

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Luka Svetlič

Določanje mikrolokacije na mestnih ulicah

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Luka Svetlič

Določanje mikrolokacije na mestnih ulicah

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: viš. pred. dr. Alenka Kavčič

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 distribuirana 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 distribuirata 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:

Določanje mikrolokacije na mestnih ulicah

Tematika naloge:

V okviru diplomske naloge preglejte različne načine določanja lokacije uporabnika s pomočjo pametnega telefona ter izberite pristop, ki je najprimernejši za uporabo na ulicah v mestnem okolju, brez povezave v internet. Zasnуйте mobilno aplikacijo za platformo Android, ki omogoča določanje mikrolokacije uporabnika v urbanem prostoru. Izdelano aplikacijo nadgradite v pripomoček za izvedbo eksperimenta za Hišo eksperimentov v Ljubljani, ki preko sprehoda po Osončju uporabniku slikovito prikaže razdalje med planeti in s tem izboljša uporabnikovo predstavo o oddaljenosti posameznih planetov od Sonca. Pri implementaciji rešitev posvetite potrebno pozornost tudi preprostosti in intuitivni uporabi aplikacije, saj je namenjena širši populaciji obiskovalcev Hiše eksperimentov.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Luka Svetlič sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Določanje mikrolokacije na mestnih ulicah

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom viš. pred. dr. Alenke Kavčič,
- 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 14. april 2015

Podpis avtorja:

Zahvaljujem se mentorici, viš. pred. dr. Alenki Kavčič, za vse koristne nasvete in popravke pri izdelavi diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi Hiši eksperimentov za izposojlo opreme in za posvečen čas. Posebej se zahvaljujem še moji družini, prijateljem in dekletu za podporo v času študija.

Kazalo

Povzetek

Abstract

Poglavje 1	Uvod	1
Poglavje 2	Pregled tehnologij in orodij	3
2.1	Določanje lokacije z uporabo merilca pospeškov in kompasa	3
2.2	Določanje lokacije z uporabo brezžične povezave	4
2.2.1	Radijski valovi	4
2.2.2	Razmerje moči signala.....	5
2.2.3	Vpliv okolja	5
2.2.4	Enostavno eksponentno glajenje	5
2.2.5	Vpadni kot signala in triangulacija	6
2.2.6	Razmerje moči signala in trilateracija	6
2.2.7	Enolični vzorec signala lokacije	7
2.2.8	Primerjava brezžičnih tehnologij za določanje lokacije	9
2.3	GPS	9
2.4	Kombinirane metode.....	10
2.5	Primerjava tehnologij.....	10
2.6	Uporabljena orodja.....	11
2.6.1	Android.....	11
2.6.2	Java	12
2.6.3	XML	12
2.6.4	Eclipse	13
Poglavje 3	Pozicioniranje uporabnika	15
3.1	Merjenje signala, prejetega iz dostopnih točk.....	15

3.2	Glajenje signala	16
3.3	Določitev lokacije s trilateracijo.....	16
3.3.1	Izračun oddaljenosti dostopne točke	17
3.3.2	Izračun trilateracije	17
3.4	Pridobivanje lokacije GPS.....	18
3.5	Izračun razdalje med dvema koordinatama	18
3.6	Določitev lokacije s sledenjem sprememb razmerij signalov	19
3.6.1	Izračun lege med dvema koordinatama	19
3.6.2	Razmerja prejetih signalov.....	19
3.6.3	Sprememba razmerij prejetih signalov	20
3.6.4	Določitev lokacije	20
3.7	Analiza izmerjenih signalov WiFi.....	21
3.7.1	Premikanje in mirovanje	21
3.7.2	Orientacija uporabnika	23
3.7.3	Različni sprejemniki signala	23
3.7.4	Različni oddajniki signala	24
3.8	Testiranje določanja lokacije.....	25
Poglavje 4	Izdelava aplikacije za Hišo eksperimentov	27
4.1	Vklop lokacijskih storitev	27
4.2	Sledenje uporabniku	28
4.3	Lokacije planetov	28
4.4	Prikaz trenutnega planeta	30
4.4.1	Primerjanje lokacije uporabnika z lokacijami planetov	30
4.4.2	Branje podatkov o planetih iz datoteke XML	30
4.5	Izris potovanja med planeti	31
4.5.1	Pretvorba dejanskih koordinat v koordinate za zaslon.....	31
4.5.2	Izris elementov	32
4.6	Primer uporabe aplikacije.....	33
Poglavje 5	Sklepne ugotovitve	37

