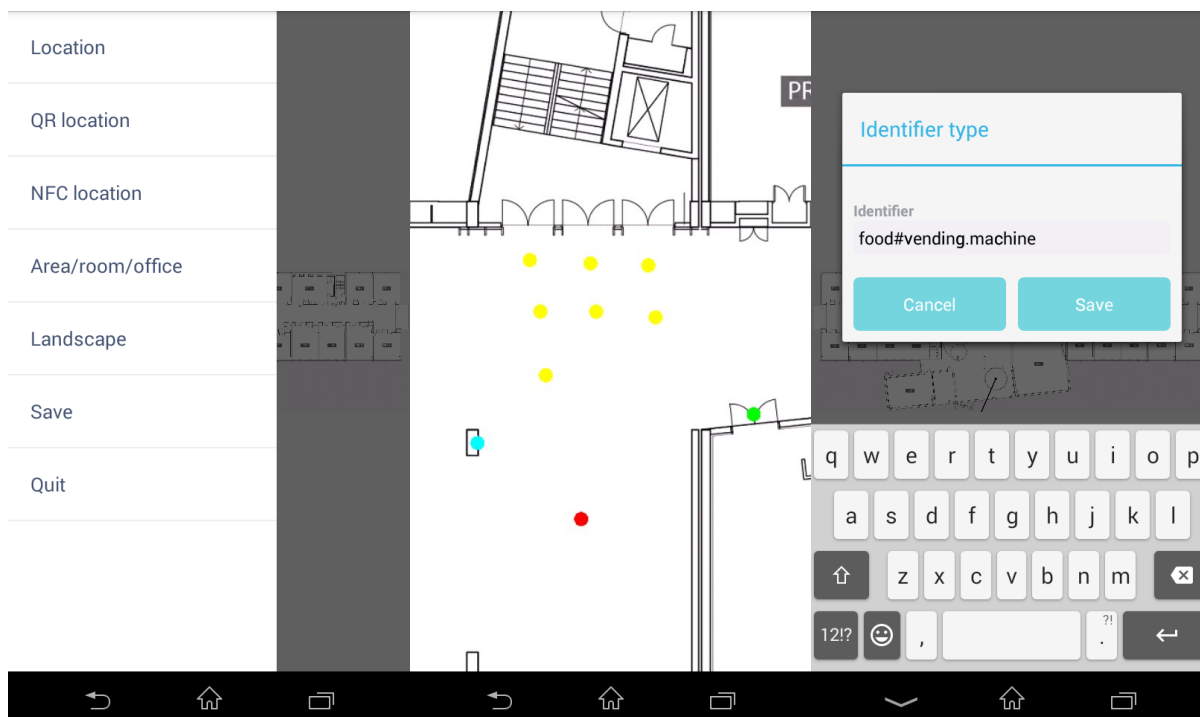
Slika 14: Predstavitvena stran orodja za izdelavo navigacijskih kart in vpis nadstropja (levo), izbira slike tlorisa (sredina) in ročna označitev WIFI vstopnih točk, ki so nameščene na tem nadstropju (desno).

5.3.1 Postopek izdelave navigacijske karte

Pred izdelavo navigacijske karte mora ponudnik pripraviti:

1. Sliko tlorisa v formatu (JPEG). Ponudnik lahko uporabi poljubno sliko.
2. Pripraviti seznam MAC (BSSID) naslovov vseh WIFI vstopnih točk, ki se nahajajo na tem nadstropju (neobvezno).
3. Pripraviti seznam identifikacijskih oznak za interaktivne točke.

Le nato lahko ponudnik začne postopek izdelave navigacijske karte. Ob prvem zagonu programa je ponudniku predstavljen uvodni korak. Tu mora ponudnik vnesti ime nadstropja, za katero se izdeluje navigacijska karta, izbrati sliko, ki bo uporabljena kot osnova in po želji označiti vse WIFI vstopne točke, ki se nahajajo v nadstropju ponudnika, za katerega izdeluje navigacijsko karto. Postopek je razviden na Sliki 14. Ko ponudnik vnese potrebne podatke in potrdi izdelavo orodja, odpre urejevalnik navigacijskih kart viden na Sliki 15.



Slika 15: Postopek izdelave navigacijske karte. Izbira referenčne točke, ki jo želimo dodati (levo), dodajanje interaktivne točke (desno) in dodajanje referenčne točke (sredina).

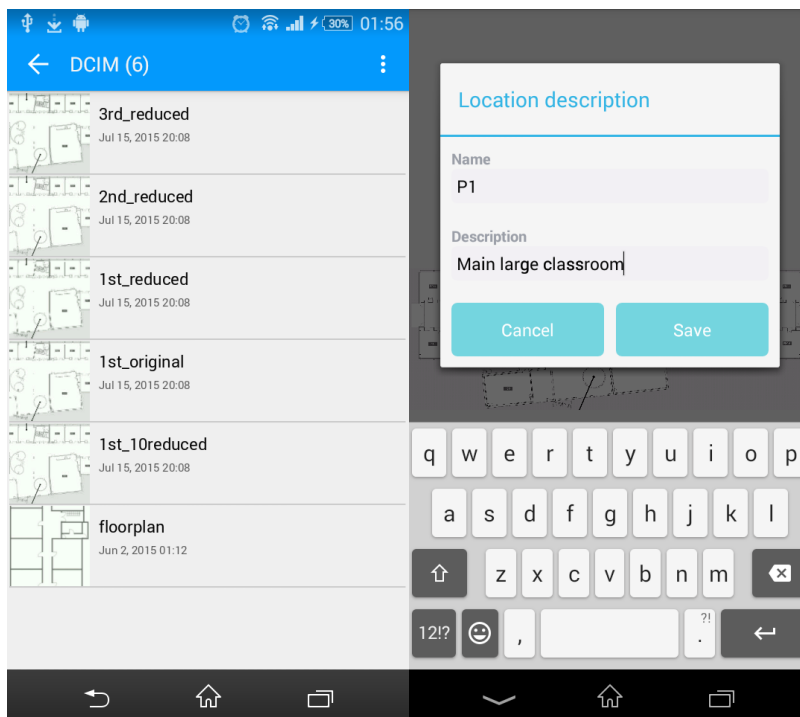
Iz Slike 15 je razviden postopek izdelave navigacijske karte po tem, ko smo zanjo izbrali sliko tlorisa, ime nadstropja in jo povezali z vsebovanimi WIFI vstopnimi točkami. Iz levega dela slike je razviden nabor elementov, katere lahko dodajamo na navigacijsko karto.

Ponudnik postopek prične z dodajanjem referenčnih točk (rumene točke) na Sliki 15. To so točke, ki se uporabljajo za določanje uporabnikovega položaja.

Sledi označevanje ključnih prostorov (zelene točke) na Sliki 15, kot so učilnice, pisarne, trgovine, sanitarije, stopnišča, dvigala, vhodi in izhodi. Nato pa ponudniku preostane še označitev interaktivnih točk, ki pa se na Sliki 15 pojavljajo kot modre in rdeče točke. Modre točke označujejo QR, NFC, IR ali Bluetooth interaktivno točko, rdeče točke pa označujejo slikovni ogled prostora z določenega položaja.

Ponudnik mora za vsako interaktivno polje dodati identifikacijsko oznako po kateri bi referenčno točko lahko prepoznal v vmesniku za vzdrževanje. Ponudnik ne določa funkcionalnosti interaktivnih točk v orodju za razvoj navigacijskih kart, temveč v sistemu za vzdrževanje, ki živi na navigacijskem strežniku.

Vsaka interaktivna točka določa uporabnikov položaj z izjemo slikovnega pogleda. Poleg te funkcionalnosti pa lahko vsaka interaktivna točka določa tudi drugo funkcionalnost.

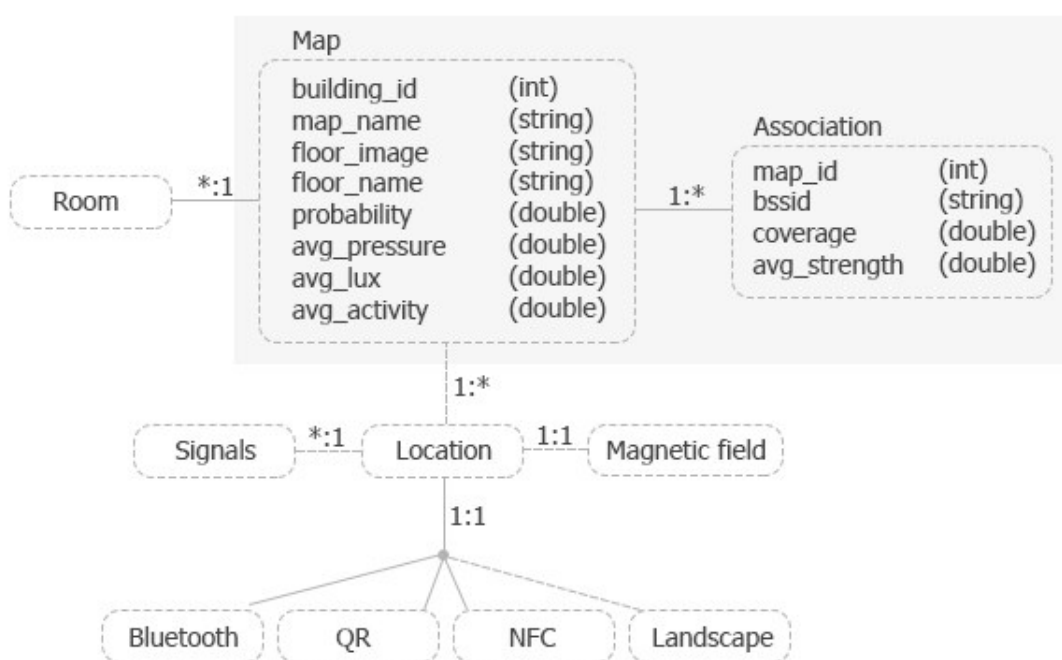


Slika 16: Dodajanje slikovne interaktivne točke (levo) in označitev vhoda ali izhoda v prostor (desno).

