

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Andraž Pajtler

**DOLOČANJE POLOŽAJA V ZAPRTIH PROSTORIH
S POMOČJO BREŽIČNIH TEHNOLOGIJ**

DIPLOMSKO DELO
VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: doc. dr. Mojca Ciglarič

Ljubljana, 2013

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.



Št. naloge: 00441/2013

Datum: 11.04.2013

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **ANDRAŽ PAJTLER**

Naslov: **DOLOČANJE POLOŽAJA V ZAPRTIH PROSTORIH S POMOČJO
BREŽIČNIH TEHNOLOGIJ**


**LOCATION FINGERPRINTING IN CLOSED SPACES USING
WIRELESS TECHNOLOGIES**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija prve stopnje

Tematika naloge:

Raziščite različne tipe lokacijskih storitev s poudarkom na določanju položaja v zaprtih prostorih, kamor signal GPS ne seže. Primerjajte različne tehnike določanja položaja in izberite izmed njih najprimernejšo za uporabo na mobilnem telefonskem terminalu s sistemom Android. Na podlagi ugotovitev zasnujte in razvijte programsko rešitev, ki bo s pomočjo mobilnega telefona omogočala določanje položaja v stavbi Fakultete za računalništvo in informatiko. Rešitev preizkusite in komentirajte njene prednosti in slabosti ter predlagajte nadaljnje delo.

Mentor:


doc. dr. Mojca Ciglarič



Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani, **Andraž Pajtler**, z vpisno številko 63100121,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Določanje položaja v zaprtih prostorih s pomočjo brezžičnih tehnologij

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal/-a samostojno pod mentorstvom doc. dr. Mojce Ciglarič;
- 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 v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, dne 12. septembra 2013

Podpis avtorja:

Zahvala

Za vso podporo pri študiju in spodbujanje se zahvaljujem moji družini in dekletu. Za lektorske popravke pa gre zahvala sestri Sabini Pajtler, prof. slov. Skupaj sva najboljši par!

Hvala tudi mentorici, doc. dr. Mojci Ciglarič, da je z zanimanjem sprejela temo, pomagala razrešiti probleme, ki so se pojavili ter potrpežljivo čakala na končni rezultat.

Ne gre pozabiti prijaznosti, ki jo je izkazal g. Denis Dolšak iz podjetja Geoservis d.o.o., ko je pokazal zanimanje ter mi brezplačno omogočil izposojlo laserskega merilca razdalj, s katerim sem lahko zagotovil natančnost meritev. Najlepša hvala tudi njemu.

Kazalo vsebine

Seznam kratic

Povzetek

Abstract

1 Uvod	1
2 Pregled področja	3
2.1 Radijski valovi	3
2.2 Absolutna in relativna pozicija	3
2.3 Uporabnost določanja položaja v zaprtih prostorih	3
2.4 Zahtevana natančnost	5
2.5 Potencialne tehnologije	6
2.5.1 Sateliti	6
2.5.2 GSM	6
2.5.3 Wireless LAN	7
2.5.4 Bluetooth	7
2.5.5 Infrardeča svetloba	7
2.5.6 RFID	8
2.5.7 Povzetek potencialnih tehnologij	8
2.6 Metode določanja položaja	10
2.6.1 Čas prihoda (TOA)	10
2.6.2 Časovna razlika prihoda (TDOA)	10
2.6.3 Kot prihoda (AOA)	11
2.6.4 Celica izvora (COO)	12
2.6.5 Triangulacija	13
2.6.6 Metoda unikatnega vzorca položaja (Location Fingerprinting)	13
2.6.7 Povzetek	14
2.7 Arhitektura	15
2.8 Metoda unikatnega vzorca položaja podrobneje	16
2.8.1 Simulacija unikatnih vzorcev položaja	17

2.8.3 Težave	18
2.8.4 Algoritmi	19
2.8.5 Komerzialna uporaba	20
2.9 Mobilne platforme.....	22
2.9.1 Apple iOS.....	23
2.9.2 Google Android.....	23
2.9.3 Povzetek	25
3 Programska rešitev	27
3.1 Razvoj na mobilnih aplikacij za Android OS	28
3.3 Aplikacije za zajem podatkov	32
3.3.1 Opis splošne funkcionalnosti	32
3.3.1 SQLite	36
3.3.3 Shema baze	37
3.3.5 Izvoz zemljevida vzorcev jakosti signala (Radio map)	38
3.4 Izdelava aplikacije za določanje lokacije.....	39
3.4.1 Opis splošnih funkcionalnosti.....	39
3.4.2 Izboljšanje učinkovitosti določanja lokacije.....	41
3.4.3 Zanimive točke.....	42
3.4.4 Posodobitve programa in zemljevida vzorcev jakosti signala (Radio map)	43
3.6 Podpora starejših različic platforme.....	44
4 Faza kalibracije	47
5 Testiranje in rezultati	49
6 Možne izboljšave	53
7 Sklepne ugotovitve.....	55
Literatura.....	57

Seznam kratic

Kratica	Angleški izraz	Slovenski izraz/razlaga
OS	Operating system	Operacijski sistem
SDK	Software development kit	Programski razvojni paket
API	Application programming interface	Vmesnik za programiranje aplikacij
XML	Extensible Markup Language	Razširljiv označevalni jezik
GSM	Global System for Mobile Communications	Zelo razširjen standard za mobilno telefonijo druge generacije
BSSID	Basic service set identification	Osnovni identifikacijski niz storitve
SSID	Service set identification	Identifikacijski niz storitve
RSSI	Received signal strength indication	Prejeta moč signala
SQL	Structured Query Language	Strukturirani povpraševalni jezik
SUPB		Sistem za upravljanje s podatkovno bazo

Povzetek

V diplomskem delu sem raziskal možnosti uporabe mobilnega telefona, ki temelji na Android platformi za določanje položaja v notranjih prostorih. Realiziran in preizkušen je bil program, s katerim je to omogočeno.

Prvi del diplomske naloge razloži, kakšne lokacijske storitve poznamo in zakaj je vredno in uporabno razmišljati tudi o določanju položaja v zaprtih prostorih ter na kakšne težave pri tem naletimo. V tem delu bralcu predstavimo področje, raziščemo možne tehnologije in metode. Primerjanje le-teh je omogočilo, da sem odločil za uporabo metode unikatnega vzorca položaja (ang. Location Fingerprinting, v nadaljevanju metoda LF). Metoda LF določi položaj v prostoru glede na unikatno vrednost jakosti signalov.

V drugem delu to tehniko realiziramo v programsko rešitev s pomočjo dveh programov. Prvi - generičen služi za zajem referenčnih točk; drugi program pa zato, da smo na praktičnem primeru uporabe mobilnega telefona prikazali možnost določanja položaja v sami stavbi Fakultete za računalništvo.

Tretji del je namenjen testiranju in možnostim za nadaljnje iskanje rešitev, ki bi bile uporabniku še bolj prijazne in dostopne.

Ključne besede: določanje položaja v zaprtih prostorih, Wi-Fi, Location Fingerprinting, Android

Abstract

In this thesis I have explored the possibilities of using mobile phones based on Android platform for indoors positioning. An application that enables such positioning was developed and tested especially to confirm my thesis.

The first part of the thesis explains the various kinds of location-based services, their usefulness and problem possibilities. This section also introduces the reader to the field and explores the potential of such technologies and correlated methods. Their comparison has led me to focus on using the specific method of Location Fingerprinting (LF). This method determines the position in space relative to a unique value of the wireless signal intensity.

In the second part of the thesis this technique was implemented in a software solution using two programs. The first is a generic one used to capture the reference points, the second one is used to practically demonstrate a mobile phone being used for self-positioning within the building of the Faculty of Computer Science (in Ljubljana).

The third part of the thesis is dedicated to testing and exploring the potential for further research and solutions that would be even more accessible and user-friendly.

Keywords: indoor positioning, Wi-Fi, Location Fingerprinting, Android

1 Uvod

Razvoj tehnologij je kot val povzročil širjenje osebnih lokacijskih tehnologij. Globalni sistem pozicioniranja (GPS), včasih rezerviran zgolj za vojaške namene, se je najprej uveljavil kot navigacija nameščena na vetrobransko steklo avtomobilov. Današnje naprave pa so že v splošni uporabi v obliki priročnih pametnih mobilnih telefonov in ur.

Ena od najbolj cenjenih funkcij pametnih telefonov je ravno dostop do zemljevidov in lokacije, ki jo zagotavlja vgrajen GPS sprejemnik. To informacijo potem uporabijo aplikacije za navigacijo, da uporabniku ponudijo pot do želene lokacije. V popolnoma neznanem okolju nam GPS lahko pomaga do cilja z minimalno pomočjo okolice in v relativno kratkem času. Ker ta uporabnost sloni na GPS signalu, je brez praktične uporabnosti v obdobjih, ko signal ni razpoložljiv. Stene, nadstropja in pohištvo v hišah namreč ustvarjajo prepreko GPS signalom.

Zato se izziv določanja položaja po uspešni uveljavitvi v zunanjih okoljih usmerja med štiri stene. Motivacija te diplomske naloge je ravno v tem, da skuša pristopiti k rešitvi za nemoteno določanje položaja v vseh okoljih, tudi notranjih. Ta izziv v veliki meri ostaja nerešen.

Veliko potencialnih uporab določanja položaja (naštete so v poglavju 2.3) čakajo na zadovoljivo tehnično rešitev. Ena izmed njih je navigacija v zaprtih prostorih. Sistem sposoben določiti položaj osebe v stavbi in usmeritve v smeri cilja, je priročen in nudi večjo uporabnost, kot statičen zemljevid na steni. Izboljšave na tem področju bodo ustvarile še nepredvidene priložnosti za podjetja. Raziskovalci so predstavili nekaj možnih tehnologij, a nobena od njih ni bila razvita v velikem obsegu in predana v množično uporabo.

Ukvarjali smo se s sledečim vprašanjem, ki hkrati najbolj povzema cilj diplomske naloge, ali je možno v stavbi Fakultete za računalništvo, polni Wi-Fi dostopnih točk, ustvariti sistem za določanje položaja, ne da bi posegali v same dostopne točke, ter hkrati brez nepotrebnih stroškov.

Cilj te diplomske naloge je razvoj Android aplikacije, ki je sposobna določiti položaj uporabnika v stavbi. Za dosego ciljev so bile raziskane obstoječe tehnike in tehnologije. S tem smo dosegli širok pregled nad tematiko. Uporabili smo metodo unikatnega vzorca položaja (ang. Location Fingerprinting, v nadaljevanju metoda LF). Metoda LF določi položaj v prostoru glede na unikatno vrednost jakosti signalov. V nadaljevanju je bolj podrobno opisana, skupaj s težavami, ki se pojavijo pri implementaciji.

Razvita sta bila dva programa. Prvi za ustvarjanje zemljevida vzorcev jakosti signalov (ang. Radio Map), baze vzorcev signalnih značilnosti, ki je potem služila drugemu programu za določanje položaja v stavbi. Zaželeno lastnosti so bile: sistem naj bo preprost za uporabo in razvoj; naj bo odprt tudi ostalim aplikacijam, tako da bodo lahko dostopale do koordinat za poljubne namene.

Aplikacija je namenjena ljudem, ki bi se tu znašli prvič – brucom, obiskovalcem, itd. Mnogi imajo zaradi velikosti stavbe in same razvejanosti slabšo orientacijo. Navsezadnje pa je prav, da s tehničnimi rešitvami sledimo mlajšim generacijam, ki podobne rešitve uporabljajo vsakodnevno in si jih tudi želijo.

2 Pregled področja

To poglavje razlaga osnovne pojme in opisuje različne tehnike določanja lokacije v zaprtih prostih. Nudi pregled rešitev za izpolnitev našega cilja.

2.1 Radijski valovi

Radijski valovi so tisti del spektra elektromagnetnega valovanja, v katerem je moč elektromagnetno valovanje vzbuditi tako, da skozi anteno teče izmenični električni tok. Med seboj jih delimo glede na frekvenco oziroma valovno dolžino, ki lahko sega od več 100 000 kilometrov do nekaj milimetrov. [6] V najboljšem primeru se radijski signali razporedijo enakomerno in zgubljajo na moči z naraščajočim polmerom. Do pojemanja moči signala pride zaradi transformacije energije. V fiziki ni energija nikoli izgubljena, ampak zgolj pretvorjena, s tem pa se posledično manjša. Na prostem je razmerje radij razdalje proti moči signala obratno sorazmerna, ker signal pojenja z logaritemsko. Zaradi izgub na poti signal postaja čedalje bolj šibek, bolj kot je oddaljen od vira. To lastnost lahko s pridom izkoristimo za določanje položaja.

2.2 Absolutna in relativna pozicija

Absolutna lokacija predstavlja točko na zemeljski površini izraženo s koordinatnim sistemom zemljepisne širine in dolžine. V nasprotju s tem je relativen položaj odvisen od lokalno določenega okvira. Tako so koordinate znotraj območja majhne pokritosti podane v delta vrednosti od referenčne točke. [7]

2.3 Uporabnost določanja položaja v zaprtih prostorih

Naš svet se spreminja, zato se kaže čedalje več potreb po določanju položaja osebe ali predmeta v notranjih prostorih, ki bi deloval po enakem principu kot v zunanjih okoljih. Bolj izpopolnjen sistem bo najbolj koristil ljudem, ki uporabljajo pametne mobilne naprave in si želijo hitrejših informacij in storitev glede na okolje in okoliščine, v katerih se v tistem trenutku nahajajo. Te t. i. lokacijsko osnovane storitve (ang. Location Based Services - LBS) so vsesplošno uporabne in komercialno zelo dobičkonosne za široko potrošnjo. Tovrstne

storitve omogočajo vsečnost storitve, olajšajo delovni proces, poskrbijo, da hitreje reagiramo, itd, torej ustvarjajo neko dodano vrednost.

Primeri zunanje uporabe lokacijske storitve so, ko npr. uporabnika zanima, kateri bankomat je v bližini, ko ga zanima, kako priti do prave trgovine, itd. Program uporabi lokacijo mobilne naprave, da identificira položaj in ponudi uporabniku potreben informacijski servis.

Uporabna vrednost določanja položaja v zaprtih prostorih pa pride do izraza na sledečih področjih.

Oglaševanju, ki je verjetno najbolj dobičkonosno od vseh področij, bi določanje položaja v zaprtih prostorih koristilo za bolj usmerjeno nagovarjanje kupcev. Na primer, potencialni kupec vstopi v nakupovalno središče in za dobrodošlico na svoj mobilni telefon prejme promocijsko ponudbo s popusti. Ob hoji mimo različnih trgovin pa bi kupca opozorili na posebne možnosti v njih oz. mu izrisali pot do zelene trgovine glede na produkt, ki ga zanima.

V primeru izrednih situacij bi določanje položaja v zaprtih prostorih bistveno pripomoglo k hitrejši **urgentni intervenciji** in boljši povezavi klicatelja z interventnimi službami, kot so **policija, gasilci in reševalci**. Prednost te tehnologije bi lahko uporabili tudi za natančno določanje položaja, npr. poškodovanca/gasilca v goreči stavbi.

Z aplikacijo **navigacije v večjih zaprtih prostorih** na mobilni napravi bi voznik v parkirni hiši dobil namig o najbližjem prostem parkirnem mestu, popotnika na letališču pa bi usmerili k pravemu terminalu ali izhodu.

Pametne hiše bi se prilagajale našim potrebam. Ob prihodu domov bi se samodejno vklopila ambientna osvetlitev. Ob samem odhodu iz prostora pa bi sistem to zaznal in izključil vse porabnike električne energije našega avdio-video sistema.

Lokacija ima osrednjo vlogo v **socialnih omrežjih**, kot je npr. Facebook. Iskanje in opozarjanje bližnjih prijateljev kar na sami mobilni napravi, da se nahajajo v bližini, ponuja korak naprej k, ne samo sledenju premikom, ampak tudi k možnosti za morebitno »naključno« srečanje ter za usklajevanje skupnih dejavnosti.