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
XML	Extensible Markup Language	Razširljiv označevalni jezik
BSSID	Basic Service Set Identification	Osnovni identifikacijski niz storitev
SSID	Service Set Identification	Identifikacijski niz storitev
RSSI	Received Signal Strength Indication	Prejeta moč signala
GPS	Global Positioning System	Globalni sistem pozicioniranja
GSM	Global System for Mobile communications	Svetovni standard mobilnih komunikacij
RFID	Radio Frequency Identification	Radio frekvenčna identifikacija
FSPL	Free Space Path Loss	Izguba signala na poti v praznem prostoru
IDE	Integrated Development Environment	Integrirano razvojno okolje
JVM	Java Virtual Machine	Javanski navidezni stroj
APK	Android Application Package	Aplikacijski paket za Android
ADT	Android Development Tools	Razvojna orodja za Android
USB	Universal Serial Buss	Univerzalno serijsko vodilo

Povzetek

Cilj diplomske naloge je bil razviti Android aplikacijo za določanje mikrolokacije uporabnika na prostem. V diplomski nalogi so bile pregledane in analizirane tehnologije za določanje položaja uporabnika Android naprave. Testirane so bile tehnologije, ki za določanje lokacije uporabljajo brezžične dostopne točke. Rezultati meritev so predstavljeni in analizirani. Izdelana je bila aplikacija, v kateri sta implementirani tehnologiji za določanje lokacije z uporabo brezžičnih dostopnih točk in GPS sprejemnika. V aplikaciji je bil implementiran izračun relativnih lokacij planetov in Sonca. Razvita je bila funkcionalnost za primerjavo lokacije uporabnika z lokacijami planetov. Uporabljena funkcionalnost poda informacijo o planetih in prikaz lokacij, ki jih je uporabnik obiskal.

Ključne besede: določanje položaja uporabnika, WiFi, GPS, Android.

Abstract

The objective of the diploma thesis was to develop an Android application to determine the user's micro location outdoors. In this thesis the technologies for tracing the Android device user were reviewed and analysed. Tested were technologies, which use a wireless access points for determining the location. The measurement results are presented and analysed. An application, which implements the technology for determining the location using wireless access points and the GPS receiver, was created. The calculation of the relative locations of the planets and the Sun was implemented in the application. The functionality to compare user's location with the locations of the planets was developed. The applied functionality gives information about the planets and displays locations which the user has visited.

Keywords: determining the user's location, WiFi, GPS, Android.

Poglavje 1 Uvod

V današnjem času ima večina ljudi pametno mobilno napravo. Pametne mobilne naprave omogočajo namestitev poljubnih aplikacij, katerih število je v zadnjih letih močno naraslo. Razvoj mobilne aplikacije je omogočen vsakemu, ki ima znanje iz programiranja. Vse bolj pa je zanimivo določanje lokacije uporabnika mobilne naprave, kar odpira veliko možnosti za nudenje različnih storitev uporabniku.

Večina mobilnih naprav ima vgrajen GPS senzor za določanje lokacije preko satelitov, kar omogoča sledenje uporabniku na prostem, v zaprte prostore pa GPS signal ne prodre. Ker pa imajo mobilne naprave vgrajene še ostale senzorje, kot so merilec pospeškov, žiroskop in magnetometer ter sprejemnika WiFi in bluetooth, so se začele pojavljati tehnologije, ki uporabljajo te senzorje za natančnejše določanje lokacije uporabnika v prostorih, kjer GPS signal ne deluje.

V sklopu diplomske naloge je bilo potrebno izdelati lokacijsko zavedno aplikacijo, ki omogoča sledenje uporabniku. V ta namen smo v nalogi najprej pregledali, katere tehnologije omogočajo čim bolj natančno določanje lokacije mobilne naprave na ozkih mestnih ulicah.

Razvitih je bilo že veliko tehnologij, ki rešujejo ta problem. Izbira primerne tehnologije je odvisna od okolja izvajanja aplikacije in zelene natančnosti. Aplikacijo za določanje mikrolokacije uporabnika, ki deluje dobro v vsakem okolju, je težko narediti, ker se moramo zavedati, da se lahko okolja uporabe zelo razlikujejo. Na tem področju je potrebnih še veliko izboljšav, ki bodo v prihodnosti ustvarile nove možnosti za razvijalce aplikacij.

Obstoječe tehnologije smo primerjali med sabo in izbrali najbolj primerno. Za preizkus te tehnologije smo izdelali testno aplikacijo za določanje lokacije z uporabo brezžičnih dostopnih točk in poskušali doseči čim boljše natančnost.

Cilj te diplomske naloge je bil izdelati Android aplikacijo za Hišo eksperimentov, ki v danem trenutku pozna lokacijo uporabnika in glede na to lokacijo poda informacije uporabniku.