5.3.2 Navigacijska karta

Navigacijska karta je zbirka podatkov o prostoru. Sestavljena je iz ključnega elementa (ang. Location) referenčne točke, ki se uporablja za povezovanje fizičnega položaja v prostoru in točke na navigacijski karti (se posledično uporablja za postopek določanja uporabnikovega položaja) ter interaktivnih točk, razvidnih na Sliki 15 levo. Poleg navedenih elementov na Sliki 15, lahko ponudnik dodaja tudi navigacijske točke (ang. Navigation point).

Ponudnik ni omejen glede števila elementov, ki jih lahko doda na navigacijsko karto ali kako jih mora dodajati. Je pa na voljo predloženo poročilo o najboljši praksi, ki opisuje optimalno postavitev WIFI vstopnih točk in način dodajanja referenčnih točk.



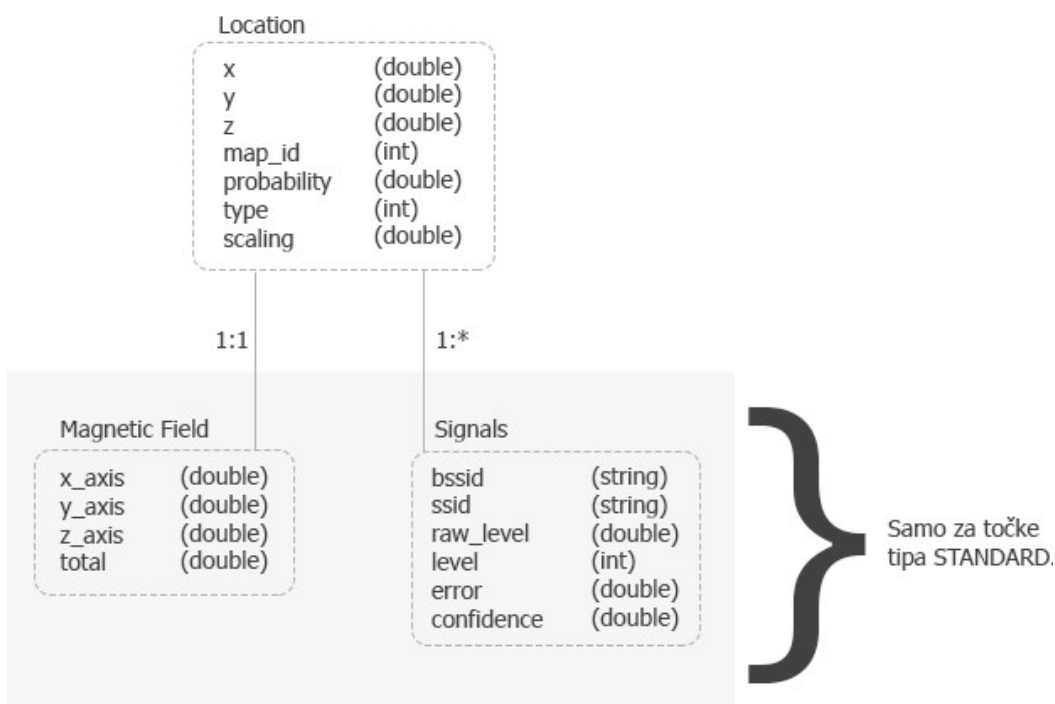
Slika 17: Podatkovna struktura navigacijske karte v izvorni kodi in podatkovni bazi

5.3.2.1 Referenčna točka

Je ključni element navigacijske karte in celotnega sistema za lokalizacijo uporabnikov v prostoru, povezuje fizičnega položaja v prostoru s točko na navigacijski karti skupaj s posnetkom brezžičnega omrežja (vidnih WIFI vstopnih točk) s stališča tega položaja. Na Sliki 15 so referenčne točke vidne kot rumene točke, na Sliki 10 pa kot rdeče točke.

Več referenčnih točk kot ustvarimo z več različnimi napravami, boljše natančnost bomo imeli. Predlagana je visoka gostota referenčnih točk na kvadratni meter (4 točke na 1 kvadratni meter). Referenčna točka je v hierarhiji elementov najnižji element, iz katerega izhajajo ostali elementi. Slednja določa neko točko na navigacijski karti, kadar gre za navadno

referenčno točko se z njo poveže še seznam WIFI vstopnih točk in zapis gostote magnetnega polja, če je na napravi, ki jo uporabljamo, na voljo magnetometer.



Slika 18: Podatkovna struktura osnovnega elementa v programski opremi in podatkovni bazi.

Na Sliki 18 je razvidno, kako je referenčna točka (na sliki imenovana Location) opisana v programski opremi in katere podatke vsebuje. Če se osredotočimo na oblaček (Location) vidimo, da ima vsaka referenčna točka koordinate, kjer se nahaja (X, Y, Z), dodeljeno verjetnost (probability) in podatek, ki določa za kateri tip točke gre (type). Kadar gre za referenčne točke za določanje uporabnikovega položaja (tipa STANDARD), to povežemo še z seznamom WIFI vstopnih točk, ki so vidne z položaja te točke v prostoru in zapisom magnetnega polja.

Ločimo še naslednje tipe referenčnih točk:

1. STANDARD (Gre za referenčno točko povezano z seznamom WIFI vstopnih točk, ki se uporablja za določanje uporabnikovega položaja.)
2. QR (QR interaktivno točko)
3. NFC (NFC interaktivno točko)
4. LANDSCAPE (Gre za slikovni pogled.)
5. AREA (Referenčna točka, ki označuje prostore v zgradbi.)

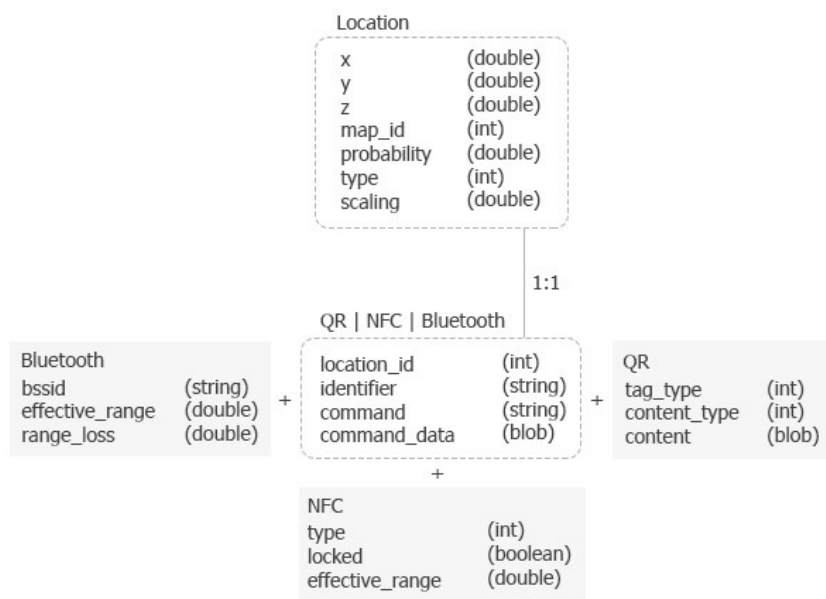
Obstajata še dve dodatni vrednosti, ki pa nista bili vključeni v rešitev, razvito za diplomsko nalogo:

6. NAVPOINT (Navigacijska točka)
7. BLUETOOTH (Bluetooth referenčna točka)

5.3.2.2 Interaktivna referenčna točka

So interaktivni elementi na navigacijski karti, ki so izpeljani iz referenčne točke. Vsi ti elementi si delijo skupno funkcionalnost, določitev uporabnikovega položaja ob interakciji. Poleg slednjega lahko definirajo tudi drugo funkcionalnost za uporabnikovo mobilno napravo, kot so: prikaz sporočila, prikaz slike, zahteva za pomoč, prijava napake, odpiranje spletne strani, omogočanje dostopa do lokalnega brezžičnega omrežja, prikaz opozoril, zahteva za posodobitve ali zahteva za prenos navigacijske karte za nadstropje, v katerem se element nahaja.

Ponudnik interaktivne točke dodaja na navigacijsko karto v postopku izdelave in jim ob tem določa unikatno identifikacijsko kodo, s katero bo točko lahko prepoznal v sistemu za vzdrževanje, ki je podrobneje opisan v poglavju 5.4.3 (Vmesnik za vzdrževanje sistema). Interakcija z slednjim prvotno določi uporabnikov položaj na navigacijski karti, nato pa od strežnika za lokalizacijo zahteva ukaze in povezane podatke.

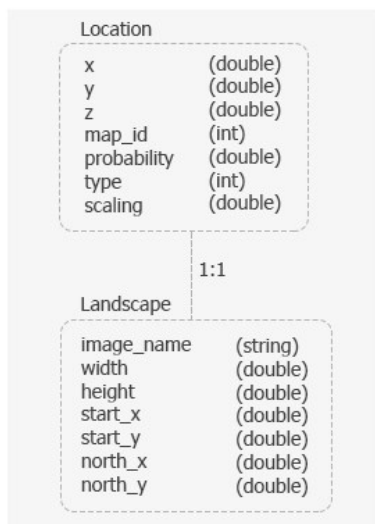


Slika 19: Podatkovna struktura interaktivne točke v izvorni kodi in podatkovni bazi.

Iz Slike 19 (oblaček Location in QR|NFC|Bluetooth) je razvidno, da ti elementi izhajajo iz referenčne točke in tako dedujejo njene podatke. Delijo si tudi podatek ob identifikaciji (identifier) in ukaz, ki ga morejo izvršiti ob interakciji (command). Poleg teh podatkov pa ima vsak tip referenčne točke še svoje sebi specifične podatke.

5.3.2.3 Slikovni ogled prostora z referenčne točke

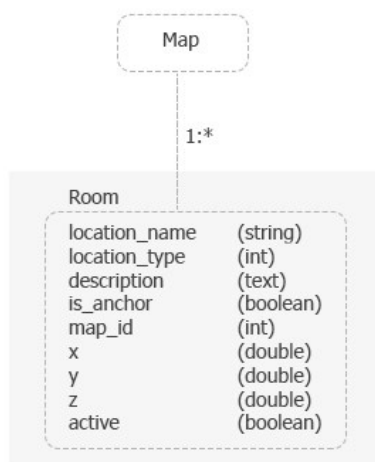
Je interaktivni element, ki za razliko od interaktivnih točk predstavljenih v poglavju 5.3.2.2 (Interaktivna referenčna točka) ne določa uporabnikovega položaja ob interakciji. Uporablja se kot pristop pomoči orientacije uporabnika v prostoru, tako da se mu na mobilni napravi prikaže fotografija prostora z stališča tega položaja v prostoru.