Razvoj v **industriji** strmi proti inteligentnim sistemom za avtomatizirano proizvodnjo. Za ogromno industrijskih uporab je zavedanje notranjega položaja bistven element funkcionalnosti, npr. pri področjih kot so robotsko vodenje, sodelovanje robotov, avtomatski nadzor, nadzor kvalitete. Ostale priložnosti lahko vidimo pri izboljšanju avtomatskega varnostnega sistema, pri zaščiti delavcev in izogibanju trkov. Pa tudi pri iskanju predmetov, npr. kako najti označeno orodje za vzdrževanje in opremo razpršeno po celem industrijskem obratu.

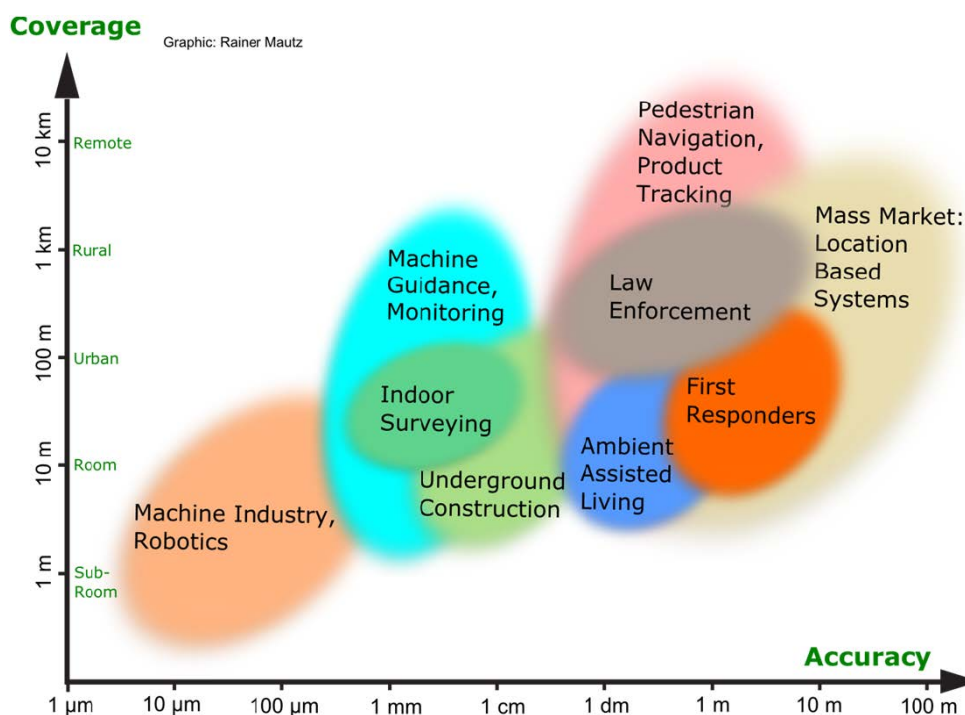
Muzeji bi radi preučili gibanje in vedenje obiskovalcev na razstavah ter s tem razvili bolj atraktivno usmerjanje po razstavi in podajanje informacij glede na lokacijo, npr. pred katero sliko se nahajate in usmeritev, kako priti do Mona Lise.

V **logistiki** je ključna informacija o lokaciji sredstev in osebja. Pri velikih skladiščih je pomembno, da se hitro najdejo iskani predmeti. Na podlagi natančnega določanja položaja je možno sledenje vsaki enoti posebej. Določanje položaja za sisteme upravljanja tovora na letališčih, v pristaniščih ter za železniški promet daje povsem novo dimenzijo za povečanje njihove učinkovitosti.

Na koncu gre omeniti, da določanje položaja v zaprtih prostorih ni samo po sebi zanimivo, ampak je bolj zanimivo in uporabno povezovanje z drugimi aplikacijami, ki za začetek potrebujejo informacijo o nahajanju predmeta ali osebe, da lahko ponudijo ostale storitve.

2.4 Zahtevana natančnost

Slika 1 prikazuje pregled nad cilji natančnostjo in območjem delovanja pri področjih uporabah. Opaziti je možno velike razlike.



Slika 1: Zahtevana natančnost in obseg delovanja glede na področje uporabe. (vir: R.Mautz [3])

2.5 Potencialne tehnologije

Poglavje opisuje šest potencialnih tehnologij, ki bi jih lahko uporabili v našem sistemu za določanje položaja v notranjih prostorih. Za boljši pregled so na koncu zbrane v tabeli.

2.5.1 Sateliti

Satelitski navigacijski sistemi zagotavljajo geo-prostorsko pozicioniranje z globalno pokritostjo. Trenutno je več globalnih satelitskih navigacijskih sistemov, namenjenih za civilno uporabo, ameriški GPS, ruski GLONASS in skupni projekt evropske unije Galileo.

Velika prednost je njihovo natančno določanje geografske širine, dolžine in nadmorska višine, vendar za svoje delovanje potrebujejo vidno linijo (ang. line of sight - LOS). To onemogoči koriščenje satelitov v namene določanja položaja v zaprtih prostorih, saj stene in streha hiše blokirajo vidno linijo. Z namenom premostitve te omejitve so bile razvite metode z nameščanjem pseudo satelitov. Ti imitirajo GPS satelite s pošiljanjem korekcijskih signalov sprejemnikom v stavbah. Prototipi so se izkazali za zelo natančne, a tudi drage zaradi velikega števila pseudo satelitov, ki jih potrebujemo.

Podprt GPS (ang. Assisted GPS - A-GPS) se primarno uporablja v mobilnih telefonih. Delovanje GPS sistema podpira mobilno omrežje, s tem ko nudi nasvete, katere določene satelite naj išče. A-GPS je uporaben predvsem tedaj, ko je signal šibek, z njim pa skrajšamo čas do prvega pozicioniranja (ang. Time to Fix).

2.5.2 GSM

GSM (kratica za Global System for Mobile communications) je globalni standard mobilne komunikacije. Druga generacija (2G) je danes najpopularnejša tehnologija v mobilni telefoniji. Nudi dobro pokritost v mestih in prav tako na redko poseljenih območjih, podeželju.

GSM je organiziran v celice, zgrajenih z baznih postaj, ki med seboj povezujejo mobilne naprave. Vsaka celica nosi unikatno identifikacijo Cell ID (CID) in pokriva območja od 100 metrov do 35 kilometrov. Doseg je odvisen od terena, gostote visokih zgradb, dreves in drugih ovir. Mobilni telefoni so nastavljeni, da se povežejo na celico z najmočnejšim signalom, razen ob preobremenitvah, ko lahko pride do prerazporeditve.

Z GSM-om se lociramo preko položaja bazne postaje, na katero smo povezani. Kot smo že omenili, je lahko velikost celice zelo različna, zato se ta pristop lahko izkaže kot premalo natančen. Za GSM sistem pa sta primerni še dve metodi določanja položaja, to sta

triangulacija in metoda LF (ang. Location Fingerprinting); zadnja metoda je sposobna določiti položaj naprave na 13 metrov natančno.

2.5.3 Wireless LAN

WLAN in Wi-Fi (ang. Wireless Fidelity) sta bolj znana vzdevka IEEE 802.11 standarda za brezžični prenos podatkov. Vse Wi-Fi naprave, npr. osebni računalniki, igralne konzole, mobilni telefoni, se na internet povežejo preko Wi-Fi dostopnih točk, ki oddajajo signal v okolico.

Naprave imajo zmožnost meritve moči signala. Moč se pretvori v številko poznano kot RSSI (ang. Received signal strength indicator). To naprave naredijo samodejno, da lahko informacijo ponudijo aplikacijam.

Wi-Fi tehnologija je tako združljiva z metodami celice izvora, računanje razdalje iz moči signala, najpogosteje pa se uporabi v kombinaciji z metodo LF.

Velika prednost sistemov za določanje položaja, ki temeljijo na Wi-Fi tehnologiji, je razširjenost in nizka cena vzpostavitve.

2.5.4 Bluetooth

Bluetooth je brezžična tehnologija, ki omogoča dvema napravama komunikacijo in prenos podatkov na kratkih razdaljah. Bluetooth je standard IEEE 802.15.1 in podoben Wi-Fi. Maksimalna razdalja za uspešno komunikacijo znaša 100 metrov (naprave razreda 1), hitrost prenosa pa lahko doseže največ 24 Mb na sekundo (različica 3.0). Najbolj pogosto se ga uporablja za povezavo mobilnih naprav v ad-hoc način, npr. pametni telefon uporabi Bluetooth za povezavo s prostoročno napravo.

Bluetooth ne vsebuje informacije o moči signala, zato ne moremo natančno določiti položaja v stavbi, lahko pa ga ocenimo na večji del stavbe. Bluetooth skeniranje je procesorsko zelo zahtevno in v povprečju traja 12 sekund. Ker pa je pot, ki jo uporabnik lahko prehodi v 12 s relativno velika, so rezultati veljavni le kratek čas.

2.5.5 Infrardeča svetloba

Infrardeči oddajniki so bili uporabljeni v prvem sistemu za določanje položaja v zaprtih prostorih, ki je bil razvit leta 1992, imenovanem The Active Badge System. Infrardeči oddajniki oddajajo rahlo svetlobo na valovni dolžini od 880 do 950 nanometrov. Sistem jih je uporabil kot majhne in lahke priponke na oblačilih ljudi, ki so vsakih 10 sekund oddali

edinstven signal. Signal zajamejo senzori razporejeni po stavbi, informacijo pa predajo naprej osrednjemu sistemu. V zaprtih prostorih lahko dosežemo dobro natančnost. Med omejitve sistema sodijo občutljivost na motnje fluorescenčne in sončne svetlobe, omejen doseg IR in draga oprema.

2.5.6 RFID

Radiofrekvenčna identifikacija (ang. Radio Frequency Identification - RFID) je brezžična tehnologija za prenos podatkov med čitalcem in elektronsko oznako v namen identifikacije. Oznako sestavlja čip in antena. Sami po sebi ne vsebujejo vira energije, energijo za delovanje proizvede čitalcem elektromagnetno, preko indukcije, kar je dovolj za prenos podatkov in delovanje na razdalji nekaj metrov. Oznaka je majhna, lahka, dobro jo lahko skrijemo ter porabi malo energije. Slabost takšnega sistema zgrajenega na RFID tehnologiji je, da vsebuje veliko komponent za montiranje in vzdrževanje.

2.5.7 Povzetek potencialnih tehnologij

Prednosti in slabosti potencialnih tehnologij so zbrane v

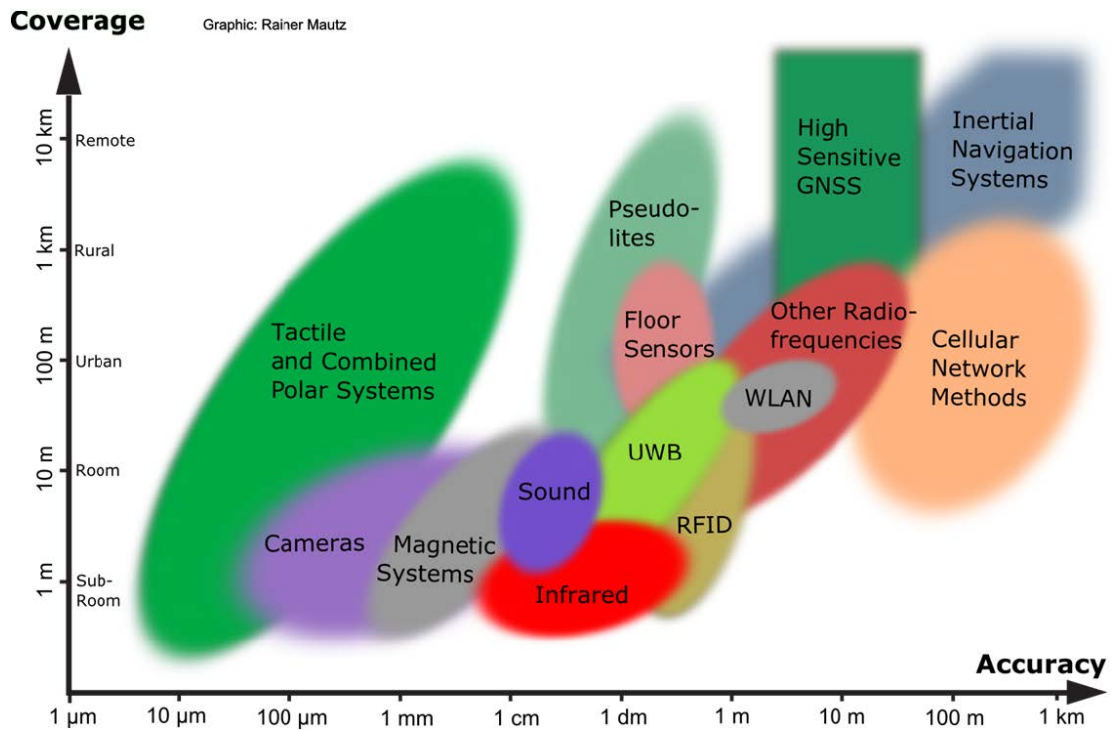
Tabela 1, grafični prikaz nad njihovim obsegom delovanja pa nudi

Slika 2.

Potencialna tehnologija	Prednosti	Slabosti
GPS	- visoka natančnost zunaj - visoka razpoložljivost	- nizka do minimalna natančnost znotraj
A – GPS	- zmerna natančnost zunaj	- minimalna natančnost znotraj
Pseudolite GPS	- visoka natančnost zunaj in znotraj	- zelo draga oprema
GSM	dolg doseg	- nenatančen za uporabo zunaj in znotraj
Wi – Fi	- na voljo že v večini stavb - minimalni stroški - srednji doseg	- moč signala lahko niha
Bluetooth	- nizka poraba energije - nizki stroški	- srednji do nizek doseg - visoki stroški implementacije
Infrardeča svetloba	- srednja do visoka natančnost	- visoki stroški - sončna svetloba lahko

		oslabi delovanje - nizek doseg
RFID	- nevsiljiva namestitvev nizka poraba energije	- veliko število komponent majhen doseg

Tabela 1: Pregled na potencialnimi tehnologijami



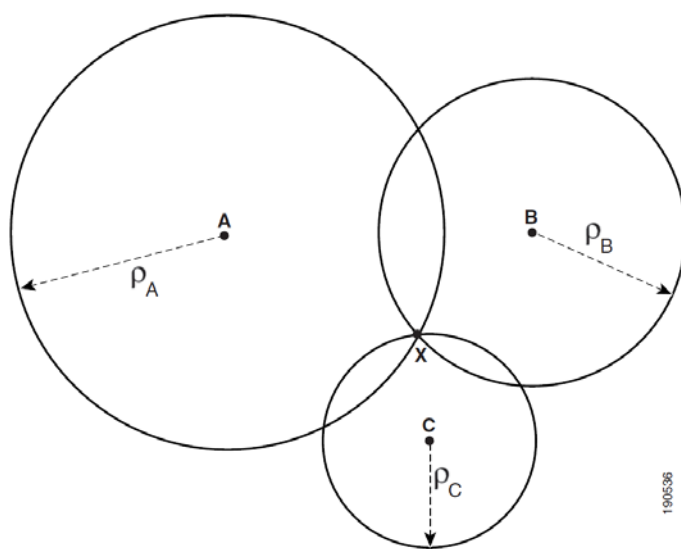
Slika 2: Obseg delovanja in dosegljiva natančnost tehnologij. (vir: R.Mautz [3])

2.6 Metode določanja položaja

Opisane metode se najbolj pogosto uporabljajo pri določanju položaja naprav. Osredotočene so na tehnologije, ki temeljijo na radio frekvenci, kar pomeni, da vsebujejo bazno postajo (oddajnik) in mobilno napravo (sprejemnik).