Aplikacija bo služila kot poizkus na ozkih mestnih ulicah v bližini Hiše eksperimentov v Ljubljani. Glavni namen aplikacije je uporabniku podati občutek oddaljenosti posameznih planetov od Sonca. S tem pristopom bo učenje mladim generacijam bolj privlačno in zabavno.

V prvem delu diplomske naloge so predstavljene tehnologije in metode za določanje lokacije. Ta del je uvod v področje in bralcu predstavi prednosti in slabosti posameznih tehnologij. Primerjava lastnosti tehnologij nam je omogočila, da smo se odločili za izdelavo tehnologije, ki uporablja določanje lokacije z uporabo moči signala iz dostopnih točk in GPS lociranje uporabnika.

V drugem delu uporabimo te tehnologije za realizacijo programa za določanje lokacije uporabnika. Tu izvedemo testiranje in analizo testiranja uporabljenih rešitev.

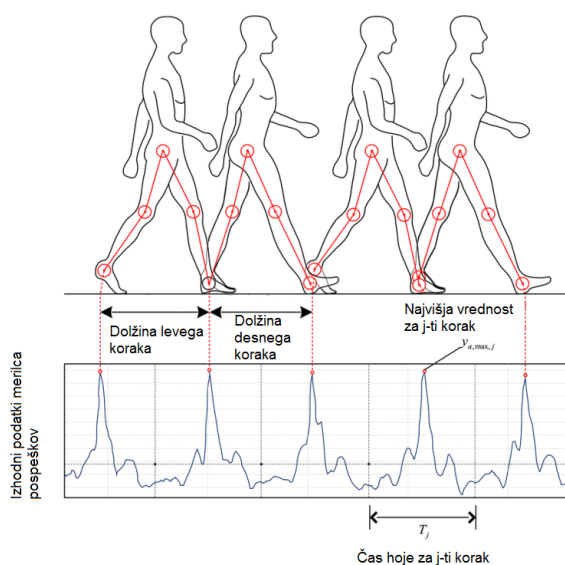
V tretjem delu diplomske naloge razvijemo aplikacijo za Hišo eksperimentov, ki uporablja preizkušene tehnike iz drugega dela, in poskušamo izpolniti zahteve aplikacije.

Poglavje 2 Pregled tehnologij in orodij

Najpogosteje uporabljene tehnologije za določanje trenutne lokacije so merilec pospeškov in kompas, dostopne točke WiFi, GPS, bluetooth, signal GSM, RFID, slikovno ujemanje in kombinirane metode. Glede na naše zahteve smo se odločili, da so najbolj primerne tehnologije dostopne točke WiFi, merilec pospeškov in kompas ter GPS. Te tehnologije smo si pogledali podrobneje in jih analizirali.

2.1 Določanje lokacije z uporabo merilca pospeškov in kompasa

Metoda v osnovi deluje na principu štetja korakov ter smeri, v katero je naprava obrnjena. Glede na dolžino korakov, število korakov in smer premika lahko ugotovimo, kolikšno pot je uporabnik prehodil. Metoda uporablja kompas za določanje smeri premika ter merilec pospeškov za štetje korakov. Ob vsakem koraku senzor zazna pospešek. Glede na velikost pospeška določi korak, kot je prikazano na spodnji sliki (Slika 2.1: Graf merilca pospeškov pri hoji.).



Slika 2.1: Graf merilca pospeškov pri hoji.

Prednost te tehnologije je v tem, da za delovanje potrebujemo le mobilno napravo, brez dodatnih zunanjih virov podatkov. Omogoča sledenje tako na prostem kot v zaprtih prostorih.

Tehnologija deluje slabo v bližini elektronskih naprav, ki proizvajajo elektromagnetno valovanje, ki povzroči napačno delovanje senzorjev v mobilni napravi. Sledenje osebi deluje le v primeru hoje, ker le tako lahko šteje korake. V primeru vožnje tehnologija ne deluje. Za vsako osebo, ki želi uporabljati to tehnologijo, moramo podati natančno dolžino koraka. Upoštevati je potrebno tudi filtriranje napačnega štetja korakov, v primeru da uporabnik naredi prestop na mestu.