Slika 20: Podatkovna struktura slikovne interaktivne točke v izvorni kodi in podatkovni bazi.

5.3.2.4 Interaktivna referenčna točka za označevanje prostorov

Je interaktivni element, ki pa ne izhaja iz referenčne točke (ang. Location), temveč je definiran ločeno. Predstavlja nek prostor v zgradbi tako, da določa položaj vhodov in izhodov v prostore. Uporabljajo se hkrati kot interaktivne točke, ki ne določajo uporabnikovega položaja in kot končni cilji navigacijskih točk.



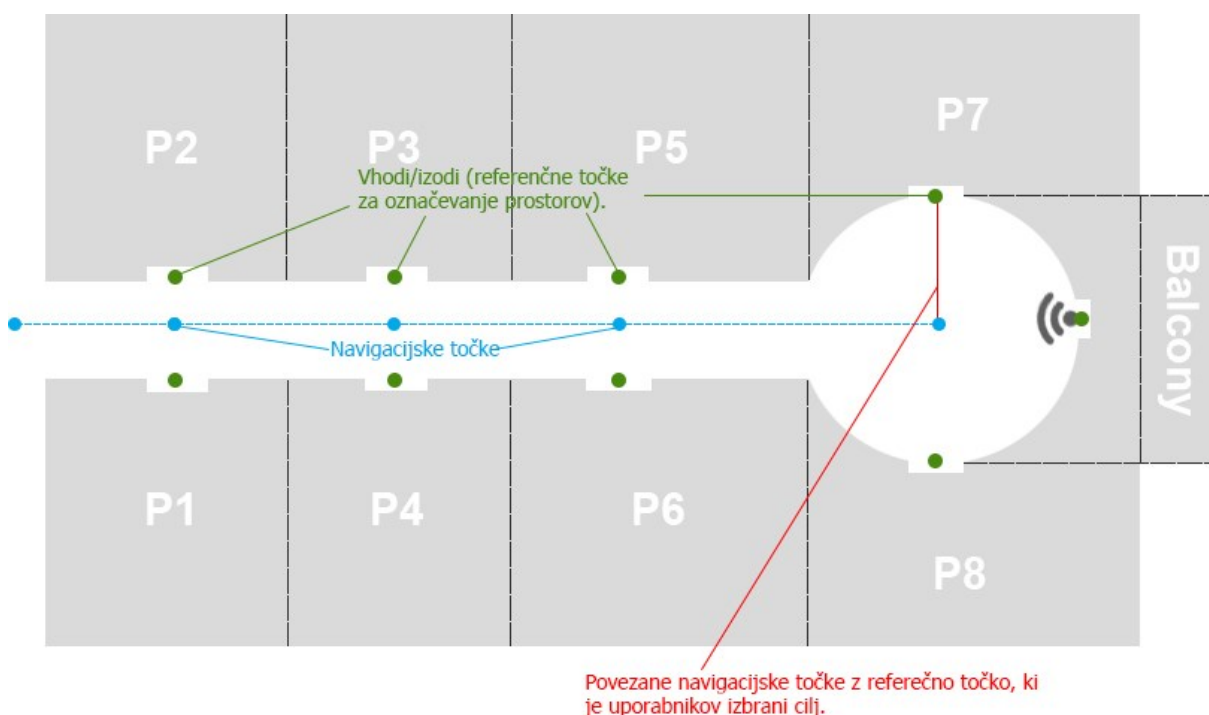
Slika 21: Podatkovna struktura točke za prostore v izvorni kodi in podatkovni bazi.

Vsak tak referenčni položaj določa koordinati X in Y na navigacijski karti. Poleg lokacije določa tudi ime prostora, kategorijo oz. tip prostora in polje za splošni opis prostora, kamor lahko vnesemo poljubne podatke, kot so delovni čas, kontaktni podatki, zaposleno osebje ali oglasne informacije. Določa tudi, ali se položaj lahko uporablja kot cilj za navigacijsko točko, saj do nekateri prostorov ni smiselno voditi uporabnikov.

5.3.2.5 Navigacijska točka

Je tip referenčne točke, ki se uporablja za vodenje uporabnika in za izris poti od trenutno določenega položaja do cilja. Navigacijskih točk ponudniku sicer ni potrebno določati, a brez njih ne bo imel natančnega vodenja uporabnika, saj uvajajo funkcionalnost usmerjevanja.

Med izdelavo navigacijske karte lahko ponudnik določa navigacijske točke v prostoru. Ponudnik mora določiti najmanj dve točki in med njima ustvariti povezavo, tudi tu ponudnik ni omejen z številom točk, ki jih lahko ustvari ali poveže. Na voljo je tudi možnost, da lahko ponudnik določi razdaljo v prostoru v poljubni enoti (običajno metri) med dvema navigacijskima točkama in tako uporabniku omogoči podatek o oddaljenosti od izbranega cilja.



Slika 22: Postopek dodajanja in delovanja navigacijskih točk.

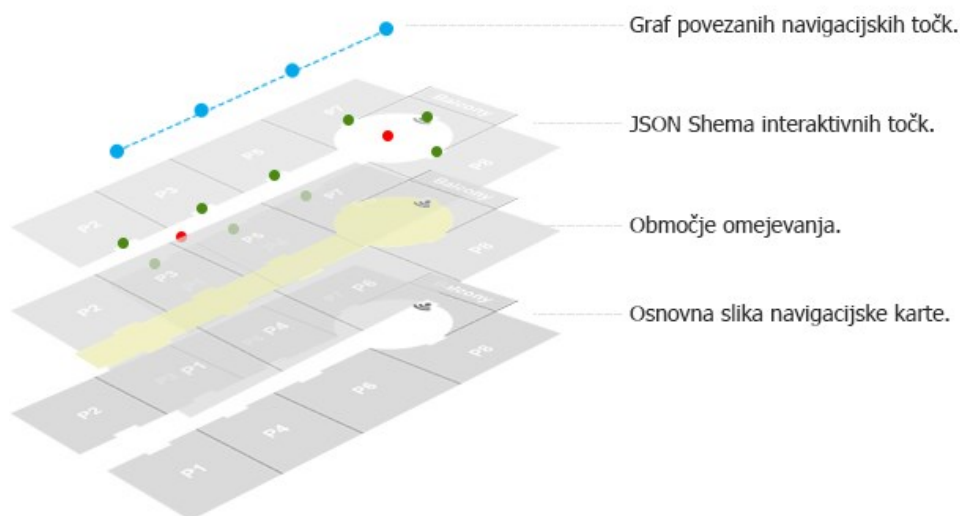
Uporabnik se nahaja izven konteksta Slike 22 in je zahteval usmerjanje do prostora P7. Sistem je poiskal najbližjo navigacijsko točko uporabnikovem položaju, navigacijsko točko najbližjo prostoru P7 in nato poiskal najbližjo pot med dvema najdenima navigacijskima

točkama. Ponudniku je svetovano, da dodaja navigacijske točke z gostoto enako točkam, ki določajo vhode in izhode iz ključnih prostorov. Na Sliki 22 je prikazan optimalen pristop določanju navigacijskih točk, vsaka pa je vzporedna s točko za določanje prostorov. Slednje sicer ni pogoj, a če se pristopa ne držimo, potem se lahko zgodi, da sistem nariše pot do cilja skozi stene.

Navigacijske točke se v podatkovni bazi hranijo v dveh različnih tabelah. Ena tabela določa položaj navigacijske točke z koordinatami X in Y, druga tabela pa določa povezave med dvema točkama. Vsaka navigacijska točka lahko ima neomejeno število povezav, večje število povezav pa pomeni počasnejše iskanje najkrajše poti.

5.3.3 Struktura navigacijske karte

Navigacijska karta je v končni izvedbi sestavljena iz slike tlorisa in JSON datoteke (JavaScript Object Notation - preprost format za izmenjavo podatkov med storitvami, ki je enostaven za branje in pisanje ljudem kot računalnikom. [11]), ki nosi vse podatke povezane z navigacijsko karto.



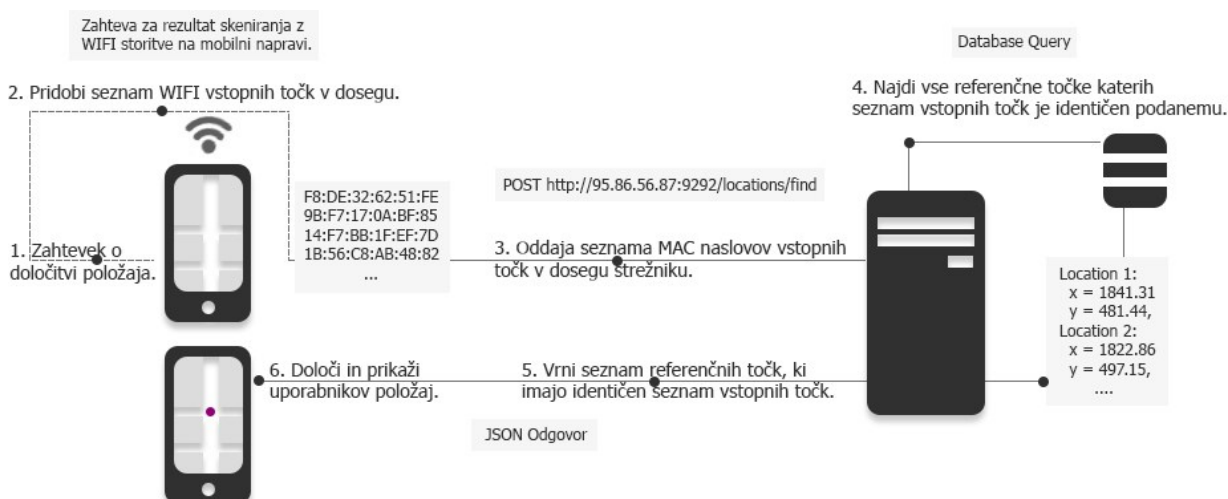
Slika 23: Struktura navigacijske karte v programski opremi.