2.6.1 Čas prihoda (TOA)

[13] Metoda časa prihoda (ang. Time of Arrival - TOA) za svoje delovanje zahteva natančno sinhronizacijo ur med bazno postajo in sprejemnikom. Vsak signal, ki ga pošlje bazna postaja, vsebuje natančen časovni žig, kdaj je bil odposlan. Ker se elektromagnetno valovanje širi z hitrostjo svetlobe (299 792 458 m/s v vakuumu), lahko iz časa, ki ga je signal potreboval za potovanje od oddajnika do sprejemnika, izračunamo razdaljo med dvema točkama. Že najmanjše odstopanje v sinhronizaciji ur lahko pokvari rezultat, ena milisekunda povzroči napako za skoraj 300 metrov. Za dejanski izračun pozicije moramo kombinirati z trilateracijo.

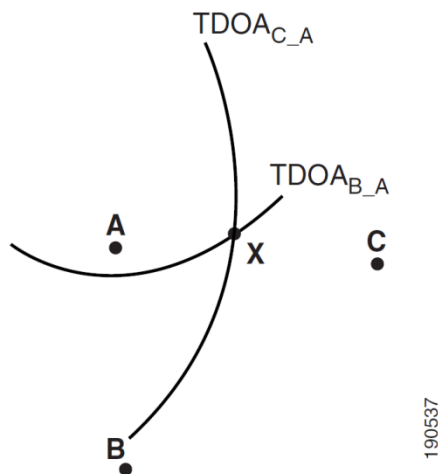


Slika 3: Točka v presečišču določa položaj naprave. [13]

2.6.2 Časovna razlika prihoda (TDOA)

Metoda časovne razlike prihoda (ang. Time Difference of Arrival) temelji na metodi TOA, a s to prednostjo, da za delovanje potrebuje sinhronizirati le notranjo uro bazne postaje.

Naprava, ki se želi pozicionirati, oddaja signal, ki ga sprejmejo bazne postaje znotraj dosega. Zaradi različnih razdalji naprave do baznih postaj dobimo unikatne zamike, kar omogoča sistemu locirati napravo na hiperboloidu. [13]

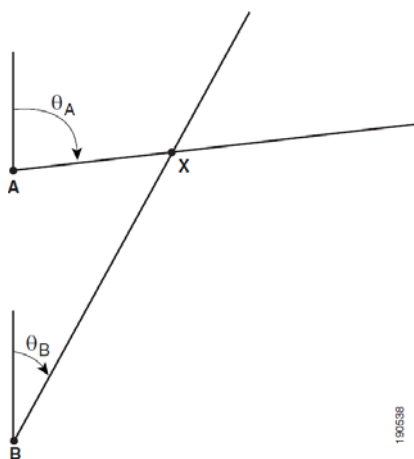


Slika 4: Časovna razlika prihoda. [13]

2.6.3 Kot prihoda (AOA)

Metoda kota prihoda (ang. Angle of arrival - AOA) opisuje tehniko določanja položaja, kjer se izmeri kot, pod katerim je bil signal sprejet. Tehnika zahteva na baznih postajah nameščene posebna polja anten, ki omogočajo usmerjen prenos signala. Če sta vsaj dve bazni postaji sposobni določiti ta kot, lahko na podlagi triangulacije že določimo položaj mobilne naprave, a se zaradi višje natančnosti uporabljajo trije koti.

Tehnika AOA je ranljiva na mnoge efekte, do katerih prihaja pri distribuciji signala, še posebej na odboje, ki povzročajo povzročijo, da signal doseže bazno postajo po različnih poteh in s tem pod različnim kotom. [13]

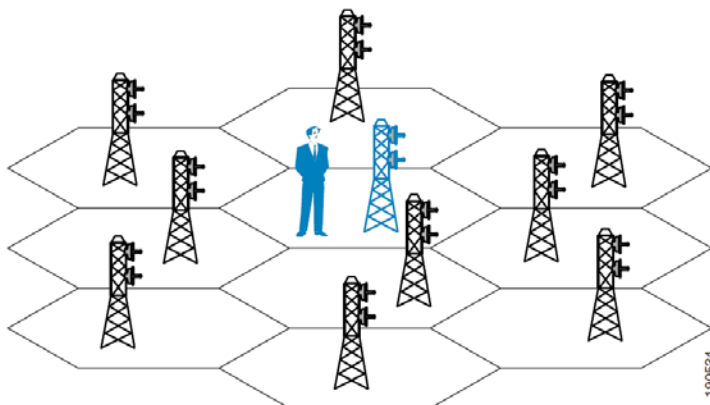


Slika 5: Kot prihoda [13]

2.6.4 Celica izvora (COO)

Metoda celice izvora (ang. Cell of Origin ali Cell-ID) določi pozicijo s predpostavko, da se naprava nahaja najbližje bazni napravi, od katere sprejema najmočnejši signal. Vsem omrežjem v dosegu se izmeri moč signala in primerja, lokacijo mobilne naprave pa se določi kot pozicijo bazne postaje, ki oddaja najmočnejši signal. V nekaterih implementacijah se za pozicijo naprave določi lokacijo bazne naprave, na katero je naprava priključena. [13]

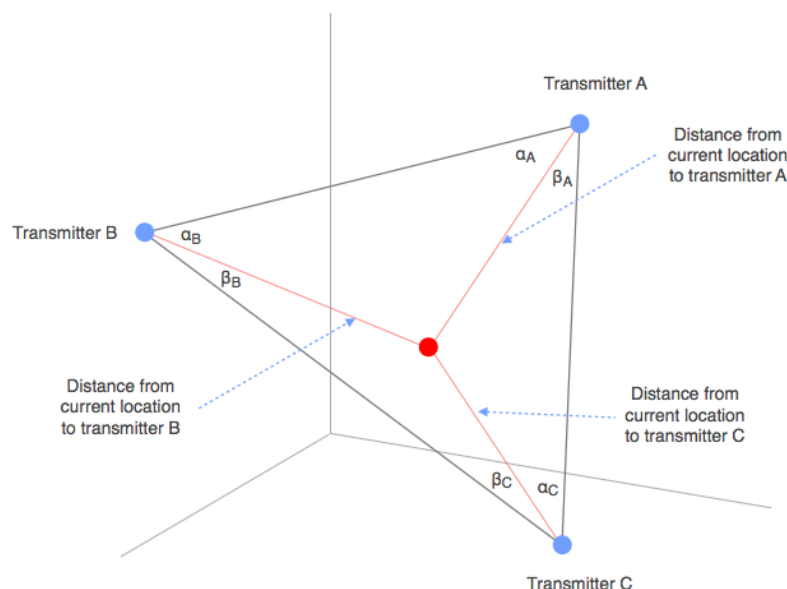
Metoda COO za svoje delovanje potrebuje lokacije vseh baznih postaj v omrežju. Ta informacija (baza) mora biti dostopna napravi, ki določa pozicijo. Bazo je potrebno posodobiti ob vsaki spremembi lokacije ene izmed baznih postaj, pri odstranitvi ali dodajanju. Tehnika je enostavna za uporabo in poceni. Njena glavna pomanjkljivost je natančnost, ki je odvisna direktno od velikosti celice v omrežju. Ker omrežne celice pokrivajo precej velika območja (pribl. 100 do 1000 m² pri WiFi, 1 do 1000 km² pri GSM), ostale tehnike nudijo boljše natančnost za ceno kompleksnosti.



Slika 6: Shematični prikaz celic mobilnega omrežja. [13]

2.6.5 Triangulacija

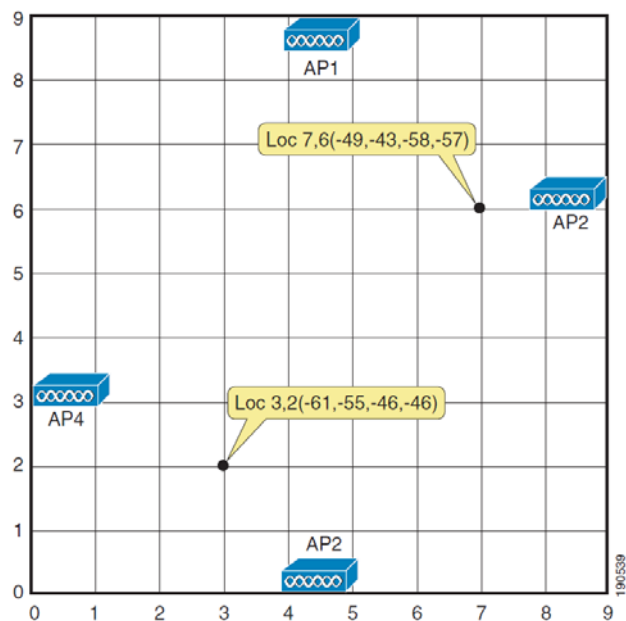
Triangulacija uporablja trigonometrijo za določanje položaja točke. Triangulacijski sistemi zahteva, da mobilna naprava oddaja signal, ki ga sprejemajo bazne postaje sistema. Vsaka bazna postaja mora s posebnimi antenami določiti vpadni kot sprejetega signala. Iz vpadnega kota vsaj dveh baznih postaj lahko s preprosto trigonometrijo ugotovi dejanski položaj točke.



Slika 7: Triangulacija. [13]

2.6.6 Metoda unikatnega vzorca položaja (Location Fingerprinting)

Popolnoma drugačen pristop k določanju položaja je metoda unikatnega vzorca položaja (ang. Location Fingerprinting – metoda LF v nadaljevanju). Sestavljata ga dve fazi. V predhodni fazi kalibriranja zgradimo zemljevid signalov empirično ali pa analitično z izračuni. V empiričnem pristopu s pomočjo mobilne naprave izmerimo sprejete moči signalov (RSSI) vseh fiksnih postaj na referenčnih točkah po stavbi in jih dodamo v bazo. V fazi določanja položaja trenutne izmerjene moči signalov primerjamo z signali v bazi, referenčno točko najboljšega ujemanja predpostavimo kot lokacijo naprave. V drugem, analitičnem načinu, izračunamo vrednosti na točkah in se izognemo ročni fazi kalibracije. Več o metodi LF v poglavju 2.8.



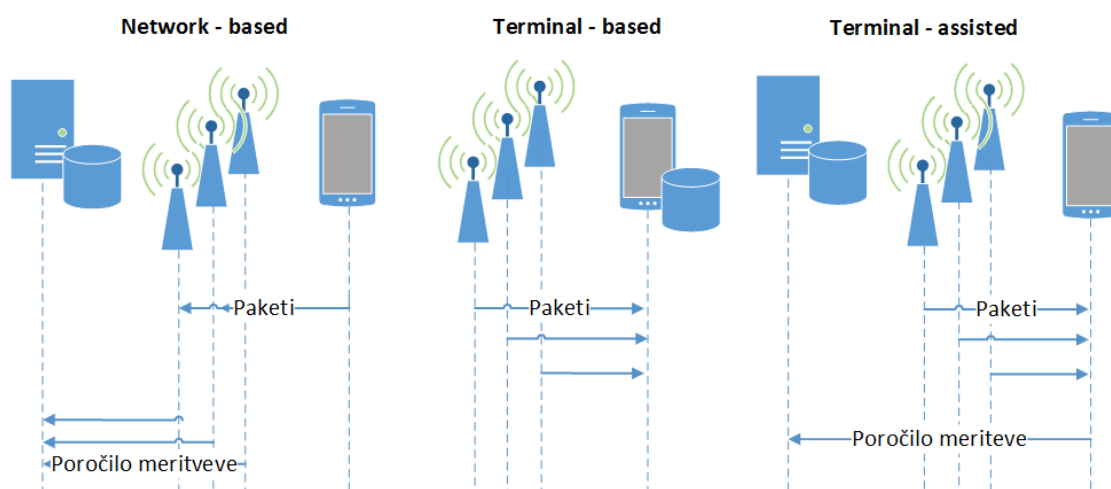
Slika 8: Vsaka lokacij nosi unikaten vzorec jakosti signalov dostopnih točk. [13]

2.6.7 Povzetek

Potencialna tehnologija	Prednosti	Slabosti
Celica izvora	- bazna postaja se ne premika	- zelo nenatančno
Kot prihoda	- zmerna natančnost ob primerni opremi	- zahteva posebne antene - zahteva poznavanje orientacije
Čas prihoda	- zmerna zmogljivost v zaprtih prostorih	- bazna postaja mora biti sinhronizirana - nizka natančnost
Časovna razlika prihoda	- zmerna zmogljivost v zaprtih prostorih	-nizka natančnost
Triangulacija	- zelo preprosta	- zahteva določanje kota
Metoda LF (Location Fingerprinting)	- visoka natančnost	- zahtevna vzpostavitev

2.7 Arhitektura

Sistem za določanje položaja lahko vzpostavimo na treh arhitekturnih modelih, ki jih grafično prikazuje Slika 9.



Slika 9: Arhitekturni modeli.

Modeli se med seboj razlikujejo po tem, kdo določa položaj mobilnega terminala (mobilne naprave). Pri arhitekturi, ki temelji na omrežju, pozicijo določajo postaje, ki gradijo omrežje, in centralni strežnik. Drugi model arhitekture temelji na terminalih, ki sami določajo svoj položaj. Zadnja arhitektura pa je hibrid med prvima dvema.

a) Arhitektura, ki temelji na omrežju (ang. Network-based)

Ta arhitektura je pri Wi-Fi tehnologiji možna le, če so bazne postaje ustrezno modificirane. Te morajo poleg normalnega dela tudi usmerjati meritve (ID, RSSI) na centralni strežnik. Strežnik ima podatkovno bazo, iz katere lahko izračuna pozicijo naprave.

Prednost te arhitekture je, da mobilne naprave ne potrebujejo dodatno nameščati programske opreme. Pravzaprav se mobilna naprava sploh ne zaveda, da je locirana, kar odpira vprašanja o zasebnosti.

b) Arhitektura, ki temelji na mobilnem terminalu (ang. Terminal-based)

Delovanje te arhitekture je popolno nasprotje prejšnji. Mobilna naprava prejema paketke baznih postaj, ki jih lahko bodisi čaka (pasivni način) ali pa jih oddaja in čaka na odgovor (aktivni način). Pomembna značilnost te arhitekture je, da ima mobilna naprava podatkovno bazo pri sebi lokalno.

c) Arhitektura, ki je podprta z mobilnim terminalom (ang. Terminal-assisted)

Ta topologija je kombinacija prejšnjih dveh. Mobilna naprava sprejema pakete, informacije pa pošlje centralnemu strežniku, ki vrne izračunano pozicijo.

2.8 Metoda unikatnega vzorca položaja podrobneje

Težava pozicijskih metod osnovanih na triangulaciji je dejstvo, da distribucija radijskega signala ni idealna v krogu, ampak nanjo vpliva več dejavnikov okolja, kot so stene, pohištvo in celo ljudje.

Metoda unikatnega vzorca položaja (ang. Location Fingerprinting, v nadaljevanju metoda LF) poizkuša ta problem rešiti z zajemom vzorcev signalov na različnih točkah po tlorisu površine. Distribucija radijskih signalov namreč kaže na unikatne vzorce na vnaprej določenih diskretnih točkah. V fazi kalibracije zajamemo te vzorce skupaj na lokacijah imenovanih referenčne točke (ang. Reference points) in jih shranimo v bazo. Takšno bazo imenujemo zemljevid jakosti signalov (ang. Radio Map). Na neznan lokaciji primerjamo zaznan vzorec s shranjenimi v bazi, najboljšo ujemanje pa povežemo z lokacijo in predvidevamo, da je najbližja dejanski lokaciji naprave. Natančnost določanja položaja je odvisna od gostote zajema vzorcev v fazi kalibracije, vendar zajem na razliki manj kot meter ne prinaša izboljšav, ker so si vzorci preveč podobni.

Vsak vzorec v zemljevidu jakosti signalov ima sledečo strukturo: x , y , BSSID, RSSI.

Dodatna prednost te metode je, da lahko uporabimo obstoječe brezžično omrežje, brez dodatnih stroškov. Z dodajanjem novih baznih točk na strateška mesta pa lahko izboljšamo rezultat.