Takšna tehnologija je bila uporabljena v delu »A Pedometer-Based System for Real-time Indoor Tracking on Mobile Devices« [2], kjer je opisan način implementacije in testiranje sistema. Izdelana je bila mobilna aplikacija, ki omogoča sledenje uporabniku z uporabo kompasa in merilca pospeškov. Glavni problem predstavljajo senzori, ki niso odporni na elektromagnetno valovanje in motnje bližnjih elektronskih naprav. Za izboljšanje natančnosti določanja lokacije je potrebna večkratna vmesna kalibracija senzorjev. Aplikacija, razvita v tem delu, doseže natančnost sledenja do približno 3,5 metra natančno. Ugotovljeno je bilo, da je natančnost določanja lokacije zelo odvisna od kakovosti senzorjev in da implementacija le te tehnologije za določanja mikrolokacije uporabnika ni dovolj natančna za uporabo v praksi.

2.2 Določanje lokacije z uporabo brezžične povezave

Določanje lokacije z uporabo brezžičnih dostopnih točk temelji na meritvah signala, ki potuje med oddajnikom in sprejemnikom. WiFi označuje standard IEEE 802.11 in omogoča napravam brezžično povezavo preko brezžične dostopne točke. Brezžični oddajnik pretvori podatke v radijski signal in ga pošlje preko antene v okolico. WiFi signal ima omejeno območje delovanja. Na prostem lahko signal doseže razdaljo do nekaj 100 metrov, v zaprtih prostorih pa doseže do približno 35 metrov zaradi ovir, ki ga dušijo in razpršijo.

2.2.1 Radijski valovi

Radijski valovi potujejo s svetlobno hitrostjo v vakuumu [4] in se širijo v krogih. V najboljšem primeru se razporedijo enakomerno in izgubljajo na moči z oddaljevanjem od oddajnika. Do upada moči signala pride zaradi pretvorbe energije. Moč signala v praznem prostoru upada s kvadratom razdalje. To je lastnost signala, ki jo lahko izkoristimo za določitev oddaljenosti sprejemnika od oddajnika signala.

2.2.2 Razmerje moči signala

Razmerje moči signala merimo v decibelih (dB), ki predstavljajo relativno enoto. Moč prejetega signala pogosto merimo v dBm, tako enoti dodamo predpono »-m« in nastane absolutna enota. Ta predpona predstavlja miliwatt, tako je 1 dBm približno 1,259 mW [10]. Največja moč signala, ki jo lahko sprejmemo iz oddajnika WiFi, je 100 μ W, kar je enako -10 dBm, najmanjša moč pa 0,1 pW, kar je enako -100 dBm [11].

2.2.3 Vpliv okolja

V idealnem primeru bi določanje lokacije izvajali v praznem prostoru, brez ovir med oddajnikom in sprejemnikom signala. Ker pa voda vpija signal in njegovo moč občutno zmanjša, človeško telo pa je v veliki meri sestavljeno iz vode, že uporabnik predstavlja oviro na poti signala. Poleg zmanjšanja signala predstavljajo težavo tudi odboji signala od različnih objektov kar povzroči, da signali potujejo od oddajnika do sprejemnika po različnih poteh, ki so lahko različnih dolžin. Motnje signalov povzročijo tudi druge elektronske naprave, ki oddajajo različne signale. Te motnje povzročijo nihanje signala kar predstavlja šum v izmerjenem signalu. Zaradi teh vplivov so lahko meritve signala ob različnih časih v dinamičnem okolju, na eni lokaciji, različne. (Slika 2.2).



Slika 2.2: Upad moči signala ob motnjah okolja.

2.2.4 Enostavno eksponentno glajenje

Za pridobitev natančnejše informacije o moči signala, moramo meritve večkrat ponoviti in iz meritev odstraniti šum. Ena od metod za odstranjevanje šuma iz niza signalov je enostavno eksponentno glajenje.

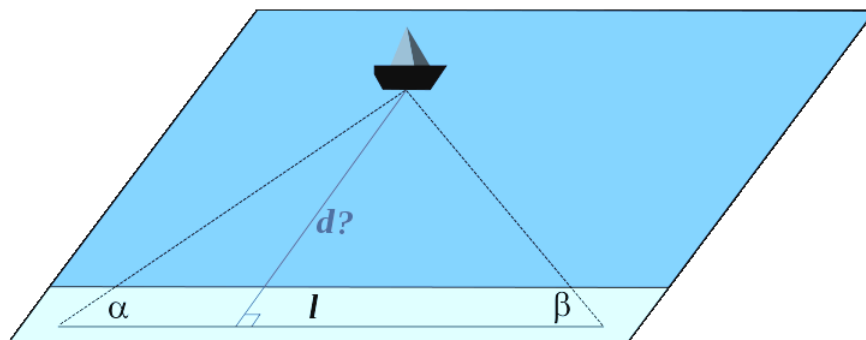
Enostavno eksponentno glajenje pri izračunu povprečne vrednosti uporablja uteži ki določajo, kateri podatki imajo večjo vrednost v izračunu. Osnovna oblika eksponentnega glajenja je predstavljena s spodnjo enačbo (2.1) [15].

$$X_t = \alpha * Y_t + (1 - \alpha) * X_{t-1} \quad (2.1)$$

V enačbi (2.1, alfa (α)) predstavlja faktor glajenja, z vrednostjo med 0 in 1. X_t je enostavno uravnoreženo povprečje trenutno opazovane vrednosti Y_t in predhodne glajene vrednosti X_{t-1} . Večja kot je vrednost faktorja α , večji vpliv na izračun imajo novejši podatki, manjšo vrednost pa starejši podatki.