V programski opremi je navigacijska karta sestavljena, kot je prikazano na Sliki 23, iz:

1. Datoteke, ki hrani povezani graf navigacijskih točk in se ob namestitvi navigacijske karte uvozi v lokalno podatkovno bazo.
2. JSON datoteke, ki hrani podatke za izris interaktivnih točk (podatke posreduje strežnik za lokalizacijo).
3. Pripravljene slikovne datoteke (JPEG) – tloris poslopja s transparentno označenim poljem za omejevanje.

5.4 Strežnik za lokalizacijo in vmesnik za vzdrževanje sistema

Je jedro celotne rešitve, katerega namen je hranjenje podatkov, povezanih z navigacijskimi kartami, distribucija navigacijskih kart in njihovih posodobite ter hranjenje in posredovanje fotografij prostorov. Na navigacijskem strežniku deluje tudi vmesnik za vzdrževanje celotnega sistema, ki nam omogoča upravljanje s sistemom in vključeno vsebino, vodenje analize uporabe in določanja funkcionalnosti interaktivnih točk.



Slika 24: Postopek določanja uporabnikovega položaja od zahtevka do odgovora.

V razvojnem okolju, razvidnem na Sliki 24, je strežnik za lokalizacijo uporabnikov dosegljiv na IP naslovu 95.85.56.87, storitev pa posluša na vratih 9292. Na strežniku je definirana HTTP povezava na naslovu »`http://95.85.56.87:9292/locations/find`«, mobilna naprava na ta naslov pošilja seznam vseh vidnih WIFI vstopnih točk, slednje pa vrnejo seznam vseh referenčnih položajev, ki imajo identičen seznam WIFI vstopnih točk. Programska oprema za usmerjanje in prikazovanje navigacijskih kart nato pretehta vrnjen seznam referenčnih položajev in določi uporabnikov položaj v prostoru.

5.4.1 Zahtevek za določitev uporabnikovega položaja

Programska oprema za usmerjanje in prikaz navigacijskih kart, ki deluje na mobilni napravi končnega uporabnika, naredi povzetek vseh z uporabnikovega položaja vidnih WIFI vstopnih točk. Iz vrnjenega rezultata sestavi (JSON) shemo in jo posreduje strežniku za lokalizacijo v sledeči obliki:

```
{
  "signals": [
    { "bssid": "F8:DE:32:62:51:FE" },
    { "bssid": "98:F7:17:0A:BF:85" },
    ...
  ],
  "device": { .. }
}
```

Slika 25: Podatkovni zapis (JSON) zahtevka za določitev uporabnikovega položaja.

5.4.2 Iskanje ustreznih referenčnih točk

Iz Slike 25 je razvidno sporočilo, ki je posredovano strežniku za lokalizacijo uporabnikov. Ta zabeleži osnovne podatke o uporabnikovi mobilni napravi, nato pa izvede ukaz, prikazan na Sliki 26, nad podatkovno bazo, da bi našel vse referenčne položaje, ki imajo identičen seznam WIFI vstopnih točk. Da referenčni položaj ustreza zahtevku, mora ta imeti vsaj 80 % ali več WIFI vstopnih točk na svojem seznamu, ki so na seznamu zahtevka. Če je bil uporabnikov zahtevk neuspešen, je le-to zabeleženo in sporočeno mobilni napravi. Programska oprema bo nato čakala na podatke pospeškometra, ko bo zaznala večji premik, bo ponovno zahtevala določitev uporabnikovega položaja. V primeru, da naprava nima omenjenega senzorja, pa bo ponovni zahtevk avtomatsko oddala čez določen čas.

```
SELECT s.location_id, ABS(SUM(s.level)-#{strength}) AS strength, l.*, m.*
FROM signals s INNER JOIN locations l
      ON s.location_id = l.id
      INNER JOIN magnetic_field m ON s.location_id = m.location_id
WHERE s.bssid IN (#{bssids}) AND location_type = 'LOCATION'
GROUP BY s.location_id
      HAVING COUNT(DISTINCT s.bssid) >= #{required}
ORDER BY strength LIMIT 10;
```

Slika 26: Okrnjen ukaz nad podatkovno bazo za iskanje ustreznih referenčnih točk.

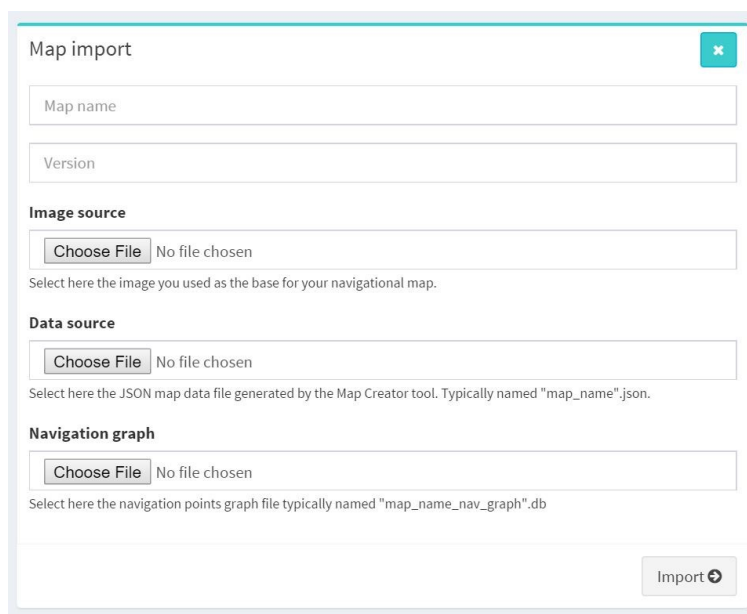
Ob uspešnem zahtevku pa je uporabnikovi mobilni napravi posredovan seznam vseh ustreznih referenčnih točk. Programska oprema na mobilni napravi uporabnika nato nad vrnjenim seznamom opravi še postopek eliminacije referenčnih točk, kot je razvidno v Tabela 2.

5.4.3 Vmesnik za vzdrževanje sistema za lokalizacijo in usmerjanje

Vmesnik za vzdrževanje sistema je spletna storitev, ki deluje na strežniku za lokalizacijo uporabnikov. Do slednjega ima dostop le administrator, ki ga določi ponudnik storitve. Le-ta omogoča ponudniku, da v času delovanja sistema izvaja posodobitve navigacijskih kart. Vse posodobitve pa so nato na voljo vsem napravam ob naslednji povezavi s strežnikom.

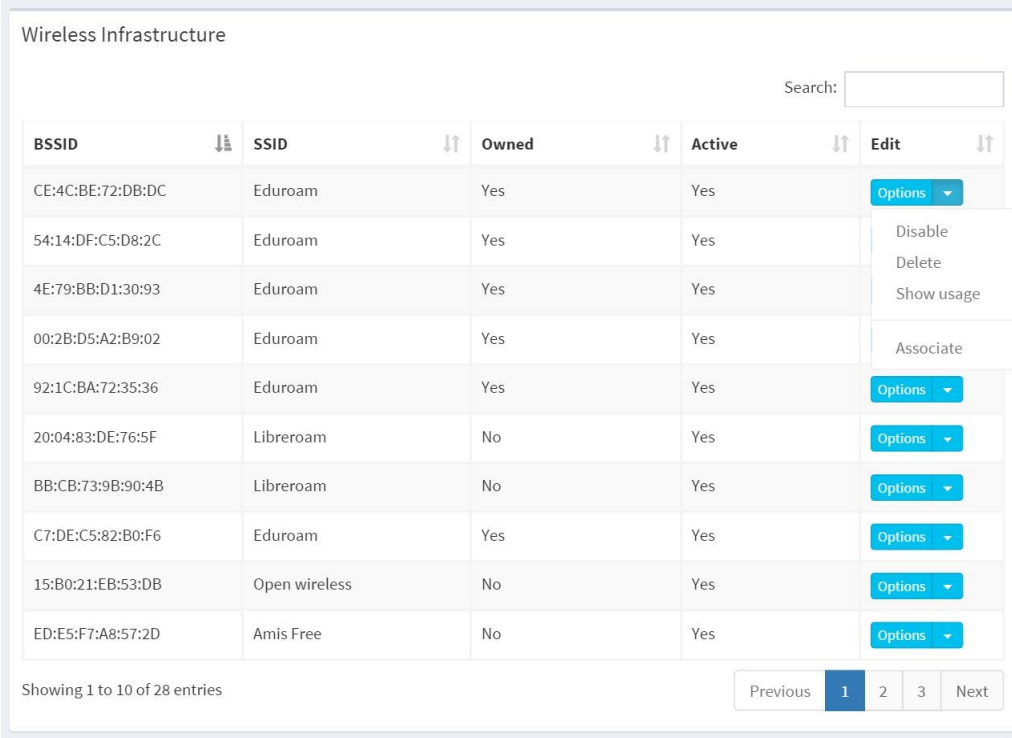
Ponudnik lahko preko sistema uvaža nove navigacijske karte, odstranjuje WIFI vstopne točke iz podatkovne baze, odstranjuje vse dodane referenčne točke in tako odstrani možnost določanja uporabnikovega položaja v nekem delu zgradbe. Prav tako preko sistema določa funkcionalnost interaktivnih točk in ureja njihovo vsebino.

Tako je ponudniku omogočena analiza uporabe in pregled uspešnosti z izvedbo kalibracije celotnega sistema. Ob vsakem zahtevku za določitev položaja sistem zabeleži osnovne podatke mobilne naprave in ali je bil zahtevek uspešen ali ne. Sistem omogoča, da ga postavimo v stanje uvajanja (ang. Burn-in), kjer lahko uporabniki med delovanjem označijo, če je bil položaj, ki jim je bil določen, pravilen ali nepravilen. Sistem v tem primeru vodi tudi podatek o tem, koliko poizkusov je bilo potrebno, preden je bil določen natančen uporabnikov položaj.



Slika 27: Orodje za uvod novih navigacijskih kart.

Na Sliki 27 je razvidno orodje za uvoz navigacijskih kart. Slednje uporabljamo za uvoz novih kart in posodabljanje že obstoječih. Kadar posodabljam obstoječo, imamo na voljo popolno ali segmentno posodobitev - takrat v orodje dodamo le podatek, ki ga želimo posodobiti.