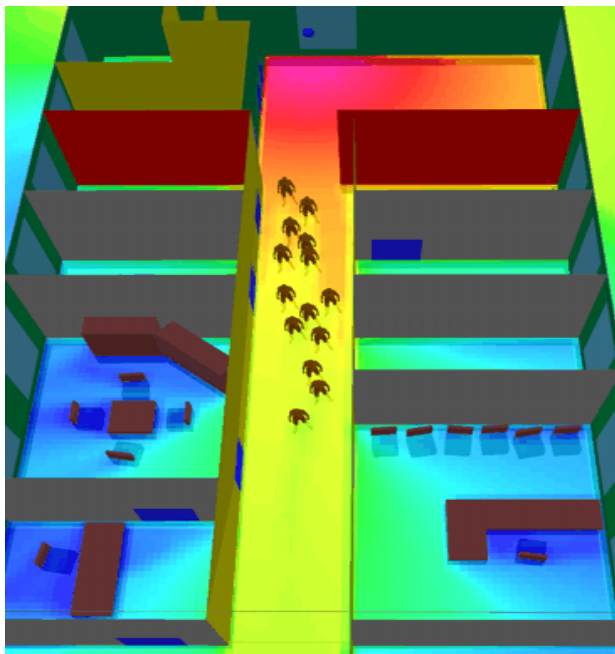
Slika 10: Dve fazi metode LF.

2.8.1 Simulacija unikatnih vzorcev položaja

Potencialno pomanjkljivost sistemov osnovanih na metodi LF predstavlja dejstvo, da bodo spremembe okolja ali omrežne infrastrukture verjetno vodile do spremembe distribucije signala in bo zemljevid jakosti signalov na tistih mestih zahteval ponoven zajem vzorcev, ki bodo nadomestili zastarele. Takšno vzdrževanje je zamudno in ne nazadnje tudi najdražji del sistema osnovanega na metodi LF.

Skoraj idealno rešitev predstavlja, če bi lahko distribucijo radijskega signala v prostoru predvideli oz. simulirali. Enostavnost takšnih simulacij nam otežujejo različni materiali v modernih zgradbah in pohištvo, ki zelo vpliva na radijske signale. Upoštevati moramo še različna slabljenja signala, odboj in večpotja (ang. multipath) oz. dejstvo, da do cilja vodi več poti. Vse to pomeni, da so izračuni kompleksni in morajo upoštevati veliko dejavnikov.

Na tržišču je več visoko kakovostnih programskih rešitev, ki nudijo simulacijo radijskih signalov v zaprtih prostorih. Uporablja se jih predvsem za načrtovanje omrežij. Za svoje delovanje zahtevajo 3D modele prostorov in opis materialov vrnejo pa natančne izračune in grafični prikaz distribucije radijskih signalov (Slika 11). V primerjavi z ročnim zbiranjem unikatnih vzorcev, je zahtevnejši del le priprava 3D modela; vzdrževanje pa se močno olajša. V kolikor je stavba novejša gradnje, obstaja velika verjetnost, da so natančen 3D model ob gradnji izdelali že arhitekti.



Slika 11: Grafični prikaz distribucije radijskih signalov v programu ProMan. [9]

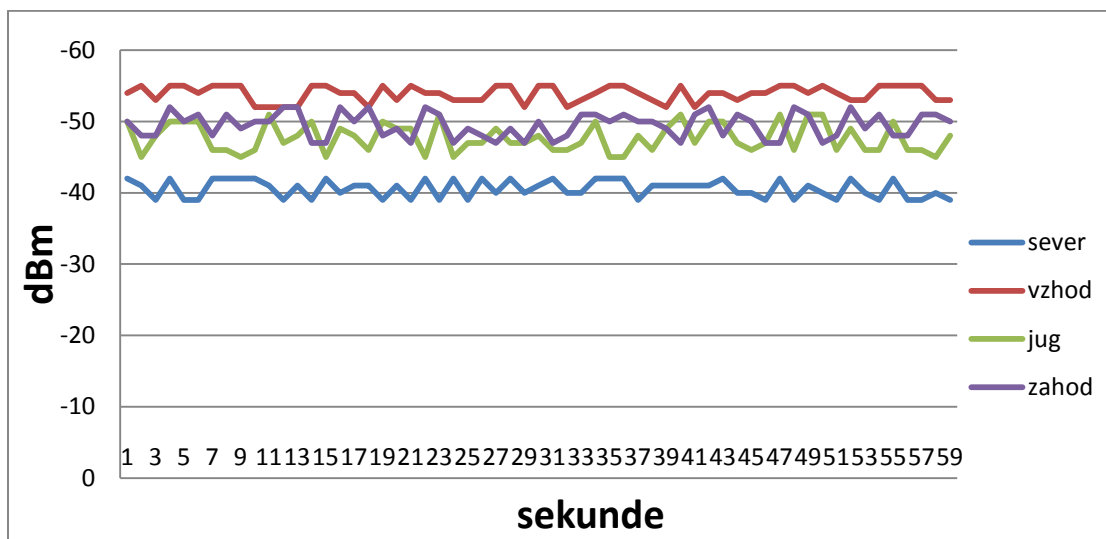
Žal so vse programske rešitve namenjene komercialni uporabi in ni nam uspelo najti nobene odprtokodne, ki bi jo lahko uporabili.

2.8.3 Težave

Prisotnost človeka

Izvedli smo eksperiment pri katerem smo izmerili meritve jakosti signala dostopne točke v 4 smereh neba. Eksperiment je pokazal (Slika 12), da prisotnost uporabnika vpliva na jakost signala. Wi-Fi za svoje delovanje namreč uporablja frekvenco 2,4 GHz, prav tako kot mikrovalovna pečica. Delovanje mikrovalov, ki se uporablja za segrevanje hrane v mikrovalovna pečici pa je v tem primeru moteč efekt. Sevanje namreč delno absorbira voda v človeškem telesu in signal je oslabljen.

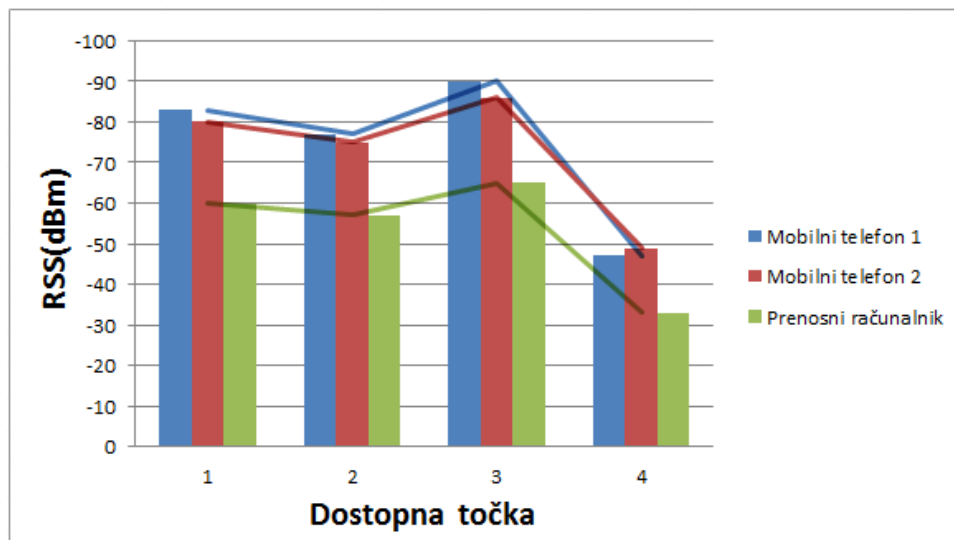
Ta efekt je treba upoštevati, saj vpliva na vzorce signalov. Zato je bistvenega pomena, da zajemamo podatke opravimo v več smereh in z običajnim številom ljudi v prostoru.



Slika 12: Spreminjanje jakosti signala glede usmeritev naprave.

Različne naprave

Zaradi ne standardne programske opreme in različne zasnove strojne opreme imajo mobilne naprave različne sposobnosti zaznavanja brezžičnega signala. Graf na Slika 13 kaže na razhajanja pri vrednostih RSSI med različnimi napravami.



Slika 13: Različne naprave sprejemajo signal z različno jakostjo.

Od tod lahko sklepamo, da v primeru, če se bosta naprava, s katero smo opravili fazo kalibracije in testna naprava bistveno razlikovali, lahko pričakujemo padeč natančnosti določanja položaja. Problem se pogosto rešuje z dodatno preslikavo vrednosti RSSI med napravami, kar pa je nepraktično in nemogoče glede na število IEEE 802.11 naprav.

Boljšo rešitev brez kalibracije ponuja algoritem DIFF. Na Slika 13 je mogoče opaziti, da so si oblike krivulj vseh treh naprav zelo podobne. Opažena lastnost nas pripelje do zamisli, da namesto absolutnih vrednosti bolje uporabljati razlike jakosti signala med različnimi pari dostopnih točk. S to funkcionalnostjo lahko nadgradimo katerikoli klasifikacijski algoritem. Poveča pa se računski kompleksnost iz m na $\binom{2}{m}$, kjer je m število dostopnih točk.

Zunanji vplivi

Na nihanje signala pa vplivajo tudi veliko drugih dejavnikov, kot so odprta vrata, sprememba vlage, temperature, ki jih ob zajemu nismo mogli predvideti.

2.8.4 Algoritmi

Algoritem mora določiti katera referenčna točka je najbližja napravi. Moč signala vseh dostopnih točk ob skeniranju lahko interpretiramo kot točko v virtualnem n -dimenzionalnem prostoru, kjer je n predstavlja število unikatnih omrežij. Prostor imenujemo signalni prostor. Ker imajo vse točke končne koordinate, lahko koristimo običajne algoritme za izračun razdalj kot je Evklidska razdalja.

Evklidska razdalja

Evklidska razdalja nam vrne preprosto razdaljo med dvema točkama v n -dimenzionalnem prostoru, glede na njune koordinate. Izračuna se s seštevkom absolutnih razdalji v vseh dimenzijah. Formula se glasi:

$$d_E(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}$$

k -najbližjih sosedov (k -NN)

[8] Ker koordinate v signalnem prostoru ne moremo direktno primerjati z 3 dimenzionalnim resničnim svetom, KNN algoritem združi k referenčnih točk z najmanjšo razdaljo od naprave, izračunano povprečje le-teh predstavlja trenutno lokacijo naprave. S spreminjanjem faktorja k vplivamo na lokalnost izračuna. Ko je $K=1$, algoritem deluje kot preprosta vpogledna tabela. To je priporočljivo [3] le tedaj, ko je gostota zemljevida jakosti signalov (ang. Radio Map) visoka. Vendar tudi previsok k deluje negativno, na izračun lokacije tedaj preveč vplivajo kalibracijske točke daleč stran.

Z razdaljo oteženih k -najbližjih sosedov (Wk -NN)

[8] Je nadgradnja algoritma k -NN. Uporabimo ga tedaj, ko želimo, da bližnji sosede prispevajo več k povprečju, kot bolj oddaljeni. Najbolj pogosto se utež nastavi na $1/d$, kjer d predstavlja razdaljo do soseda.

2.8.5 Komerzialna uporaba

[2] **Skyhook Wireless** je podjetje iz ZDA, ki ponuja programsko rešitev določanja položaja mobilne naprave v urbanih območjih. Njihova najbolj znana stranka je Apple, ki uporablja storitev na svojih napravah, ko ni na voljo GPS signal ali pa ga naprava sploh ne vsebuje. Zgradili so svetovno bazo WLAN dostopnih točk z zbiranjem RSSI podatkov iz posebno opremljenih vozil. Skyhook obljublja natančnost v razponu 10–20 m. Za najboljše rezultate uporabljajo hibridni sistem imenovan XPS, ki združi podatke GPS, baznih postaj in Wi-Fi dostopnih točk. Zaradi te arhitekture je sistem sposoben določiti položaj že v 1 sekundi.

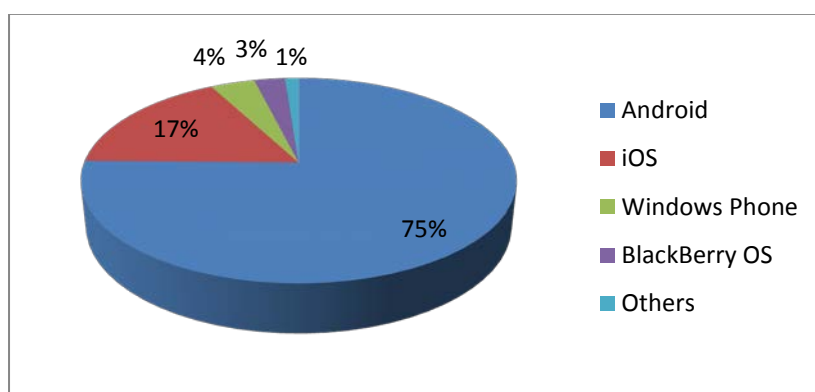
Ekahau je podjetje, ki je razvilo Wi-Fi sistem za določanja položaja v realnem času. Še posebej so se specializirali na bolnišnice, kjer ponujajo pestro paleto naprav v obliki ur, značk, ki vključujejo Wi-Fi in omogočajo sledenje pacientov ter priklic medicinskega osebja. Njihovi algoritmi za sledenje imajo kar 7 patentov.

2.9 Mobilne platforme

Mobilne platforme so dobro opredeljen skupek prenosne strojne opreme in programskega ogrodja. Tipično gre tu za mobilne telefone oz. pametne telefone, na katerih lahko uporabnik koristi več funkcionalnosti kot le telefonske klice. Vse več funkcionalnosti se dodaja današnji generaciji mobilnih naprav za povečavo funkcionalnosti in produktivnosti.

Analitska hiša IDC je objavila, da je bilo letos prvič prodanih več pametnih mobilnih telefonov kot klasičnih [14]. Napovedujejo 40 % rast v svetovnem merilu na 1 milijardo prodanih mobilnih naprav letno, do leta 2017 pa naj se bi ta številka povzpela na 1.7 milijarde naprav. K popularnosti prispeva tudi dostopnost in večja izbira cenovno ugodnih pametnih mobilnih naprav, ki stanejo manj kot 200 dolarjev.

Trenutno sta vodilni dve platformi, Apple iOS in Google Android, ki skupaj držita 92 % tržni delež, zato si jih bomo bolj podrobno pogledali.

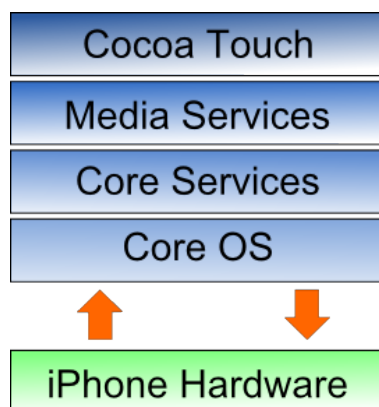


Slika 14: Tržni delež mobilnih platform.

Obe platformi nudita razvijalcem programska razvojna orodja (ang. Software Developer Kits). Za zaščito strukture operacijskega sistema lahko razvijalec dostopa do najrazličnejših funkcionalnosti OS preko programskega vmesnika (ang. Application Programming Interface).

2.9.1 Apple iOS

[9] iOS (znan tudi kot iPhone OS) je Applov prenosni operacijski sistem. V osnovi je bil zasnovan za mobilne telefone iPhone, danes pa ga proizvajalec Apple uporablja tudi na svojih drugih napravah kot so iPad, iPod Touch in Apple TV. iOS je mobilna različica operacijskega sistema OS X. Ogrodje sestavljajo 4 plasti kot prikazuje Slika 15.



Slika 15: Arhitektura platforme iOS [11]

XCode je edino razvojno okolje za razvoj aplikacij za to platformo in je dostopen samo za operacijski sistem MacOS. iOS aplikacije so napisane v programskem jeziku Objective-C.