2.2.5 Vpadni kot signala in triangulacija

Triangulacija določi lokacijo uporabnika z pomočjo trigonometrije. Za določitev lokacije potrebujemo dve dostopni točki z znanima lokacijama. Mobilna naprava uporabnika oddaja signal, dostopni točki pa izračunata vpadni kot sprejetega signala. Glede na ta kot in lokacijo dostopnih točk se izračuna lokacija uporabnika (Slika 2.3).



Slika 2.3: Triangulacija z znanima lokacijama točk in znanim vpadnim kotom oddajnika.

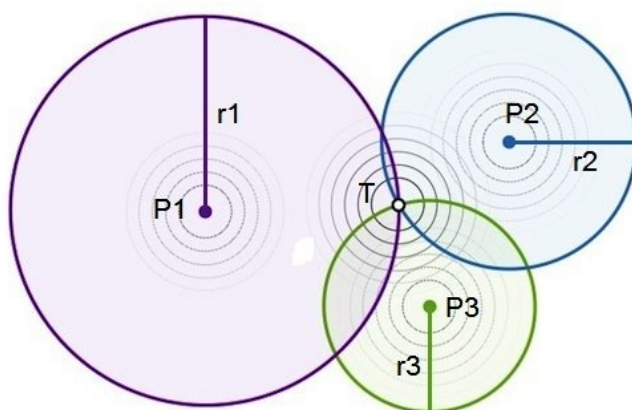
Največjo težavo pri tej metodi predstavljajo odboji, ki preusmerijo signal in povzročijo, da pride signal do sprejemnika po drugačni poti, tako je tudi vpadni kot napačen in določena lokacija ni pravilna. Za izvedbo te tehnologije je potrebno dostopnima točkama dodati strojno opremo, ki omogoča merjenje vpadnega kota signala oddajnika.

2.2.6 Razmerje moči signala in trilateracija

Metoda temelji na merjenju moči signalov, ki jih mobilna naprava sprejema iz treh brezžičnih dostopnih točk. Po metodi za trilateracijo lahko izračunamo lokacijo uporabnika.

Trilateracija je matematična metoda, ki nam omogoča določanje absolutne ali relativne lokacije točke glede na tri znane točke. Za določitev lokacije poljubne točke potrebujemo tri točke z znanimi koordinatami. Poznati moramo razdaljo od vsake točke z znanimi koordinatami do poljubne točke. Če narišemo krog s polmerom enakim tej razdalji okoli vsake znane točke, se bodo v neki točki vsi trije krogi sekali. V tej točki se nahaja iskana

točka. To metodo lahko uporabimo tudi v tridimenzionalnem prostoru, le da namesto krogov uporabimo krogle s središči v znanih točkah [8] (Slika 2.4Slika 2.4:).



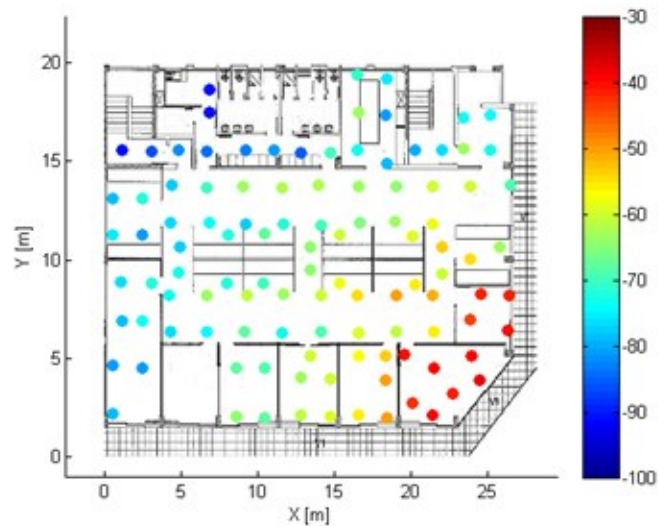
Slika 2.4: Trilateracija.