Wireless Infrastructure

Search:

BSSID	SSID	Owned	Active	Edit
CE:4C:BE:72:DB:DC	Eduroam	Yes	Yes	Options
54:14:DF:C5:D8:2C	Eduroam	Yes	Yes	Disable Delete Show usage
4E:79:BB:D1:30:93	Eduroam	Yes	Yes	Associate
00:2B:D5:A2:B9:02	Eduroam	Yes	Yes	
92:1C:BA:72:35:36	Eduroam	Yes	Yes	Options
20:04:83:DE:76:5F	Liberoam	No	Yes	Options
BB:CB:73:9B:90:4B	Liberoam	No	Yes	Options
C7:DE:C5:82:B0:F6	Eduroam	Yes	Yes	Options
15:B0:21:EB:53:DB	Open wireless	No	Yes	Options
ED:E5:F7:A8:57:2D	Amis Free	No	Yes	Options

Showing 1 to 10 of 28 entries

Previous 1 2 3 Next

Slika 28: Urejevalnik znanih WIFI vstopnih točk.

Na Sliki 28 je vidno orodje za urejanje celotnega seznama WIFI vstopnih točk, ki so bili dodani skupaj z referenčnimi točkami. Sistem nam omogoča, da odstranimo oddajnike s seznama ali pa jih onemogočimo in s tem izboljšujemo odpornost sistema na spremembe v okolju, ali pa onemogočamo delovanje sistema v nekem delu zgradbe.

5.5 Programska oprema za usmerjanje in prikaz navigacijskih kart

Programski opremi za izdelovanje navigacijskih kart sta namenjeni ponudniku storitve, vmesnik na strežniku za lokalizacijo pa končnemu uporabniku. Deluje na uporabnikovi mobilni napravi in na njegovo zahtevo komunicira s strežnikom za lokalizacijo uporabnikov.

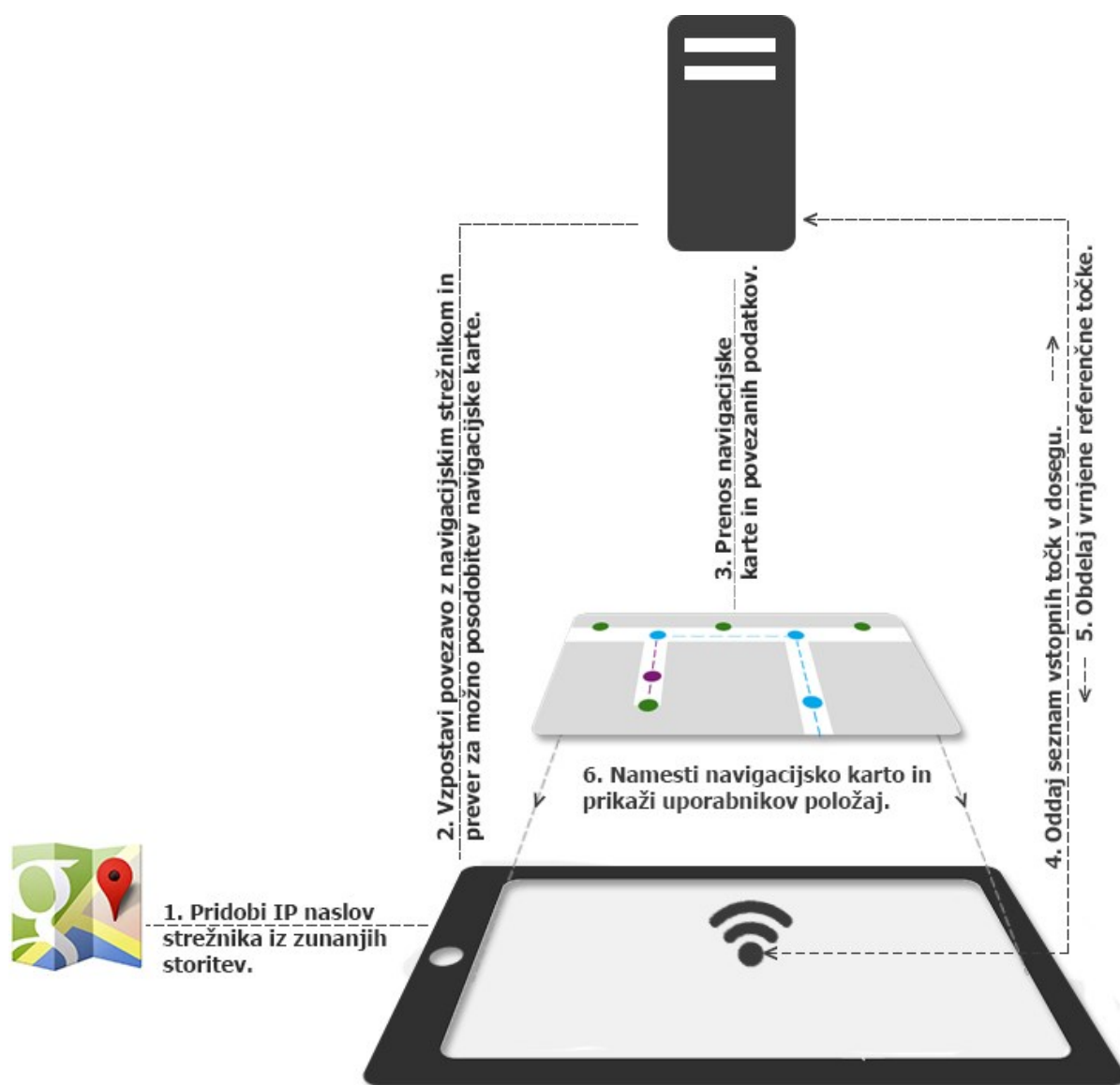
Programsko opremo tvorijo štiri komponente:

1. Prikazovalnik navigacijske karte (ang. Map engine).
2. Neo4j podatkovna baza grafov (ang. Graph database) za hranjenje navigacijskih točk.
3. Vmesnik za prenos podatkov (ang. Download Manager).
4. Vmesnik za nadzor senzorjev (ang. Sensor Service).

Ob zagonu programske opreme se najprej namesti zadnje uporabljena navigacijska karta ali pa uporabniški vmesnik za prenos podatkov. Tu ima uporabnik na voljo, da izbira med svojimi navigacijskim kartami na telefonu ali pa prenese navigacijsko karto z enim od dveh načinov. Lahko jo prenese tako, da opravi interakcijo z eno od interaktivnih referenčnih točk, ki jih je postavil ponudnik storitve. Slednji ima znan IP naslov strežnika za lokalizacijo, uporabnikova naprava pa se nato poveže s strežnikom in prenese navigacijsko karto na uporabnikovo napravo. Drugi pristop je, da ponudnik označi svojo storitev na Google Zemljevidi spletni storitvi, ta pa omogoča, da uporabnik z uporabo GPS podatkov najde svoj položaj in zgradbo, v kateri se nahaja. Ta položaj bo na Google Zemljevidi spletni storitvi hranil povezavo s ponudnikovim strežnikom za lokalizacijo. Programska oprema se bo sama povezala s strežnikom in na uporabnikovo napravo prenesla navigacijsko karto. Prav tako ima uporabnik možnost, da sam prenese navigacijsko karto s ponudnikove spletne strani in si jo na svojo napravo namesti sam.

Pri prenosu navigacijskih kart ima uporabnik možnost, da določi način prenosa. Izbira lahko med pohlepnim in konservativnim prenosom. Prvi prenese vse navigacijske karte, ki so povezane s poslopjem, v katerem se uporabnik trenutno nahaja, druga pa prenese le navigacijsko karto za nadstropje, v katerem se uporabnik trenutno nahaja.

Po končanem prenosu sledi namestitev navigacijske karte. Najprej je nameščena in prikazana slika, nato sistem prebere (JSON) shemo, kjer so shranjeni podatki o interaktivnih referenčnih točkah in seznam destinacij (seznam prostorov), nato pa izriše nov sloj nad prikazano sliko. Sledi označitev uporabnikovega trenutnega položaja tako, da na nov sloj nad interaktivnimi referenčnimi točkami izriše indikator uporabnikovega položaja in usmerjenosti. Na koncu pa sledi še uvoz grafa navigacijskih točk v podatkovno bazo. Od tu naprej delovanje prevzema vmesnik za nadzor senzorjev, ki posodablja uporabnikov položaj glede na razbrane podatke. Postopek je razviden na Sliki 29.



Slika 29: Koraki prenosa in namestitve navigacijske karte.



Slika 30: Uporabniški vmesnik rešitve za usmerjanje uporabnikov.

Slika 30 prikazuje programsko opremo v uporabi. Tu je še v razvojnem stanju in ne vključuje celotne grafične podobe. Željeno je bilo, da bi bilo okolje programske opreme čim bolj preprosto za uporabo. Na Sliki 30 (levo) je viden meni, v katerem ima uporabnik na voljo naslednje možnosti:

1. Zahteva določitev uporabnikovega položaja. (ang. My Location).
2. Odpre vmesnik za skeniranje QR kode. (ang. QR Location).
3. Omogoči NFC storitev in čaka na kontakt, da bi lahko prebral NFC značko. (ang. NFC Location).
4. Odpre seznam vseh referenčnih točk za določanje prostorov, kamor lahko uporabnika vodimo. (ang. Navigate to).

5.5.1 Prehod med nadstropjem

Ena od nalog programske opreme je zaznavanje prehodov med nadstropji. Le-to rešitev zaznava na dva različna načina: predvidena pot gibanja in seznam z navigacijsko karto povezanih WIFI vstopnih točk. Poleg slednjih lahko uporabnik sam izbere nadstropje, kjer se trenutno nahaja. V stanju preizkušnje je tudi uporaba barometra in senzorja za merjenje intenzivnosti svetlobe.