Programski vmesniki so dobro strukturirani, zato je kompleksnost razvoja aplikacije precej nizka. Pomanjkljivost je le precej omejen API za dostop do strojne opreme, ki razvijalcu ne nudi dostopa do nadrednih informacij in nizkonivojskih vrednosti senzorjev. Pri, za naše namene zelo pomembnem, Wi-Fi čipu namreč API ne dopušča dostop do vrednosti signala (RSSI) in izvirnega MAC naslova.

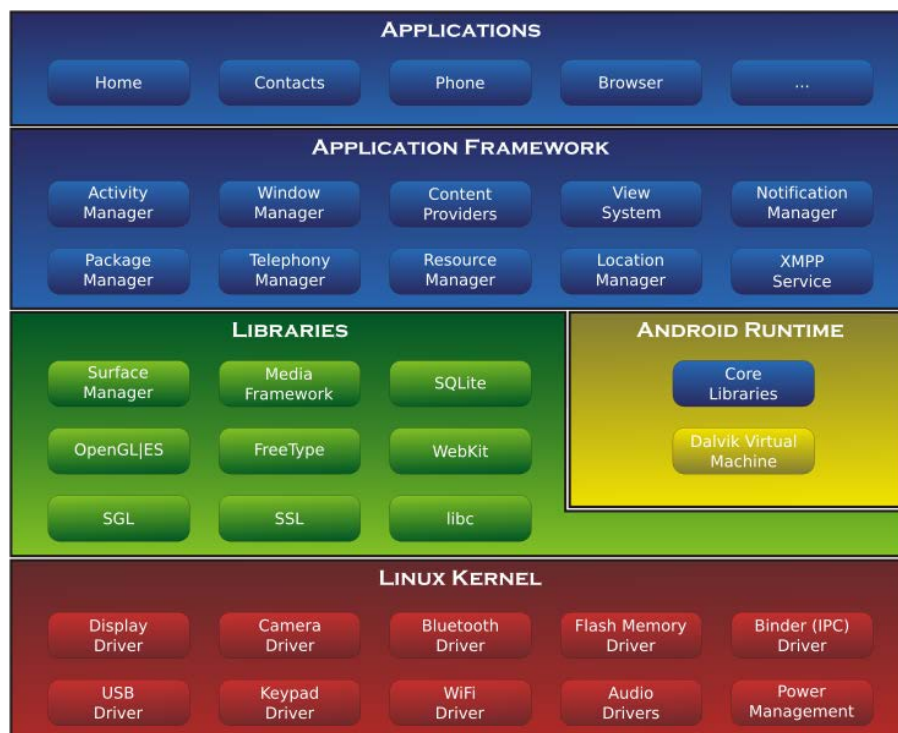
2.9.2 Google Android

[17] Android je odprtokodni operacijski sistem razvit za naprave z zaslonom na dotik, kot so mobilni telefoni in tablice. Zgrajen je na Linuxovem jedru. Za razvoj Androida je najzaslužnejši Google, ki je pod svoje okrilje vzel hitro rastoče podjetje Android Inc. in ga konec leta 2007 predstavili javnosti. Konec leta 2012 je imel operacijski sistem Android že 75 % tržni delež med pametnimi telefoni, vsak dan pa se je z njim aktiviralo 1.5 milijona

novih naprav. To so dosegli predvsem s tem, da deluje na mobilnih telefonih različnih proizvajalcev ter z različnimi cenovnimi razponi.

Operacijski sistem je osnovan na Linux jedru. Aplikacije se razvija v programskem jeziku Java, ki je bolj razširjen v primerjavi z Objective-C.

Razvojnih okolij je več, kot je Eclipse, Android studio in so dostopna na vseh operacijskih sistemih. Slika 16 prikazuje arhitekturo operacijskega sistema Android.



Slika 16: Arhitekturna zgradba Android OS. [17]

Prednost platforme je odprtokodnost in lahek dostop do strojne opreme naprave, na kateri teče. Kot edino slabost naj omenimo fragmentacijo trga naprav. Android poganja več 100 različnih mobilnih naprav, ki se razlikujejo po velikosti zaslona in zmogljivostnih karakteristikah. To za razvijalca pomeni, da bo moral več truda vložiti, da bo njegova aplikacija delovala na vseh napravah enako dobro.

2.9.3 Povzetek

Mobilna platforma	Prednosti	Slabosti
Apple iOS	- Manjše število naprav z boljšimi specifikacijami.	- Moč Wi-Fi signala ni dostopna razvijalcu.
Google Android	- Izvorna koda je javno dostopna. - Vsi potrebni programski vmesniki so dostopni. - Večje število uporabnikov	- Veliko različnih naprav, z različnimi specifikacijami

3 Programska rešitev

Produkt naše programske rešitev bo aplikacija za mobilne naprave, ki bo omogočala določanje položaja v prostorih Fakultete za računalništvo. Po podrobni analizi razpoložljivih tehnologij in tehnik v prejšnjem poglavju smo za najbolj primerno ocenili Wi-Fi tehnologijo v kombinaciji z metodo unikatnega vzorca položaja (Location Fingerprinting).

Meritve so namreč pokazala, da je v pritličju fakultete zmeraj vidnih vsaj 5 dostopnih točk. Kar pomeni, da bomo lahko izkoristili obstoječo infrastrukturo, brez dodatnih stroškov. Zaradi omejitve stroškov smo se tudi odločili za model arhitekture na mobilni napravi. To pomeni, da si bo uporabnik, ki se želi locirati v stavbi moral naložiti našo aplikacijo, ki bo potem primerjala trenutne vzorce Wi-Fi signalov z vzorci shranjenimi v bazi.

Ker pri operacijskemu sistem Apple iOS razvijalec nima dostopa do nizkonivojskih podatkov Wi-Fi čipa, kot so jakost signala; bomo razvili aplikacijo za Android OS, ki ima tudi večji tržni delež pametnimi telefoni.

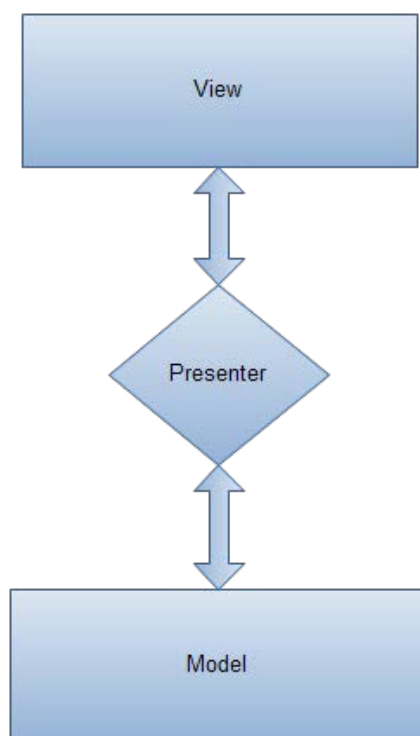
Na trgu ni bilo možno najti obstoječe rešitve za zajemanje vzorcev položaja (t. i. finger printov), zato smo razvili lastno. Zgrajen zemljevid vzorcev jakosti signalov (Radio Map) bo potem uporabljala naša druga aplikacija.

3.1 Razvoj na mobilnih aplikacij za Android OS

Eclipse je odprtokodno okolje za razvoj programov (IDE), ki temelji na Javi. Z Eclipse IDE je mogoče razvijati programe v različnih programskih jezikih. Prednost njegove uporabe se pokaže pri razvoju zahtevnih programov, ki uporabljajo kompleksne knjižnice, za katere je potrebno podrobno poznavanje delovanja in hierarhija razredov. Vgrajene ima še različne brskalnice kode in podporo za razhroščevanje, ki sem jo pogosto koristil. Izbral sem ga, ker je najbolj primeren za razvoj aplikacij za Android.

Android SDK zagotavlja API knjižnice in razvojna orodja, potrebna za razvoj, preizkušanje in razhroščevanje aplikacije za Android, dodaten Eclipse vtičnik pa omogoča vse to kar v razvojnem okolju.

Android razvoj temelji na arhitekturi Model - View – Presenter (MVP). [4] MVP je izpeljanka načrtovalskega vzorca Model-View-Controller (MVC), prav tako pogosto uporabljen pri gradnji uporabniških vmesnikov. V tem vzorcu, pogled prejme dogodke uporabniškega vmesnika in pokliče voditelja, če je potrebno. Voditelj je tudi odgovoren za posodabljanje pogleda z novimi podatki pridobljenimi iz modela.

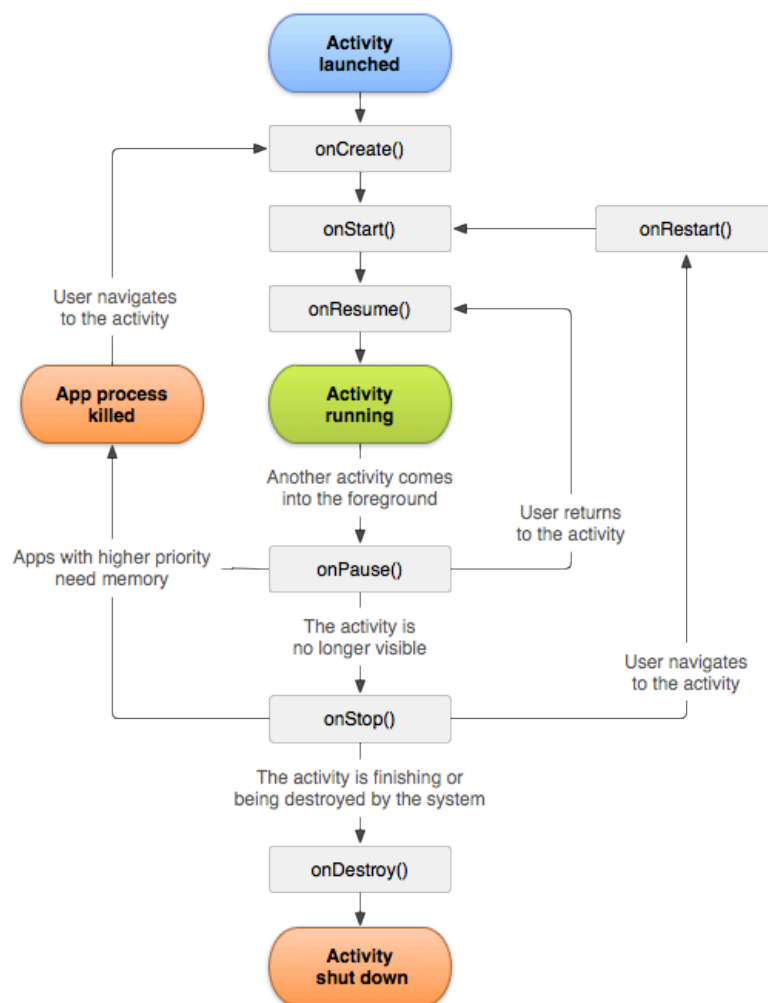


Slika 17: Diagram načrtovalskega vzorca MVP

Model – Model lahko obravnavamo kot vmesnik do podatkov, pri Androidu so to običajni Java objekti. Vsak del programa, ki za svoje delo potrebuje podatke, mora dostopati do njih prek vmesnika ali funkcij, ki jih določa razvijalec.

View – Pogled, kot že ime pove, komunicira s končnim uporabnikom. Pri Android platformi gre za objekte, ki so izpeljani iz nad razreda View ter ViewGroup. Objekti View se znajo izrisati in povedati svojo velikost, ViewGroup pa držijo druge View (in ViewGroup) objekte ter določajo postavitev vmesnika. Android nudi zbirko View in ViewGroup podrazredov za običajne gradnike (npr. gumb, vnosno polje) in različne modele razporeditev (npr. linearni, relativni). Grafični vmesnik lahko gradimo programsko, a najlažji in najbolj učinkovit način je z datoteko XML. XML nudi dobro berljivo strukturo za vmesnik, podobno kot HTML.

Presenter – Presenter deluje kot posrednik med modelom in pogledom. Vsa poslovna logika, potrebna za odzivanje na uporabnikove dogodke je napisan v tej plasti. Običajno pogled vsebuje krmilnik dogodkov in logiko za klic pravih presenter funkcij. Presenter je tudi odgovoren za poizvedbe podatkov iz modela in njihovo formatiranje, tako da jih lahko pogled izriše. Pri Androidu funkcijo Presenterja in vstopno točko v aplikacijo opravlja objekt Activity. Slika 18 prikazuje življenjski cikel vsake aktivnosti, ki jo nadzira Android OS.



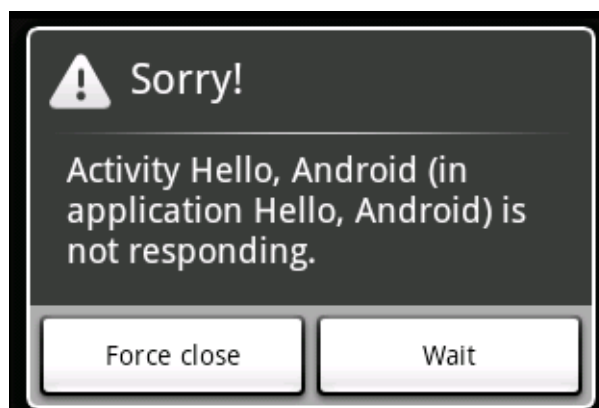
Slika 18: Življenjski cikel Android aktivnosti. [14]

Pri razvoju moramo vedno imeti pred sabo potek življenjskega cikla. Aktivnost gre skozi stopnjo onCreate() le, ko se prvič ustvari, zato moramo tudi inicializirati vse naše spremenljivke. Funkcija onStop() se kliče, ko aktivnost prestavimo v ozadje; v tem stanju čaka, dokler je spet ne prikličemo v ospredje. Ker lahko napravi zmanjka pomnilnika, bo sistem aktivnost ustavil in sprostil pomnilnik. Zato je onStop() metoda zadnja možnost za shranjevanje podatkov.

Pri Androidu so vse informacije o aplikaciji in njenih delih zbrani v eni XML datoteki imenovani `AndroidManifest.xml`, ki predstavlja centralni manifest. Operacijski sistem zahteva, da so vse aktivnosti, servisi in zunanje knjižnice navedene v manifestu.

Da bi zagotovili varnosti in zasebnost naprav in uporabnikovih podatkov, Android OS uporablja podroben sistem dovoljenj (ang. fine-granular permission system), ki zahteva, da vsaka aplikacija vnaprej napove, do katerih lastnosti in funkcij naprave ali operacijskega sistema si želi dostopati. Ob inštalaciji aplikacije se prikaže seznam zahtevanih pravic z namenom uporabniku ponuditi kratek pregled nad tem, kaj je aplikacija zmožna narediti.

Ko se prva komponenta aplikacije zažene, Android sistem zažene nov Linux proces z eno samo nitjo izvajanja. Privzeto vse komponente tečejo v enem procesu in niti, imenovani glavna nit (ang. main thread). Razvijalec mora zato paziti, da ne opravlja preveč zahtevne izračune na glavni niti, sicer ovira izris uporabniškega vmesnika in obdelavo vhodnih podatkov (dotikov). V kolikor se aplikacija ne odziva (5 sekund), sistem zavaruje uporabnika in mu ponudi dialog za ustavitev aplikacije.



Slika 19: Ob neodzivnosti aplikacije, sistem uporabniku predlaga zaustavitev.