Metoda deluje dobro v odprtem prostoru. V zaprtem prostoru pa lahko prihaja do motenj.

V delu »User Position Detection In An Indoor Environment« [3] je predstavljen teoretični pristop k reševanju problema lociranja uporabnika s trilateracijo in močjo signala iz dostopnih točk. Razvita je aplikacija, ki simulira delovanje metode.

2.2.7 Enolični vzorec signala lokacije

Tehnologija deluje po principu primerjanja razmerij moči signalov na različnih lokacijah. Pri tej tehnologiji najprej pripravimo zemljevid lokacije. To naredimo tako, da izmerimo moč signalov iz najmanj treh dostopnih točk na veliko različnih lokacijah. Tako naredimo enolični vzorec signala lokacije (Slika 2.5).



Slika 2.5: Zemljevid enoličnega vzorca signala.

V podatkovni strukturi hranimo lokacije, na katerih je bil signal izmerjen, in moči signalov iz vseh dostopnih točk. Ko imamo pripravljen zemljevid lokacij, začnemo s sledenjem. Ponovno izmerimo signale dostopnih točk na trenutni lokaciji in te signale primerjamo s signali, shranjenimi v podatkovni strukturi. Tisti signal, ki se najbolj ujema s trenutno izmerjenim signalom, je najbližja lokacija trenutni lokaciji.

Ta metoda daje zelo dobre rezultate pri uporabi v zaprtih prostorih. Poleg dostopnih točk ni potrebna nobena dodatna oprema. Slabost te metode je, da moramo za vsako območje, na katerem želimo določati lokacijo uporabnika, pripraviti zemljevid signalov.

Takšna tehnologija je bila uporabljena v delu »Enhancements to the RADAR User Location and Tracking System« [1]. Za izboljšavo delovanja sta uporabljena Algoritem najbližjih sosedov in Viterbijev algoritem [13]. Algoritem hrani šest najbližjih možnih lokacij za vsako lokacijo. Naslednjo lokacijo izračuna tako, da izračuna najkrajšo pot med shranjenimi možnimi lokacijami. Nova lokacija uporabnika je zadnja lokacija najkrajše možne poti. S tem pristopom dosežejo natančnost približno 2,4 metra natančno. Ugotovljeno je tudi, da na izboljševanje lokacije vpliva število dostopnih točk. Za natančno določanje lokacije zadostujejo tri dostopne točke, saj z dodatnimi dostopnimi točkami se natančnost ne izboljšuje.

2.2.8 Primerjava brezžičnih tehnologij za določanje lokacije

Vse tri opisane brezžične tehnologije lahko primerjamo glede na njihove dobre in slabe lastnosti. Lastnosti tehnologij, ki nas najbolj zanimajo, so dobra natančnost, zanesljivo delovanje brez predhodnih kalibracij in da ne zahtevajo dodatne nadgradnje obstoječega omrežja. V tabeli Tabela 2.1 so izpostavljene prednosti in slabosti posameznih tehnologij.

Tehnologija	Prednosti	Slabosti
Vpadni kot signala in triangulacija	- lahka implementacija	- odboji spremenijo vpadni kot signala - potrebna je dodatna oprema na dostopnih točkah - poznati moramo lokacijo dostopnih točk
Moč signala in trilateracija	- prenosljivo v drugo okolje - ni potrebna dodatna oprema	- poznati moramo lokacije dostopnih točk - signal niha
Enolični vzorec signala lokacije	- natančno določanje - ni potrebna dodatna oprema	- zamudna kalibracija - za vsak prostor potrebuje zemljevid signala

Tabela 2.1: Primerjava brezžičnih tehnologij za določanje lokacije.

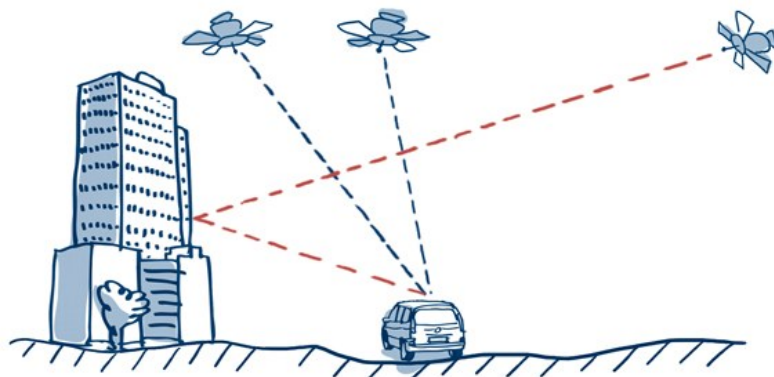
Po primerjavi brezžičnih tehnologij smo se odločili, da je za nas najbolj primerna tehnologija za določanje lokacije z uporabo moči signala in trilateracijo.