5.5.1.1 Predvidena pot gibanja

Ta pristop je v teku uvedbe v sistem. V programsko rešitev bo dodano orodje za označevanje območja prehodov. Od tu naprej sistem sam poskrbi za prenos in menjavo navigacijskih kart med delovanjem. Vsak zapis območja za prehod bo povezan z dvema identifikacijskima številoma; eno pripada trenutno prikazani navigacijski karti, drugo pa navigacijski karti nadstropja, ki sledi. Sistem vodi uporabnika do njegovega cilja in ko slednji zazna, da je uporabnik v območju prehoda, pripravi naslednjo navigacijsko karto. Ko uporabnik preide območje, se karta prikaže.

5.5.1.2 Seznam z nadstropjem povezanih vstopnih točk

Postopek temelji na nadzoru spremembe v pospeškometru in prejeti jakosti signala z vstopnih točk, za katere je bilo določeno, da se nahajajo na uporabnikovem nadstropju. Če se vrnemo na Sliko 14 (desno), vidimo, da je ponudniku pred začetkom izdelave navigacijske karte na voljo možnost, da sam pripiše seznam vseh vstopnih točk, ki se nahajajo na nadstropju. Kadar določamo uporabnikov položaj, naredimo povzetek vidnih WIFI vstopnih točk in ga posredujemo strežniku za lokalizacijo. Slednji bo vzel najmočnejše vstopne točke s seznama nad določeno mejo in jih primerjal z podatkovno bazo, da bi ugotovil, na katerem nadstropju se nahajajo. Vrnil bo identifikacijsko število nadstropja, ki ima največ rezultatov. Med aktivnim sprehodom, kadar zadostuje pogoj s pospeškometra za hojo po stopnišču ali prevoz z dvigalom, se intervalno izvaja povzetek vidnih WIFI vstopnih točk. Vzamemo vstopne točke z največjo prejeto jakostjo signala in gledamo, kako se slednja spreminja glede na ostale WIFI vstopne točke na seznamu. Velika verjetnost je, da bomo na seznamu imeli vsaj eno WIFI vstopno točko, ki se nahaja na nadstropju nad nami in eno, ki se nahaja na nadstropju, kjer se trenutno nahajamo. Če prehajamo v nadstropje nad nami, bo prejeta jakost signala vstopne točke trenutnega nadstropja začela slabeti, prejeta jakost signala drugega pa se bo višala. Najboljše delovanje je tam, kjer imamo velike motnje med vstopnimi točkami med različnimi nadstropji ali pa so te povsem nevidne.

5.5.2 Vmesnik za prenos podatkov

Služi za komunikacijo med uporabnikovo napravo oz. programsko opremo in strežnikom za lokalizacijo uporabnikov. Slednji deluje asinhrono v ozadju glavnega uporabniškega vmesnika in tako omogoča nemoteno delovanje med komunikacijo.

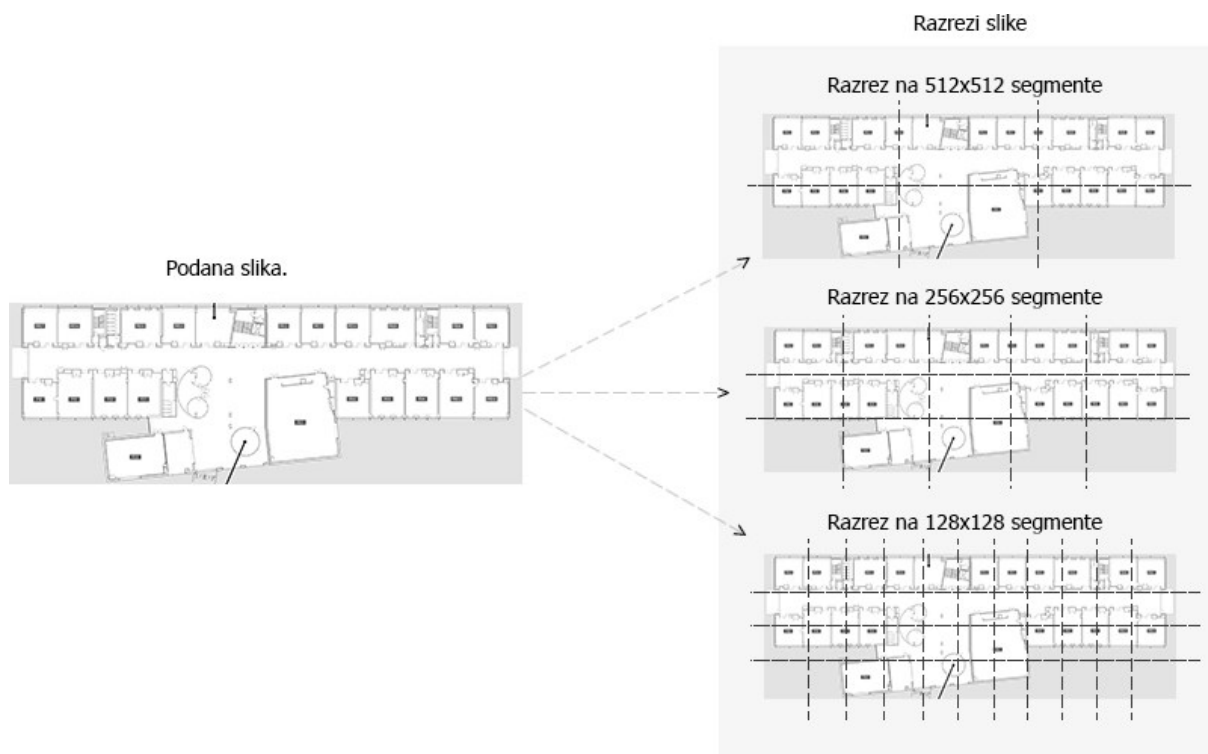
Vmesnik služi za prenos navigacijskih kart in sporočil med napravo in navigacijskim strežnikom. Je trenutno v prenovi zaradi prehoda na novo knjižnico za izvajanje HTTP klicev. Ključna posodobitev te komponente pa bo enotna datoteka za navigacijsko karto.

5.5.3 Prikazovalnik navigacijskih kart

Trenutno največji problem izdelave programske opreme za izdelavo navigacijskih kart in programske opreme za vodenje uporabnika je prikazovanje slike, ki služi kot osnova za navigacijsko karto. Zaradi omejitve velikosti pomnilnika, ki ga lahko programska oprema uporablja, prihaja do težave pomanjkanja slednjega pri prikazovanju velikih ali kvalitetnih slik.

Zaradi te težave smo primorani pred prikazovanjem slike zmanjševati njeno kvaliteto, kar poslabša uporabniško izkušnjo. Trenutni pristop prikazovanju navigacijske karte deluje tako, da poskuša prikazati celotno sliko. Če to ne uspe, zmanjša kvaliteto slike in ponovno poskuša prikazati sliko. Ta postopek se izvaja dokler slika ni primerna za prikaz, kar pa predstavlja velik problem, saj moramo nato dodatno upoštevati faktorje zmanjševanja slike in matriko zaslona pri izrisovanju uporabnikovega položaja in interaktivnih referenčnih točk. Naprave, ki imajo na voljo večjo količino skupnega pomnilnika in deleža za vsako programsko rešitev, bodo lahko prikazale bolj kvalitetno navigacijsko karto, tiste z manj pa bodo morale kvaliteto navigacijske karte zmanjševati, dokler le-ta ne bo primerna za količino pomnilnika, ki je na voljo.

Posledično programski rešitvi po ureditvi navigacijski karti ostane malo pomnilnika za normalno delovanje in lahko pride do prekinitve delovanja. Za rešitev težave je bil razvit nov prikazovalnik navigacijske karte, ki namesto prikazovanja celotne slike prikazuje le del slike, preostale dele pa prikazuje na zahtevo in tako doseže veliko znižanje uporabe pomnilnika. Takšna rešitev prav tako ohranja prvotno kvaliteto slike.



Slika 31: Razdelitev izbrane slike na več segmentov.

Prvi korak k reševanju težave je priprava slike, da se slednja štirikrat razreže na manjše segmente. Podano sliko razdelimo na segmente velikosti 1024x1024, 512x512, 256x256 in 128x128, ker od ponudnika ne zahtevamo, da uporabi sliko, katere velikost je faktor števila 2, nam po razrezu lahko ostane nekaj delov slike, ki bodo manjši od navedenih velikosti. Postopek je prikazan na Sliki 31, ki nam po končanju vrne štiri direktorije v vsakem pa nabor slik, ki skupaj tvorijo celotno podano sliko.

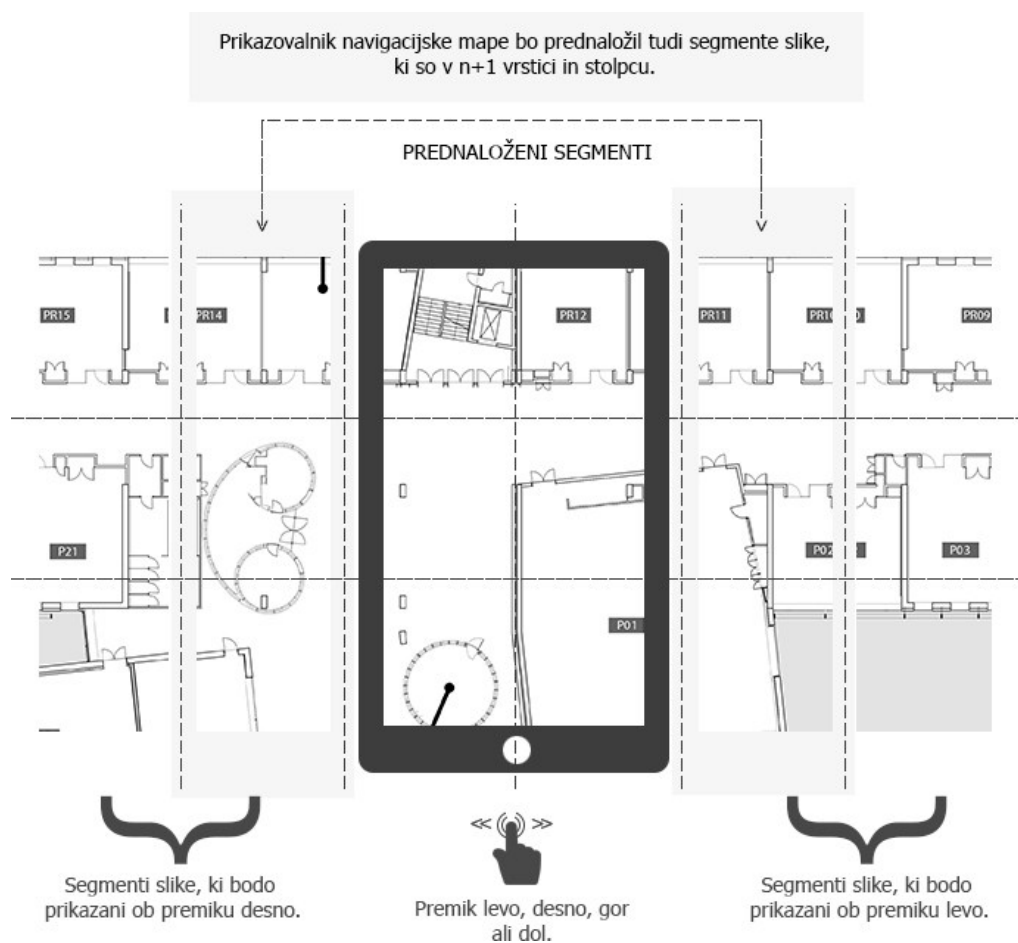
Za razrez slike uporabimo nabor orodij iz knjižnice ImageMagick, za avtomatizacijo in preprosto uporabo pa je pripravljena skripta, ki omogoča ponudniku zelo preprost proces razreza slike. Datoteko prvotne slike preprosto preimenujemo v »src.jpg« in poženemo skripto, ki ustvari 4 direktorije in podano sliko razreže. Kot je vidno na Sliki 31, po razrezu dobimo obliko tabele. Da bi programska oprema lahko prepoznala razrezane slike, jih skripto poimenuje po predlogi »stolpec_celica.jpg«.