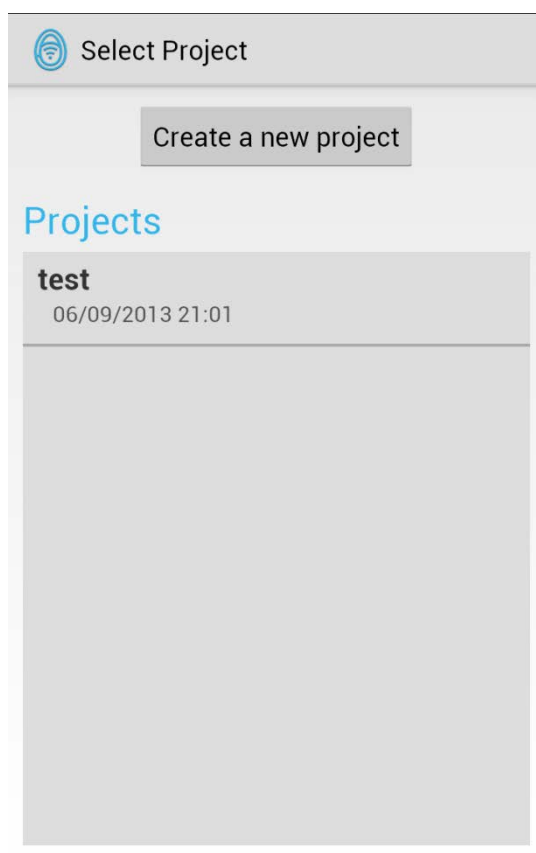
Izvajanju daljših in časovno zahtevnejših opravil so na Android na voljo komponente `AsyncTask` in `Service`. Le-te opravijo delo asinhrono, rezultat pa sporočijo glavni niti.

3.3 Aplikacije za zajem podatkov

Za zajem unikatnih vzorcev položaja na referenčnih točkah in s tem izdelavo zemljevida jakosti signalov, smo razvili generično aplikacijo imenovano WifiScanner.

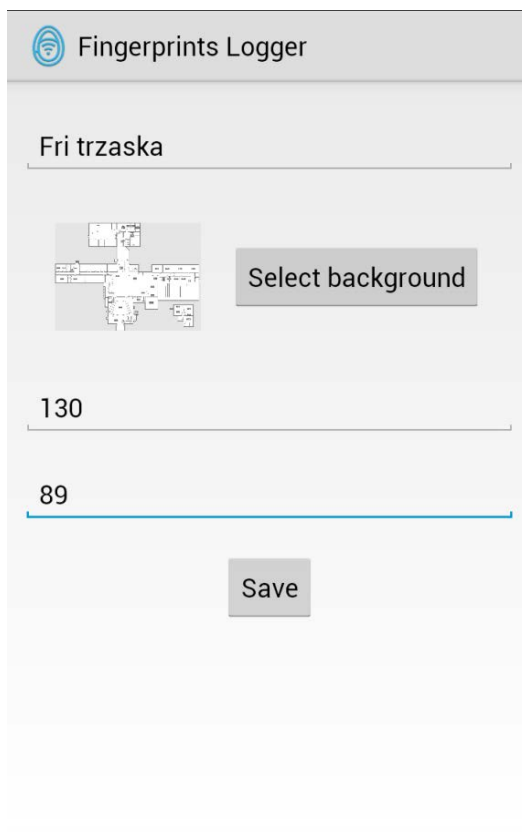
3.3.1 Opis splošne funkcionalnosti

Aplikacijo sestavljajo štiri aktivnosti. Ob zagonu se nam prikaže seznam projektov in gumb za ustvarjanje novega projekta.



Slika 20: Prvi zaslon aplikacije.

Če želimo ustvariti nov projekt, nadaljujemo s klikom na gumb »Create a new project«. Odpre se nam zaslon z obrazcem Slika 21. Aplikacija od nas zahteva, da vnesemo ime projekta, izberemo sliko zemljevida prostora in dimenzije, ki jih slika predstavlja.



Fingerprints Logger

Fri trzaska

Select background

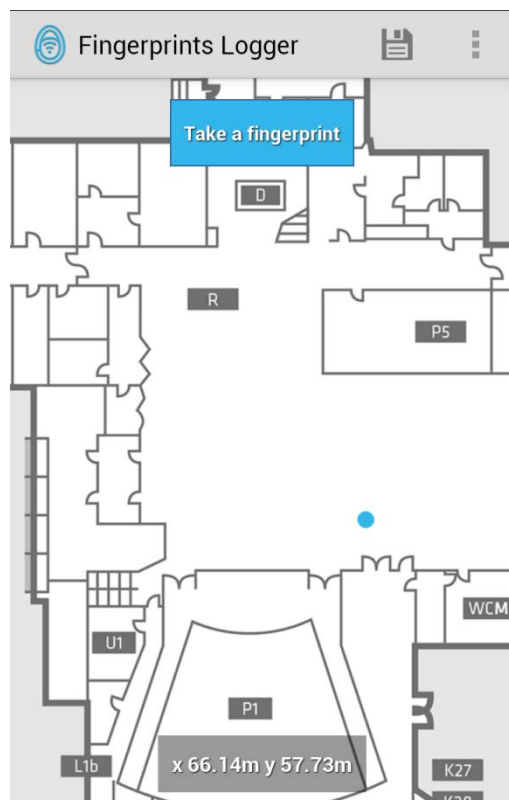
130

89

Save

Slika 21: Obrazec za ustvarjanje novega projekta.

Glavni zaslon aplikacije Slika 22 prikazuje zemljevid prostora in omogoča zajem točk. S klikom na lokacijo na zemljevidu prostora izberemo točko zajema, ki jo označi moder krog, nato se pokažejo njene absolutne koordinate v metrih. Koordinatno središče je v levem, zgornjem kotu zemljevida. Zajem vzorca sprožimo s klikom na »Take a fingerprint«.



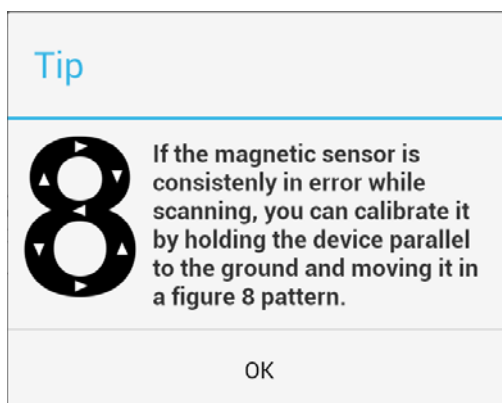
Slika 22: Glavni zaslon aplikacije.

V poglavju 2.8.3 (Težave) smo opisali negativen vpliv človeka na meritev in da jih moramo zato izvesti v različnih smereh.

Digitalni kompas je programska metoda, ki uporablja v napravo vgrajen merilnik pospeška in magnetometer za izračun orientacije. Da ne bi preveč povečali velikost podatkovne baze in podaljšali proces grajenja zemljevida jakosti signala, smo se odločili, da na vsaki referenčni točki opravimo meritve v 4 smereh.

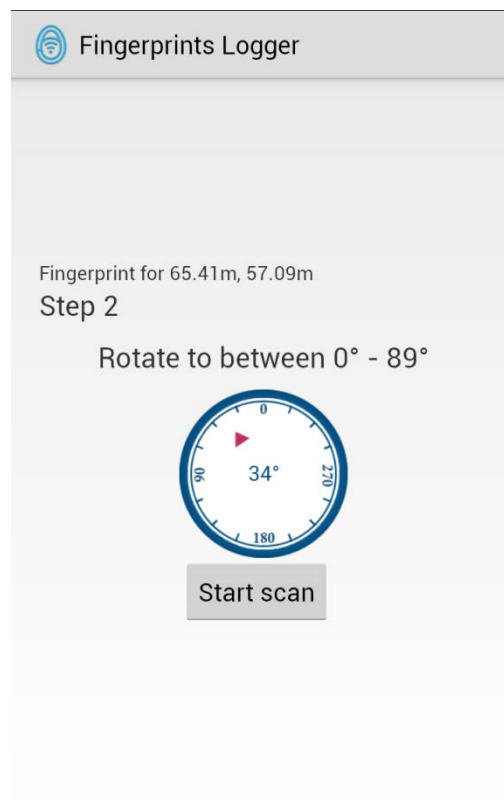
Ime orientacije	Območje
NE	0 - 89
SE	90 - 179
SW	180 - 269
NW	270 - 359

Kompas se izkaže za občutljivega na povišstvo in stene. Ker ne obstaja programske kalibracije, uporabniku priporočamo ročno kalibracijo ob vsakem zagonu programa.



Slika 23: Nasvet uporabniku naj kalibrira digitalni kompas.

Aplikacija nas vodi čez 4 korake zajema podatkov. Z grafičnim kompasom usmerimo uporabnika v smer naslednjega koraka (Slika 24).



Slika 24: Grafični kompas usmeri uporabnika v smer naslednjega koraka.

3.3.1 SQLite

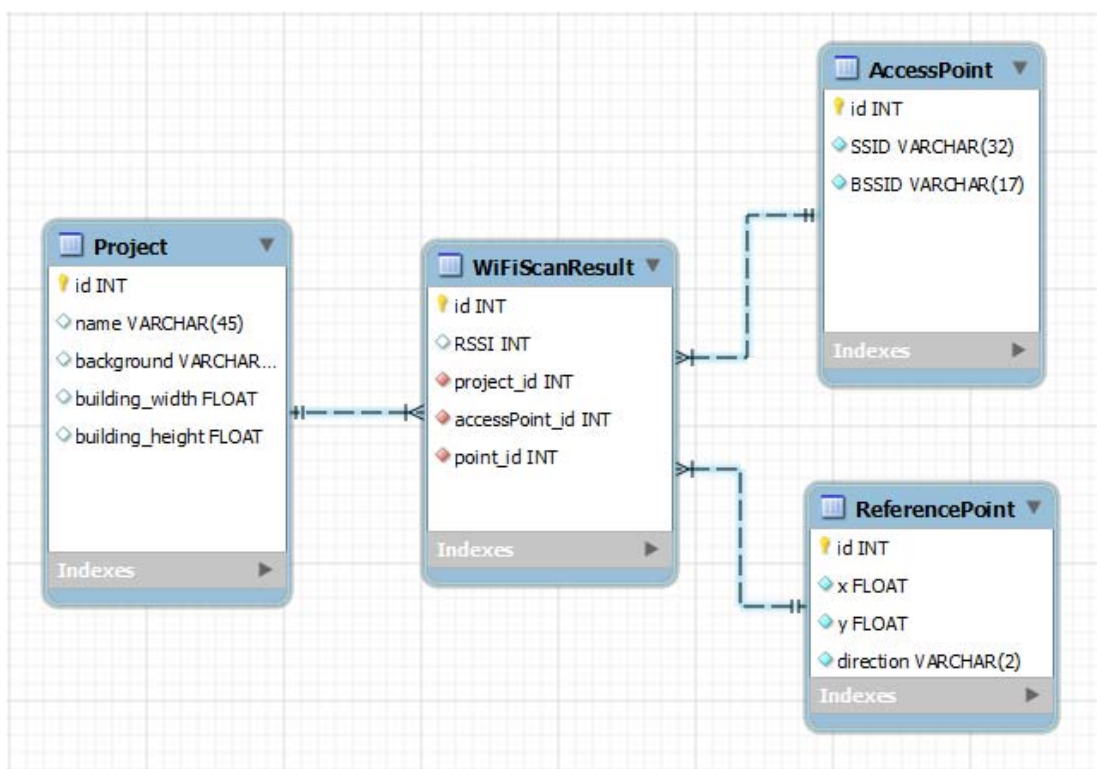
Android pozna štiri možnosti shranjevanja podatkov: deljene nastavitve (ang. Shared Preferences), interni pomnilnik, eksterni pomnilnik, SQLite podatkovna baza. Odločili smo se za slednjo.

SQLite je ACID skladen, vgrajen relacijski sistem za upravljanje s podatkovnimi bazami (SUPB), ki shranjuje vse podatkovne baze v besedilne datoteke. Implementiran je kot relativno majhna (približno 350 KB) knjižnica napisana v programskem jeziku C in je integrirana v Android OS. Svoje podatkovne baze shranjuje v zasebne mape /data/data/IMEPAKETA/databases, ki je nedostopna drugim aplikacijam, kot je npr. upravljalca datotek, v kolikor mobilna naprava ne podpira administratorskega dostopa (ang. root access).

Za lažji dostop do podatkovne baze in v izogib pisanju SQL stavkov, smo se odločili uporabiti abstraktno plast. Preizkušenih je bilo več različnih knjižnic, na koncu se je OrmLite izkazal kot najprimernejši za naše potrebe. OrmLite je ogrodje sposobno generirati DDL in DQL stavke za SQLite in JDBC podatkovne baze. SQLite del je posebej namenjen uporabi na Android platformi in uporablja nativne klice na sistemske funkcije.

3.3.3 Shema baze

Podatkovno bazo (zemljevid jakosti signalov) sestavljajo štiri tabele (Slika 25). Pri načrtovanju je bila naša prioriteta, da bo podatkovno bazo možno izvoziti tudi v druge formate. Glavna entiteta v bazi je *WiFiScanResult*. Predstavlja jakost ene dostopne točke (entiteta *AccessPoint*) na določeni referenčni točki (entiteta *ReferencePoint*). Preko tujega ključa je povezana z entiteto *Project*, ki ločuje rezultate na projekte, sama pa shranjuje ime projekta, pot do slike zemljevida na datotečnem sistemu ter višino in širino, ki jo zemljevid predstavlja.



Slika 25: Shema podatkovne baze.

3.3.5 Izvoz zemljevida vzorcev jakosti signala (Radio map)

Android ne podpira izvoza in uvoza SQLite podatkovnih baz, zato smo se odločili, da podatke prepisemo v datoteko v formatu CSV.

CSV (*comma-separated values* ali tudi *character-separated values*) je pogost in preprost format, ki se uporablja za shranjevanje tabelarnih podatkov v golem besedilu. Široko je podprt v potrošniških, poslovnih in znanstvenih aplikacijah. Najpogosteje se ga uporablja za prenos tabelarnih podatkov med aplikacijami. To deluje, zato ker ogromno aplikacij podpira nekakšno različico CSV formata kot uvoz/izvoz. CSV datoteko sestavlja poljubno število zapisov, ki so med seboj ločeni s prelomom vrstice. Vsak zapis je sestavljen iz polj med seboj ločenih z znakom ali nizom znakov, običajno je to vejica ali tabulator. Prva vrstica datoteke je običajno rezervirana za zaglavje z opisom polj.

Primer izvoženega zemljevida vzorcev jakosti signala (Radio map):

```
X,Y,ORIENTATION,c0:c1:c0:18:3f:50,d4:ca:6d:31:49:d9,68:7f:74:3e:72:d1
```

```
78.572624,50.569168,NE,-90,-110,-84
```

```
78.572624,50.569168,ES,-92,-110,-88
```

```
78.572624,50.569168,SW,-88,-87,-84
```

```
78.572624,50.569168,NW,-85,-87,-78
```

```
/.../
```

Tak način izvoza ne omogoča le hitrega uvoza, ampak tudi analizo podatkov v programih, kot so Orange.

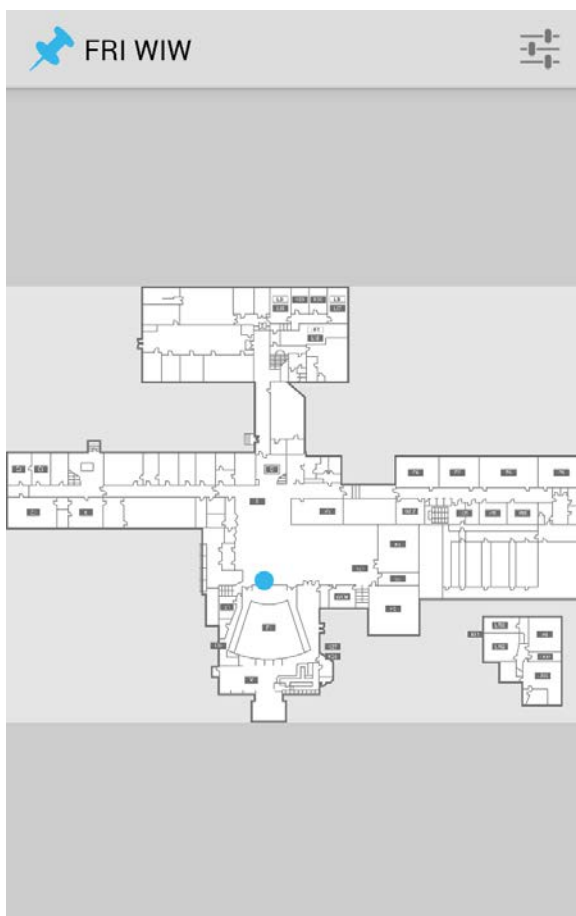
3.4 Izdelava aplikacije za določanje lokacije

V namen določanja položaja na Fakulteti za računalništvo in informatiko je bila razvita aplikacija z imenom WIW FRI. Za svoje delovanje uporablja zemljevid jakosti signalov, ki ga izvozimo iz naše aplikacije WifiScanner.