2.3 GPS

Globalni sistem pozicioniranja je navigacijski sistem, ki ga sestavlja najmanj 24 satelitov. Sateliti obkrožijo Zemljo dvakrat dnevno in omogočajo določitev lokacije kjerkoli na Zemlji. Za določitev lokacije je potrebno prejeti signal iz štirih satelitov. Čas potovanja signala določi oddaljenost sprejemnika od satelita. Sprejemnik se nahaja na presečišču štirih sfer, s središči na lokacijah satelitov in polmeri enakimi oddaljenostim sprejemnika od satelitov [5].

GPS deluje kjerkoli po svetu. Ker ima večina pametnih mobilnih naprav že vgrajen sprejemnik GPS, ne potrebujemo dodatne strojne opreme za uporabo storitve. Glavna pomanjkljivost tehnologije je to, da signal ne prodre v zaprte prostore in skozi strehe. Tako ne more določiti lokacije uporabnika v takšnih prostorih. Poleg tega sprejemnik GPS porabi veliko električne energije za delovanje v primerjavi z ostalimi tehnologijami.

Na natančnost določanja GPS lokacije vplivajo, poleg sinhronizacije ur med oddajnikom in sprejemnikom, tudi odboji signala od visokih stavb in površine, na kateri se nahaja sprejemnik. Signal GPS se od ovire odbije in pride do sprejemnika po daljši poti. Slika 2.6 prikazuje primer odboja signala GPS.



Slika 2.6: Odboj signala GPS [16].

2.4 Kombinirane metode

Kombinacija različnih metod lociranja uporabnika nam omogoča, da združimo dobre lastnosti več različnih tehnologij za lociranje. Najbolj pogosto se uporablja GPS skupaj z brezžičnimi dostopnimi točkami. GPS se uporablja na prostem, ko pa uporabnik preide v zaprt prostor, kamor signal GPS ne seže, se sledenje uporabniku nadaljuje preko brezžičnih dostopnih točk. Pogosta je tudi kombinacija brezžičnih dostopnih točk ter merilca pospeškov in kompasa. V tem primeru sta merilec pospeškov in kompas uporabljena za sledenje poti, ki jo je uporabnik prehodil, brezžične dostopne točke pa so uporabljene na nekaterih vmesnih točkah za določanje uporabnikove lokacije in kalibracijo poti.

2.5 Primerjava tehnologij

Tabela 2.2 prikazuje prednosti in slabosti vseh štirih tehnologij, ki smo jih opisali v tem poglavju. Tudi tu smo se pri pregledu lastnosti osredotočili na dobro natančnost, zanesljivo delovanje brez predhodne kalibracije in uporabo obstoječega omrežja.

Tehnologija	Prednosti	Slabosti
Merilec pospeškov in kompas	<ul style="list-style-type: none"> - ne potrebuje informacij iz zunanjih virov - deluje v zaprtih prostorih in na prostem 	<ul style="list-style-type: none"> - slabo delovanje ob elektronskih napravah - potrebno je definirati dolžino koraka za vsako osebo - napačno štetje korakov
Brezžične dostopne točke	<ul style="list-style-type: none"> - majhni stroški - večina stavb ima brezžične dostopne točke - dobra natančnost 	<ul style="list-style-type: none"> - nihanje signala
GPS	<ul style="list-style-type: none"> - ne potrebuje dodatne opreme - dobra natančnost zunaj 	<ul style="list-style-type: none"> - ne deluje v zaprtih prostorih - velika poraba električne energije - odboji signala
Kombinirane metode	<ul style="list-style-type: none"> - združuje dobre lastnosti več tehnologij 	<ul style="list-style-type: none"> - zahtevnejša implementacija

Tabela 2.2: Primerjava tehnologij določanja lokacije.