0_0.jpg	0_1.jpg	0_2.jpg	0_3.jpg	0_4.jpg	0_5.jpg
256x256	256x256	256x256	256x256	256x256	178x256

1_0.jpg	1_1.jpg	1_2.jpg	1_3.jpg	1_4.jpg	1_5.jpg
256x256	256x256	256x256	256x256	256x256	256x256

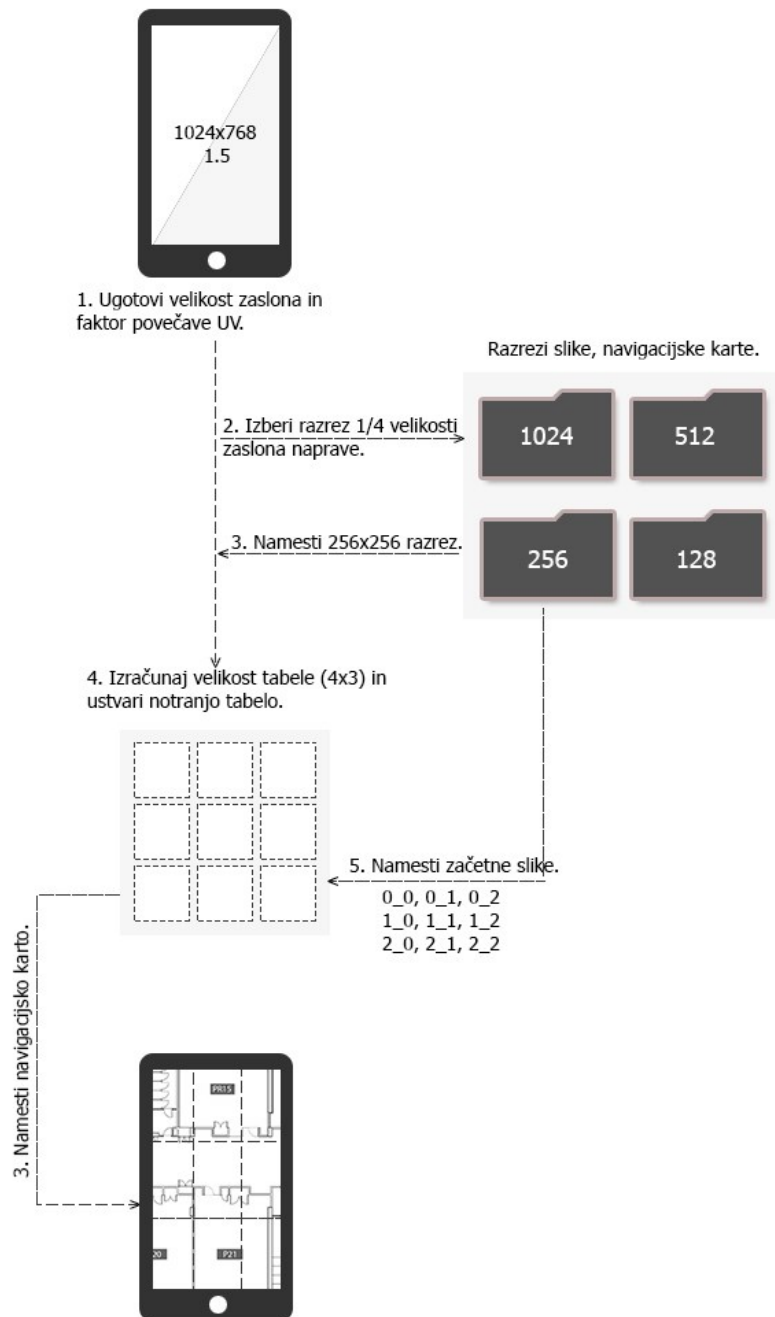
Tabela 3: Poimenovanje razrezanih delov podane slike.

Omenjeni postopek bo ponudnik moral opraviti na osebem računalniku, nato pa bo 4 direktorije prenesel na svoj mobilni telefon. Pri izdelavi navigacijske karte bo nato namesto slike izbral direktorij za razreze. Programska oprema za izdelavo navigacijskih kart ob izbiri direktorija ugotovi širino, višino zaslona in faktor povečave. Na podlagi pridobljenih podatkov izbere najbolj ustrezen razrez. Če je velikost zaslona uporabnikove mobilne naprave 1024x768, bo naprava izbrala direktorij z razrezi velikosti 256x256. Najprej določimo strukturo tabele, nato širino in višino zaslona razdelimo z velikostjo razreza in rezultat je, da moramo v našem primeru imeti tabelo 4x3 (4 stolpci, 3 vrstice). V njo bomo morali vstaviti 12 razrezanih slik. Če kot slab primer razrezane slike vzamemo Tabelo 3, vidimo, da bomo v tabelo naložili le 66.4 % celotne slike.



Slika 32: Delovanje prikaza segmentov slike (ang. Map engine).

Na Sliki 32 je razvidno delovanje rešitve. Poleg slik, ki so trenutno v vidnem polju rešitev, prednamesti tudi vse slike, ki so v $n-1$ in $n+1$ vrsticah in stolpcih. Ponudnik lahko izbere sliko poljubne velikosti in kadar njena velikost ni faktor števila 2, dobimo zadnji del slike manjši, kot velikost celice tabele. Slika je vseeno vstavljena v celico, katere ozadje pa je obarvano z barvo ozadja slike tako, da se slika lepo zlije skupaj z ozadjem.



Slika 33: Postopek namestitve slike za navigacijsko karto.

Poglavje 6 Analiza uporabe

Strežnik za lokalizacijo uporabnikov v prostoru poleg velikega nabora orodij za vzdrževanje sistema vodi tudi uspešnost sistema z beleženjem podatkov ob vsakem zahtevku. Eno od orodij, ki je ponudniku na voljo, je pregled splošne analize uporabe. Strežnik ob vsakem zahtevku za določanje uporabnikovega položaja beleži naslednje podatke:

- Proizvajalec uporabnikove mobilne naprave.
- Model uporabnikove mobilne naprave.
- Verzijo operacijskega sistema.
- Posredovan seznam WIFI vstopnih točk v dosegu uporabnikove mobilne naprave.
- Stanje obdelanega zahtevka za določitev uporabnikovega položaja.

Podatki se beležijo le ob uporabnikovem dovoljenju. Poleg teh podatkov lahko, dokler je sistem v stanju uvajanja (ang. Burn in) in ob uporabnikovem dovoljenju, dobimo tudi sledeče podatke:

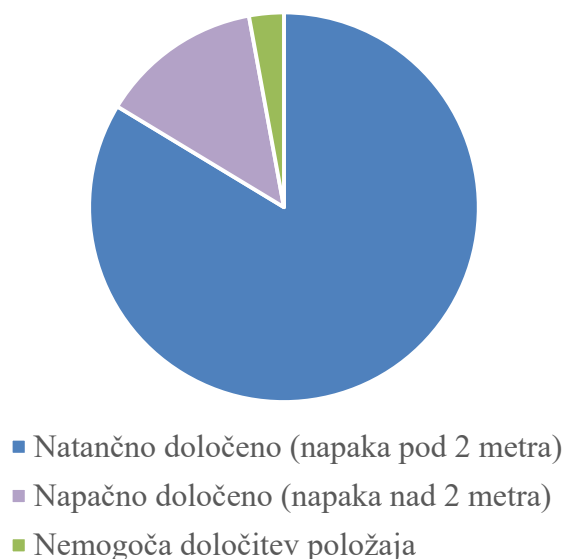
- Seznam senzorjev, ki so na voljo v uporabnikovi mobilni napravi.
- Stanje baterije.
- Potrditev natančnosti določenega položaja z strani uporabnika.
- Število poizkusov, potrebnih preden smo natančno določili uporabnikov položaj.

Ti podatki nam omogočajo izredno dober pogled v uspešnost delovanja našega sistema – kdo so naši uporabniki in kakšna tehnologija nam je na voljo. Sam sistem prav tako vodi podatek o svojem delovanju in kvaliteti postavljene infrastrukture tako, da ob vsakem zahtevku beležimo še:

- Najdene referenčne točke.
- Pogostost uporabe referenčne točke.
- Pogostost uporabe vstopnih točk, povezanih z referenčno točko.
- Število vstopnih točk, povezanih z najdeno referenčno točko.