Aplikacijo sestavljata dva dela, že znana aktivnost z zemljevidom in Android Service, ki ga zažene aktivnost ter se prijavi na obveščanje njegovih sporočil. Service skrbi za iskanje bližnjih WiFi dostopnih točk, ki se potem uporabijo za določanje položaja. Ko določi položaj ga sporoči aktivnosti, le ta pa ga prikaže z modro točko.

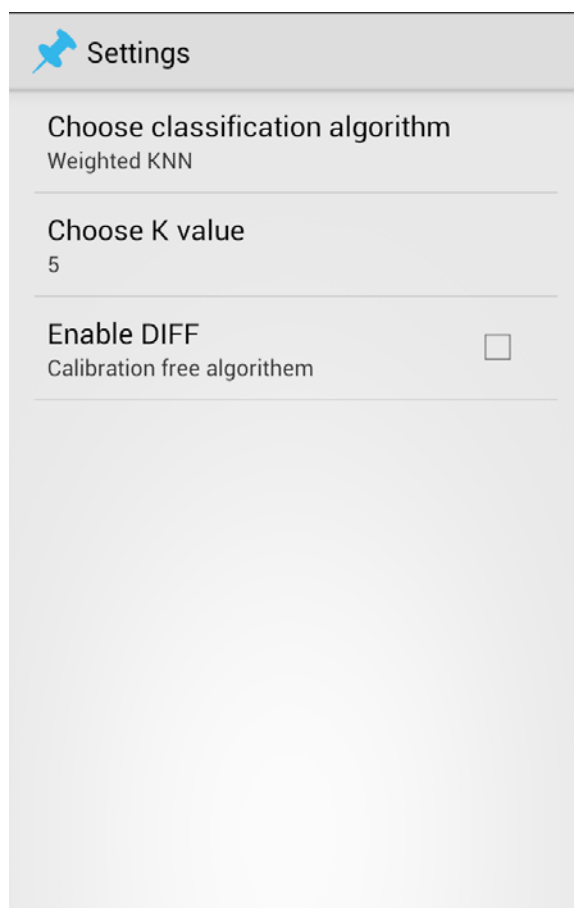
3.4.1 Opis splošnih funkcionalnosti

Aplikacija je zelo preprosta, vsebuje le eno aktivnost z zemljevidom prvega nadstropja fakultete. V kolikor aplikaciji uspe določiti položaj v stavbi, se ta izriše na zemljevidu z modro točko.



Slika 26: Aplikacija nas je locirala v avli fakultete.

V razvojno različico naše aplikacije smo vključili tudi možnost izbire algoritma in njegove parametre. Funkcionalnost je za končnega uporabnika nepotrebna.

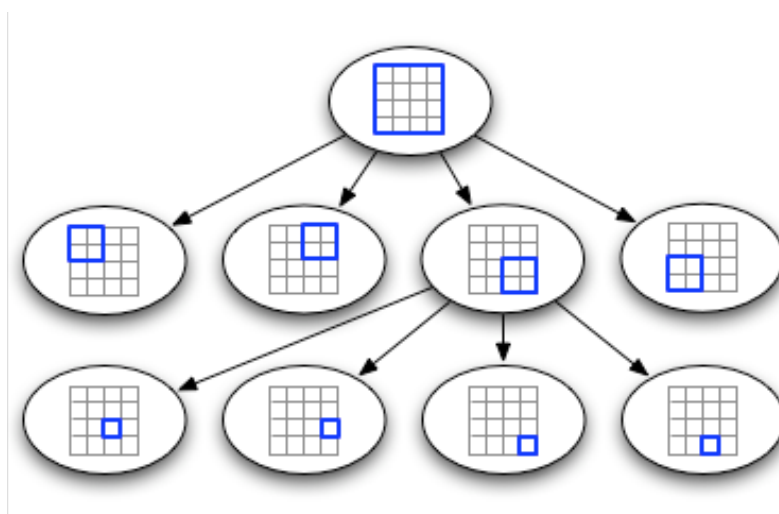


Slika 27: Nastavitve omogočajo izbiro algoritma in parametrov.

3.4.2 Izboljšanje učinkovitosti določanja lokacije

[18] Z naraščajočim številom referenčnih točk v naši bazi, se povečuje tudi čas, ki ga porabimo za izračun razdalje. A ker se je uporabnik aplikacije od prejšnjega izračuna lahko premaknil le za nekaj metrov, bi bilo zato bolj smiselno izračune omejiti le na točke v radiu nekaj metrov od prejšnje določene točke. S tem pospešimo izračun lokacije in tudi zmanjšamo možnost velike napake.

Za poizvedbe po referenčnih točkah v radiu nekaj metrov od prejšnje točke sem uporabil podatkovno strukturo Quadtree. Spada med tehnike prostorskega indeksiranja. Gre za izpeljavo iz binarnega drevesa, kjer ima vsako vozlišče namesto dveh otrok, štiri naslednike. Quadtree drevesa se uporabljajo za delitev 2-dimenzionalnega drevesa na 4 regije. Regije so lahko kvadratne ali pravokotne oblike. Podrobna implementacija drevesa se razlikuje glede na tip podatka, ki ga shranjuje. Shranjuje lahko regije, poligone, črte, točke.



Slika 28: Notranja predstavitev strukture Quadtree dreves. [18]

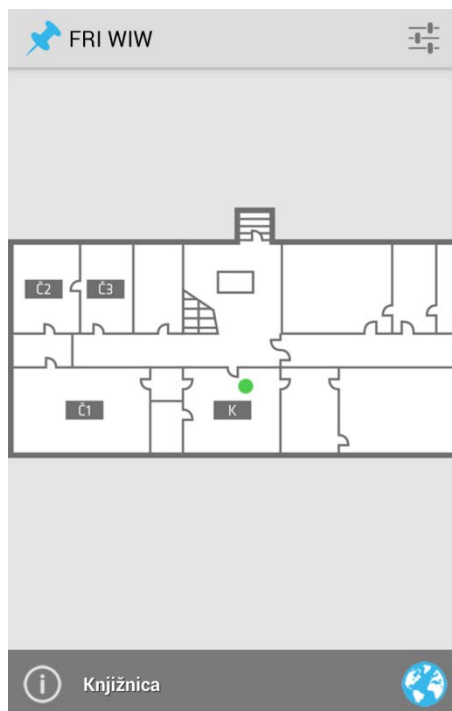
3.4.3 Zanimive točke

Zemljevid prostorov je v aplikaciji interaktiven. Klik na posamezen prostor namreč prikaže ime prostora (npr. predavalnica 1, knjižnica, itd.) in povezavo do spletne strani, če le ta obstaja (npr. povezava do spletne strani laboratorija, jedilnika menze, itd.) (Slika 29).

Podatke sem zbral v CSV datoteko, ki jo bere program. Spodaj je primer datoteke zemljevida prostorov (t. i. Room map):

```
Code name,Name,x1,y1,x2,y2,Web
K,Knjižnica,222,746,342,851,http://www.fri.uni-lj.si/si/fakulteta/knjiznica/
L16,Fakultetni laboratorij,934,7,1006,131,
P1,Predavalnica 1,833,1053,1057,1295,
M,Menza,755,1313,1104,1438,http://menza.fri.uni-lj.si/
```

Ob kliku uporabnika na zemljevid aplikacija poišče, kaj zanimivega se nahaja na tej lokaciji. Za to iskanje se je najbolj izkazala podatkovna struktura R-drevo. R-drevo je popolnoma uravnoreženo drevo in zelo uporabno pri delu s prostorsko urejenimi mnogodimenzionalnimi podatki. Vsi te podatki se hranijo v listih. Ne nudi dobre zmogljivosti v najslabšem primeru, ampak na splošno dobro deluje z realnimi podatki, še posebej v našem primeru, ko med območji ni prekrivanj.



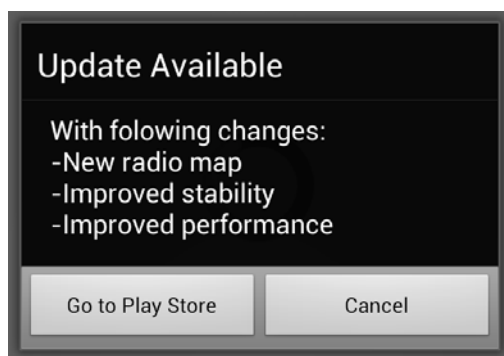
Slika 29: Na mestu klika se nahaja knjižnica.

3.4.4 Posodobitve programa in zemljevida vzorcev jakosti signala (Radio map)

Z odločitvijo, da bo naš pozicijski sistem uporabljal Terminal-based arhitekturo, smo prevzeli tudi odgovornost, da bo mobilna naprava vedno imela svežo bazo podatkov. Na voljo imamo tri načine posodabljanja:

1. Uporabniku priskrbimo posodobitveno datoteko, ki jo prenese na mobilno napravo in zažene posodabljanje.
2. V program vgradimo mehanizem posodabljanja, ki iz našega strežnika prenese nove datoteke.
3. Objavimo novo različico programa z novimi datotekami na Android Play trgovini. Uporabnik bo dobil obvestilo, da ga čakajo posodobitve.

Pri prvi rešitvi preveč obremenimo uporabnika, pri drugi pa bomo morali zakupiti strežnik z veliko mesečnega prenosa. Odločili smo se za tretji način z majhno izboljšavo. Uporabili smo obstoječo rešitev, za katero podjetje Google zagotavlja razpoložljivost. Uporabnik je navajen obvestil, da ga za njegove nameščene aplikacije čakajo posodobitve in jih lahko opravi vse naenkrat z enim samim klikom. Ker pa so posodobitve nujne za pravilno delovanje aplikacije, ob vsakem zagonu preverimo na našem strežniku, katera je zadnja različica in jo primerjamo z nameščeno. V primeru, da uporabnik še ni posodobil aplikacije, mu prikažemo dialog s seznamom izboljšav (Slika 30).



Slika 30: Obvestilo uporabniku, da je na voljo posodobitev aplikacije.

Pri preverbi na strežnik gre za preprost HTTP GET zahtevek, strežnik pa nam vrne JSON objekt s podatkom, katera je zadnja različica programa in kakšne spremembe vsebuje.

JSON (JavaScript Object Notation) je besedilen in berljiv standard za izmenjavo podatkov. Izvira iz skriptnega jezika JavaScript za predstavitev preprostih podatkovnih struktur in

asociativnih seznamov (par ključ, vrednost) imenovane objekti. Je neodvisen od programskega jezika, razčlenjevalnik zanj najdem v mnogih jezikih. JSON format je pogosto uporabljen za prenos serializiranih podatkov po internetni povezavi. Najpogosteje gre za prenos med strežnikom in aplikacijo, služi kot alternativa standardu XML.

Primer HTTP odgovora s JSON objektom:

```
{"version": "2", changes:"-New radio map\n-Improved stability\n-Improved performance"}
```

Prejet HTTP odgovor je zmeraj v golem besedilu. Za njegovo razumevanje moramo podatke izluščiti. V ta namen smo koristili odprtokodno Java knjižnico GSON, ki omogoča serializacijo in deserializacijo Java objektov v (in iz) JSON.

3.6 Podpora starejših različic platforme

Ker si želimo, da bo našo aplikacijo lahko uporabljalo karseda veliko lastnikov Android naprav, moramo poskrbeti za podporo tudi starejših različic platforme. Tabela 2 prikazuje delež naprav, ki delujejo na določeni različici.

Različica	Psevdonim	API	Delež
2.2	Froyo	8	2.4%
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	30.7%
3.2	Honeycomb	13	0.1%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	21.7%
4.1.x	Jelly Bean	16	36.6%
4.2.x		17	8.5%

Tabela 2: Podatki, zbrani med 7-dnevnim obdobjem do 4. 9. 2013. [15]

Odločili smo se za podporo naprav od različica API 10, s to odločitvijo smo podprli 97,6 % mobilnih naprav v uporabi. Pri razvoju je potrebno biti pozoren, katere systemske klice uporabljamo, od katere API različice naprej so le-ti na voljo. Če je katera funkcionalnost manjkala, pa se je izkazala, da je za naše potrebe nujna, smo si pomagali z Android podporno

knjižnico (ang. Android Support Library), ki vsebuje veliko novih sistemskih klicev in Java razredov.

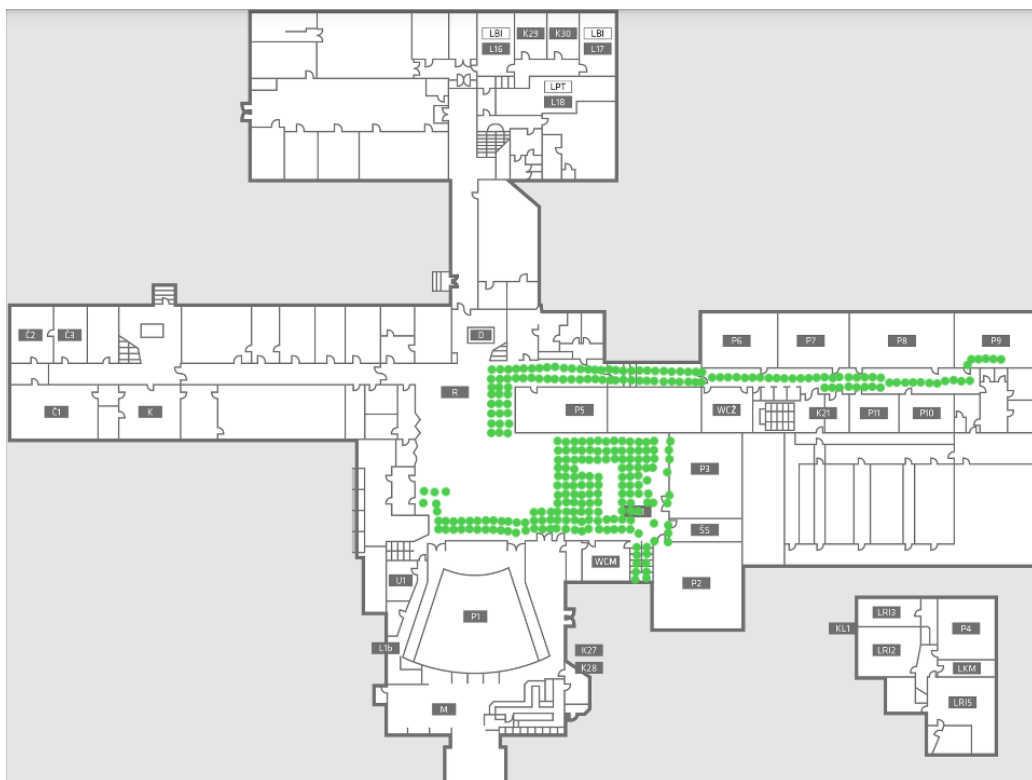
Od različice API 13 pa morajo vse naprave vsebovati enoten izgled imenovan Holo. Ker smo želeli ta moderen izgled prenesti tudi na starejše različice, smo si pomagali s knjižnico HoloEverywhere. Vsebuje vse gradnike, kot so npr. gumbi in vnosna polja v novi obliki.



Slika 31: Novi videz Holo.

4 Faza kalibracije

V fazi kalibracije smo v pritličju Fakultete za računalništvo in informatiko z mobilnim telefonom Samsung Galaxy Nexus zajeli 300 referenčnih točk, na Slika 32 so označene z zeleno barvo. Za zajem vsake točke smo v povprečju potrebovali 2 minuti, skupno 10 ur.



Slika 32: Na zelenih točkah smo zajeli vzorec signalov.