V času razvoja projekta je bil ta omejeno preizkušen na sledečih mestih, a le z dvema različnima napravama in še ne povsem uvedenim postopkom odprave napak:

- 1) Brodarjeva ulica 4, 3000 Celje, Stanovanjski blok
- 2) Večna pot 113, 1000 Ljubljana, Zgradba Fakultete za računalništvo in informatiko
- 3) Dečkova ulica 1, 3000 Celje, Dvorana L (Celjsko sejmišče)

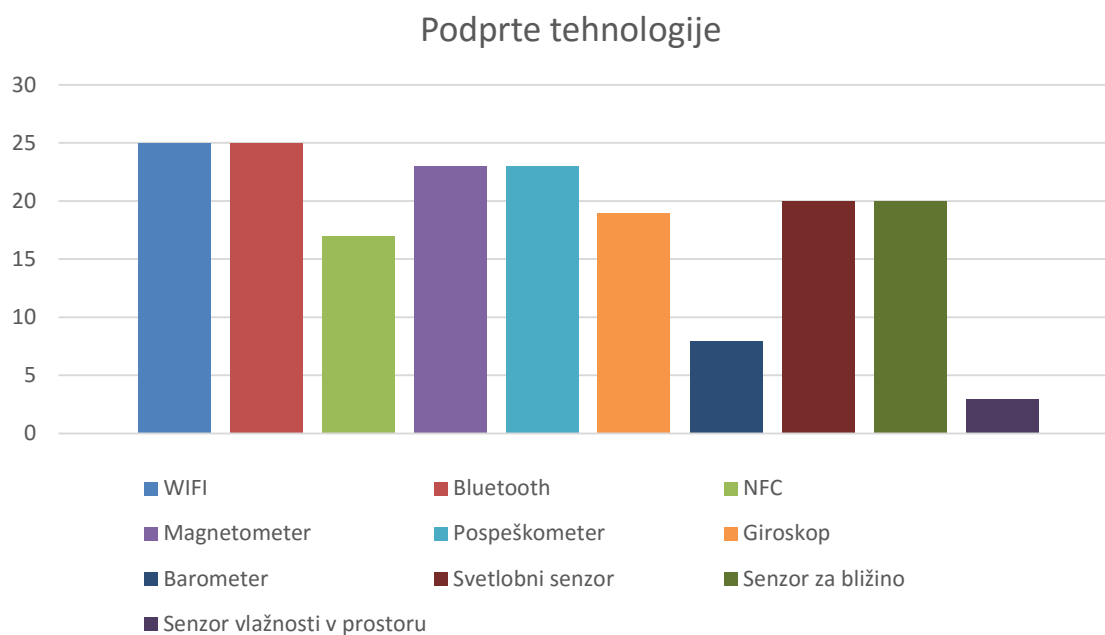


Graf 1: Določitev položaja (modro) 87 uspešnih, (rumena) 14 neuspešnih in (siva) nemogoče.

V Grafu 1 je razvidna uspešnost prvega večjega preizkusa delovanja v prostorih FRI (Večna pot 113, 1000 Ljubljana), 104 poizkusi določitve uporabnikovega položaja. Za uspešne se štejejo tiste, katere so bile določene z napako manjšo od dveh metrov, teh je bilo 87/104, neuspešne, a vseeno uporabne, so bile tiste z napako večjo od dveh metrov, teh je bilo 14/104, nemogoče pa je bilo določiti le 3/104, šlo je za položaje na zunanjem stopnišču, sanitarije in stopnišča v garažne prostore.

Prvi javni preizkus celotnega sistema je bil 13. 09. 2015 na Mednarodno obrtnem sejmu v Celju. Pri preizkusu je sodelovalo presenetljivo veliko število uporabnikov (28) s svojimi mobilnimi napravami. Sistem so preizkusili v vlogi ponudnika in končnega uporabnika, kateri pa so večinoma dali dobro mnenje. V času preizkušanja sistema je bilo danih največ pripomb v vlogi ponudnika. Ti so izrazili mnenje, da je postopek izdelave navigacijske karte preveč utrujajoč in da bi moral vključevati vsaj možnost skupinske izdelave navigacijske karte. Iz razgovora, ki je sledil, je bilo očitno, da bi bilo potrebno za takšen postopek omogočiti avtomatizacijo z uporabo robotike.

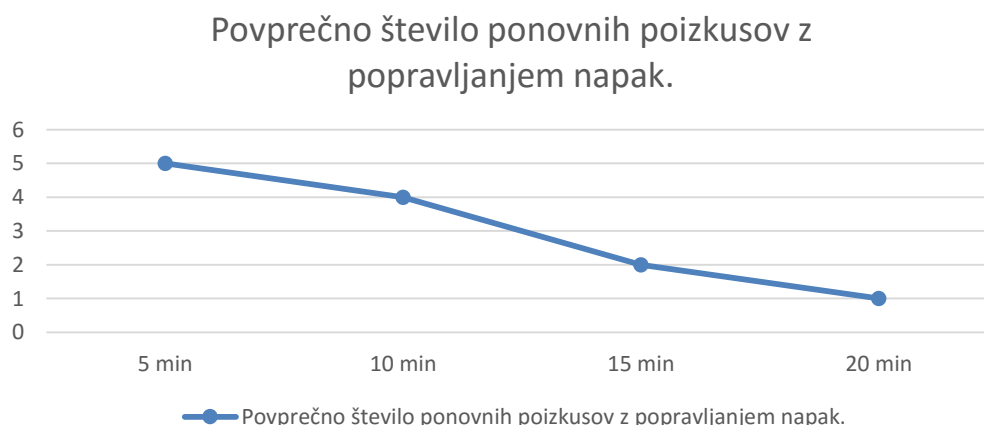
Omenjanja vrednih pripomb o delovanju samega sistema v vlogi končnega uporabnika pa ni bilo, prejeti so bili večinoma namigi razširitve podpore za alternativne tehnologije in nasveti za uporabo metode določanja uporabnikovega položaja na osnovi prejete jakosti signala.



Graf 2: Podprta tehnologija med 25. uporabljenimi napravami.

Če pogledamo Graf 2, vidimo razlog, zakaj sta WIFI in Bluetooth tehnologiji najbolj optimalna izbira, kadar načrtujemo sistem za lokalizacijo uporabnikov v prostoru. Po razširjenosti omenjenih dveh sledi vključitev pospeškometra in magnetometra v veliko večino naprav, ki so prav tako dobra izbira, kadar načrtujemo sistem za lokalizacijo, kjer nimamo na voljo infrastrukture ali finančnih sredstev za WIFI ali Bluetooth.

V času preizkusa smo sistem postavili v stanje uvajanja, ki omogoča uporabnikom, da strežniku za lokalizacijo sporočajo ali je bil njihov določen položaj točen ali ne.



Graf 3: Pregled povprečnega števila ponovnih zahtevkov za določitev položaja s časom vodenja zgodovine, dokler ni bil določen pravi položaj.

V Grafu 3 je razvidno, kako v sicer omejenem poizkusnem območju natančnost sistema raste bolj kot sistem teče v stanju uvajanja. V poglavju 5.2.2 (Določanje odtisu vidnih WIFI vstopnih točk v prostoru) je opisano, da ima vsaka referenčna točka in z njo povezan seznam WIFI vstopnih točk določeno utež. V času analize oz. stanju uvajanja sistema se uteži le-teh spreminjajo glede na podatke, ki nam jih vrnejo uporabniki, ki sistem preizkušajo.

Poglavje 7 Sklepne ugotovitve

Cilj diplomske naloge je bil izdelati preprost sistem za lokalizacijo in usmerjanje uporabnikov v prostoru, ki bi lahko bil povezan z obstoječimi storitvami za lokalizacijo uporabnikov izven prostora. Ponujal bi cenovno ugodno alternativo obstoječim rešitvam in ponudnikom storitve zagotavljal vsa potrebna orodja za izdelavo navigacijskih kart za svojo zgradbo. Ena od začetnih želj je bila vključitev programske rešitve, ki bi omogočala enostavno vzdrževanje in posodabljanje sistema.

V sklopu testiranj je bilo ugotovljeno, da je prototip sistema dosegel vse pogoje, ki so bili določeni na začetku razvoja. Uspešnost sistema pa je izredno zadovoljiva glede na preprostost implementacije in v grobi primerjavi z že obstoječimi rešitvami na trgu.

Kljub doseženim ciljem pa ostane še nekaj kritičnih posodobitev:

- Dokončanje izboljšane prikazovalnika navigacijskih kart.
- Omogočanje približevanja in oddaljevanja na navigacijski karti.
- Posodobitev grafične podobe v bolj privlačno.
- Možna premestitev programske rešitve za izdelavo navigacijskih kart v namizno programsko rešitev.
- Delitev slike na mobilni napravi brez uporabe Windows skripte.
- Usmerjanje uporabnika brez navigacijskih točk in posledično odstranitev podatkovne baze povezanih grafov.
- Enotna kompresijska datoteka za navigacijske karte.

Literatura

- [1] Triangulation [Online, 18.09.2015]. Dosegljivo:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Triangulation>
- [2] Trilateration [Online, 18.09.2015]. Dosegljivo:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Trilateration>
- [3] Bluetooth [Online, 19.09.2015]. Dosegljivo: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>.
- [4] Wi-Fi [Online, 19.09.2015]. Dosegljivo: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>.
- [5] Mac address [Online, 19.09.2015]. Dosegljivo:
https://en.wikipedia.org/wiki/MAC_address
- [6] dBm [Online, 19.09.2015]. Dosegljivo: <https://en.wikipedia.org/wiki/DBm>
- [7] IDocent. Gordie Stein, Jacob D'Onofrio, Matt Gottshall, Andrew Kling [Online, 20.09.2015]. Dosegljivo:
http://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring11/group02/documents/final_proposal.pdf
- [8] IndoorAtlas Online. (2015). IndoorAtlas Ltd [Online, 20.09.2015]. Dosegljivo:
<http://web.indooratlas.com/web/WhitePaper.pdf>
- [9] SPREO Online. (2015). SPREO Indoor Location Solutions [Online, 20.09.2015].
Dosegljivo: <http://spreo.co/technology/indoor-positioning-systems-technology/>
- [10] Android Open Source Project – Issue Tracker [Online, 21.09.2015]. Dosegljivo:
<https://code.google.com/p/android/issues/detail?id=2555>
- [11] JSON, Uvod v JSON [Online, 22.09.2015]. Dosegljivo:
<http://www.json.org/json-sl.html>