Da smo naš dejanski položaj v stavbi lahko natančno vnesli v zemljevid prostorov, smo našo razdaljo od sten merili z laserskim merilcem razdalje Prexiso P80 (Slika 33).



Slika 33: Laserski merilec razdalje Prex ISO P80. [11]

5 Testiranje in rezultati

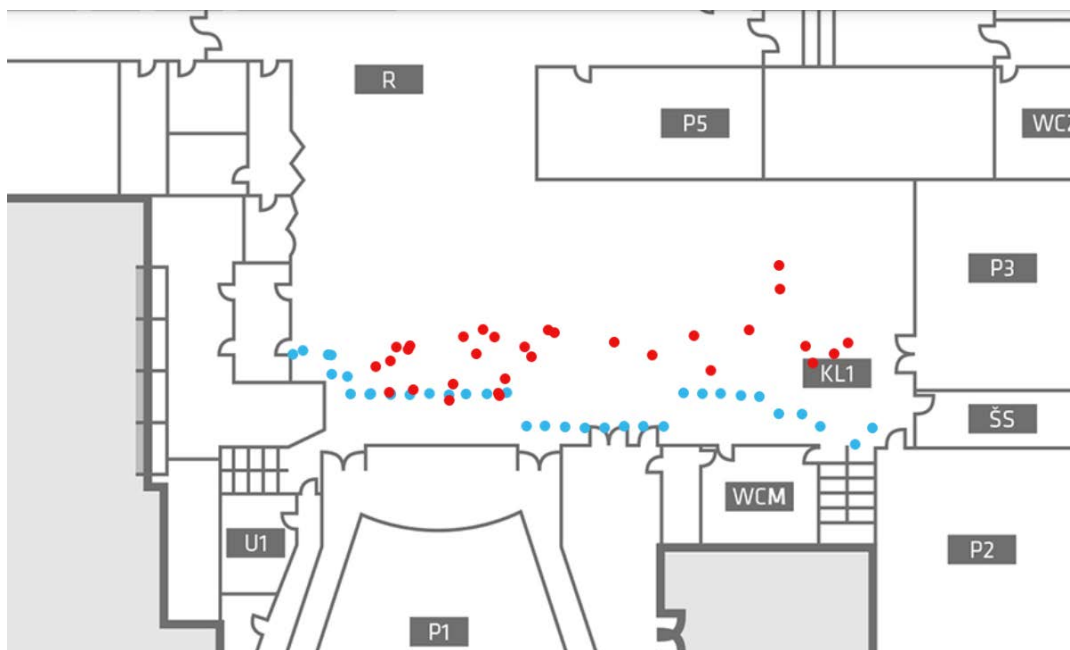
V fazi testiranja sem se še enkrat sprehodil po stavbi Fakultete za elektrotehniko. Z aplikacijo za grajenje zemljevida sem še enkrat zajel podatke na dveh poteh. Za testiranje smo izbrali dva testna scenarija. Prva pot je potekala skozi glavno avlo, kjer je veliko fizičnih ovir in ljudi. Druga testirana pot pa je vodila po ozkem hodniku do predavalnice. Pričakovati je bilo razlike pri natančnosti določanja položaja.

Testne podatke smo zbrali z drugo napravo kot v fazi kalibracije, z mobilnim telefonom Samsung Galaxy S3. V testih nismo uspeli zaznati prednosti algoritma DIFF, napravi sta si po konstrukciji preveč podobni. Na žalost za testiranje nismo imeli na voljo nobenega tabličnega računalnika z Android OS. Tablični računalniki imajo zaradi svoje velikosti pogostokrat vgrajeno večjo anteno kot manjši mobilni telefoni in zato sprejemajo signal z večjo jakostjo. Tu se bi verjetno pokazale prednosti algoritma DIFF.

Test 1

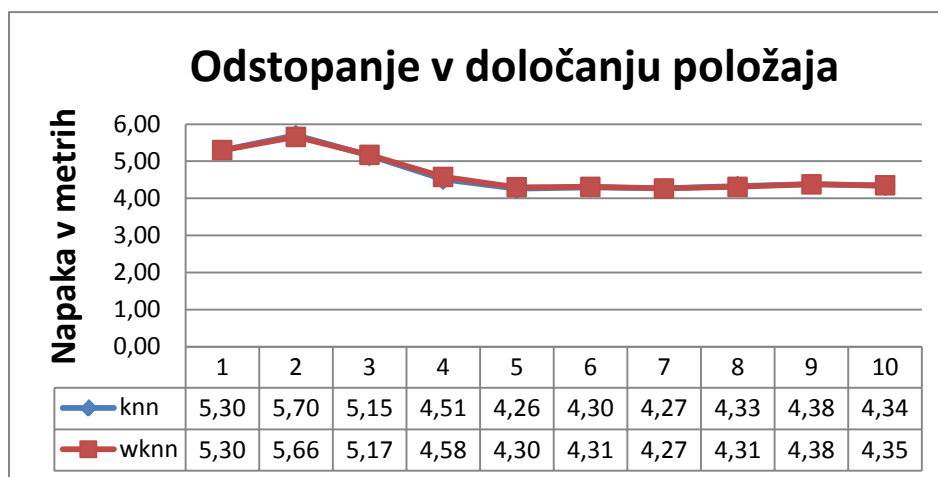
Z aplikacijo smo se sprehodili po celotni dolžini avle. Dolžina poti je bila 33 metrov. Zajeli smo 35 točk, te so na zemljevidu Slika 34 označene z modro barvo. Zbrane točke sem potem vstavil v posebno skripto, kjer so algoritmi določili naš položaj glede na zemljevid, ki smo ga postavili v fazi kalibracije. Te točke so označene z rdečo barvo.

Poenostavljeno, z modro barvo je označen naš dejanski položaj, pot, ki smo jo resnično prehodili; z rdečo barvo pa položaj, ki nam ga je izračunala aplikacija.



Slika 34: Opravljena in določena pot v Testa 1.

Primerjava uspešnosti k -NN in Wk -NN algoritma ob različnih vrednostih parametra k je zbrana v Slika 35. Razlike med algoritmom k -NN in njegovo uravnoteženo različico praktično ni, grafa se prekrivata. Najboljši rezultat je bil dosežen pri k vrednosti enaki 5.



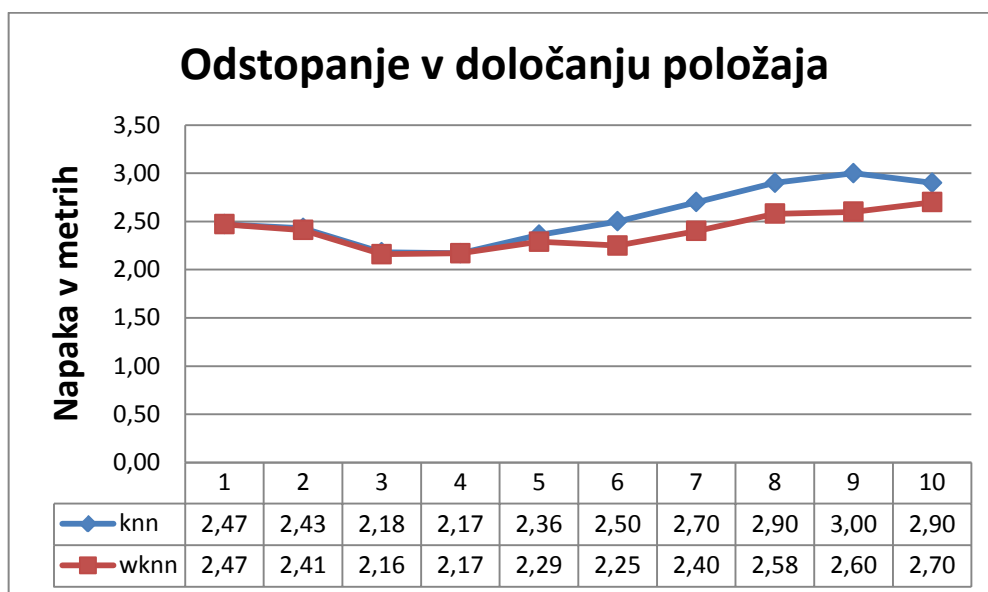
Slika 35: Odstopanje pri določanju položaja testa 1.

Test 2

Postopek smo ponovili v ponovnem testiranju. Na razdalji 68 metrov smo zbrali 65 točk. Pot vodi skozi ozek hodnik, ki vsebuje vsebuje zavoj, dolgo ravnino in vstop v predavalnico.



Slika 36: Opravljena in določena pot v testa številka 2.



Slika 37: Odstopanje pri določanju položaja testa 2.

6 Možne izboljšave

Nadaljnje delo bi obravnavalo izboljšave natančnosti algoritmov. Verjetnostni pristop v tej diplomski nalogi ni bil implementiran, le determinističen. Vredno je razmisliti o tem, da v prihodnje v odločitvene algoritme vključimo vrednotenje razpona valovanja signala in zanesljivost delovanja dostopne točke.

Razviti aplikaciji dobro opravljata svoje delo. Njun uporabniški vmesnik aplikacij je oblikovan po oblikovalskih vzorcih Androida.

Prvi aplikaciji za zajem podatkov(WifiScanner) bi bilo smiselno dodati možnost za urejanje referenčnih točk, kot so izbris in ponoven zajem.

Drugi aplikaciji za določanje lokacije pa bi bilo vredno dodati iskanje točno izbranega oz. iskanega prostora (npr. želim v predavalnico 5) in navigacijo do tega prostora (označeno s točkovno črto) z iskanjem najkrajše poti.

Zaradi časovno zamudnega zajemanje vzorcev (povprečno 2 min. na vzorec) smo zajeli le eno nadstropje in del stavbe za Fakultete za računalništva. S tem smo se izognili problemu zaznave prehoda med etažami. V kolikor bi nadaljevali, bi morali rešiti tudi ta problem.

Če bi se v nadaljevanju odločili, da zajamemo celo stavbo ter da bi se hkrati želeli izogniti ročni kalibraciji, bi bilo smiselno, da izračunamo te podatke, torej da to za nas opravi algoritem. Za to bi potrebovali 3D model stavbe, da vidimo, kje se nahajajo stene za predvidevanje odboja.

Ravnokar se gradi nova stavba Fakultete za računalništvo, za katero so arhitekti izdelali 3D model, ki bi ga z veseljem uporabil za nadaljnje delo. Menim, da je obstoječa rešitev določanja položaja znotraj stavbe, seveda s predvidenimi izboljšavami, dobra dodana vrednost moderni arhitekturi in hkrati zanimiva storitev, ki sledi duhu časa in potrebam novih generacij.

7 Sklepne ugotovitve

V okviru diplomske naloge smo razvili aplikacijo, ki omogoča določanje položaja v stavbi Fakultete za računalništvo. Predhodno je bila opravljena analiza področja že razvitih tehnik določanja položaja ter možnosti, ki se ponujajo. Izbrali smo možnost uporabe tehnologije Wi-fi ter metodo unikatnega vzorca položaja (Location Fingerprinting), ker se je izkazala za najhitrejšo in hkrati najcenejšo implementacijo, saj smo lahko uporabili že obstoječo infrastrukturo, torej brez dodatnih stroškov.

Za zdaj je uporaba metode LF omejena lokalno na same stavbe, kjer jo pač razvijemo; v tem primeru je moj prispevek v tem, da sem razvil rešitev za določanje položaja na sami Fakulteti za računalništvo. V nasprotju s tehniko GPS, ki jo lahko uporabljamo za lociranje v zunanjih prostorih; metodo LF ni mogoče prenesti globalno oz. da bi jo uporabljali univerzalno kjerkoli. Izziv tako še vedno ostaja nerešen.

Če povzamemo na kratko, cilji z začetka so bili izpolnjeni, aplikacija je razvita in testirana na dveh testnih scenarijih z odstopanjem 2–5 metrov, kar je primerljivo z rezultati predhodnih študij [3]. Osebi, ki se prvič znajde na naši fakulteti, omogoča, da se lažje orientira v stavbi. Na svojem mobilnem telefonu lahko vidi svoj položaj ter hkrati, kje se nahajajo ostali prostori, kamor je namenjena. Brez dvoma, je to veliko boljše od statičnega zemljevida pritrjenega na steno, saj je predvsem hitrejša ter poteka z manj zmede.

Številne raziskave na tem področju kažejo, da ima ta metoda določanja unikatnega vzorca položaja tudi realno uporabnost, da to prenesemo v večje stavbe, kjer se srečujejo s problemom dezorientacije ljudi, kot so nakupovalna središča, veliki hoteli, muzeji, večji javni prostori itd. Prav zaradi te uporabnosti ima dober komercialni potencial, ki bi ga splačalo razvijati nadalje, seveda z bolj podrobno raziskavo trga, potreb uporabnikov ter poslovnim modelom.

Problem aplikacije je, da jo lahko uporabljajo samo uporabniki pametnih mobilnih telefonov, ki podpirajo mobilno platformo Android. Pozitivna plat tega je, da ima platforma Android že 75 % delež med pametnimi telefoni in s tem se povečuje število naprednih uporabnikov. V prihodnosti pa si bodo ljudje na splošno želeli in si hoteli olajšati življenje s podobnimi rešitvami, kot jo ponuja omenjena metoda.

Za zdaj aplikacija omogoča določanje položaja v prostoru, za nadaljnje raziskovanje in iskanje novih rešitev pa puščamo navigacijo do želene točke in morebitne izboljšave pri natančnosti določanja položaja.

Literatura

Avtorska literatura:

- [1] F. Dong, Y. Chen, J. Liu, Q. Ning, S. Piao, »A Calibration-Free Localization Solution for Handling Signal Strength Variance«, *Mobile Entity Localization and Tracking in GPS-less Environments*, Springer, Orlando, 2009, 79-90
- [2] R. Henniges, *Current approaches of Wifi Positioning*, TU-Berlin, 2012
- [3] R. Mautz, *Indoor Positioning Technologies*. Habilitation Thesis, ETH Zurich: Zurich, Switzerland, 2012.
- [4] B. Li, J. Salter, A. Dempster in C. Rizos, »Indoor positioning techniques based on wireless LAN«, *1st IEEE International Conference on Wireless Broadband & Ultra Wideband*, 2006.
- [5] V. Zuravlyov , G. Jekabsons, *Refining wi-fi based indoor positioning*. Institute of Applied Computer Systems, Riga Technical University, 2010.

Ostala literatura:

- [6] (2013) Radijski valovi - Wikipedia. Dostopno na:
http://sl.wikipedia.org/wiki/Radijski_valovi.
- [7] (2013) Location (geography) - Wikipedia. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Location_%28geography%29.
- [8] (2013) k-nearest neighbor algorithm - Wikipedia. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/K-nearest_neighbor_algorithm.
- [9] (2013) iOS - Wikipedia. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/IOS>.
- [10] (2013) Indoor Scenarios - AWE Communications. Dostopno na:
http://www.awe-communications.com/Download/Presentations/Propagation_Indoor.pdf.
- [11] (2013) iOS 6 Architecture and SDK Frameworks. Dostopno na:
http://www.techotopia.com/index.php/IOS_6_Architecture_and_SDK_Frameworks.
- [12] (2013) Specifikacije laserskega merilca razdalj Prexiso P80. Dostopno na:
http://www.prexiso.com/en/prexiso-p80_168.htm.
- [13] (2013) Location Tracking Approaches - Cisco. Dostopno na:
<http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/wifich2.html>.

[14] (2013) Worldwide Mobile Phone Market Forecast to Grow 7.3% in 2013. Dostopno na: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24302813>.

[15] (2013) Dokumentacija razreda Activity. Dostopno na: <http://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html>.

[16] (2013) Statistika Android platforme. Dostopno na: <http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>.

[17] (2013) Android (operating system) - Wikipedia, the free encyclopedia. Dostopno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Android_%28operating_system%29.

[18] (2013) Quadtree - Wikipedia, the free encyclopedia. Dostopno na: <http://en.wikipedia.org/wiki/Quadtree>.