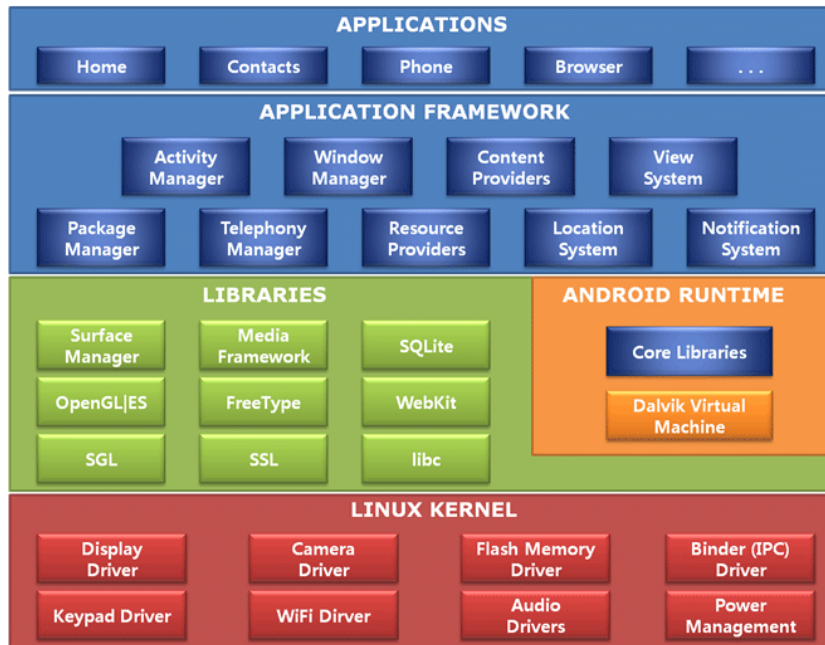
Glede na vse pregledane tehnologije smo se odločili, da je za našo aplikacijo najbolj primerna kombinacija tehnologij za lociranje uporabnika z brezžičnimi dostopnimi točkami in GPS.

2.6 Uporabljeni orodja

Odločili smo se, da razvijemo mobilno aplikacijo za operacijski sistem Android. Za razvoj te smo uporabili programska jezika Java in XML v razvojnem okolju Eclipse. V tem poglavju bomo opisali uporabljena orodja.

2.6.1 Android

Android je odprtokodni operacijski sistem, ki je nameščen na pametnih telefonih in ostalih napravah [6]. Zgrajen je na Linuxovem jedru. Sestavljen je iz štirih osnovnih plasti. Te plasti so aplikacije, aplikacijsko ogrodje, knjižnice in Linux jedro. Aplikacije so napisane v programskem jeziku Java, za izdelavo aplikacij pa se poleg nje uporablja še XML. Android aplikacije so sestavljene v paket APK. Slika 2.7 prikazuje zgradbo operacijskega sistema Android.



Slika 2.7: Arhitektura operacijskega sistema Android.

Glavna prednost sistema Android je odprtokodnost in omogočen dostop do strojne opreme, na kateri teče. Tako lahko sistem ponudi potrebne podatke, kot je moč brezžičnega signala ter dostop do ostalih senzorjev v napravi.

2.6.2 Java

Java je objektno orientiran programski jezik. Aplikacije, napisane v Javi, se lahko izvajajo na veliko različnih napravah in so neodvisne od arhitekture naprave, saj za izvajanje uporabljajo javanski navidezni stroj (JVM). Za programski jezik Java obstaja veliko knjižnic, kar poenostavi pisanje programov za sistem Android in omogoča enostavno uporabo senzorjev, ki jih vsebujejo novejši mobilne naprave.

2.6.3 XML

XML je tri črkovna okrajšava za angleški izraz Extensible Markup Language, razširljiv označevalni jezik, podoben jeziku HTML, ki nam nudi format za opisovanje strukturiranih podatkov ali arhitekture za prenos podatkov in njihovo izmenjavo med več omrežji. XML spreminja mnogo aspektov računalništva, še posebej na področju medsebojnega komuniciranja aplikacij in strežnikov. Da pa se ga tudi razširiti, saj ima namreč to možnost, da lahko sami določimo imena oznak. Zelo je uporaben za izmenjavo podatkov, saj ima zelo preprosto in pregledno zgradbo [9].

2.6.4 Eclipse

Eclipse (IDE) je integrirano razvojno okolje, ki je brezplačno dostopno. Vsebuje osnovni delovni prostor in dodatke, ki se lahko dodajo za prireditev načina razvoja aplikacij. Najbolj pogosto uporabljen programski jezik za razvoj v Eclipse je Java. Omogoča pa tudi razvoj z veliko večino drugih programskih jezikov.

Eclipse ADT (Android Development Tool) je dodatek, ki omogoča razvoj android aplikacij. Omogoča ustvarjanje novih android projektov, ustvarjenje uporabniških vmesnikov, dodajanje paketov k android aplikacijam, prevajanje aplikacij in izvoz datotek APK, ki lahko samostojno delujejo na android napravah.

Eclipse omogoča testiranje android aplikacij na mobilnih napravah Android. Napravo je potrebno preko kabla USB povezati z računalnikom, na katerem razvijamo aplikacijo. Ko aplikacijo zaženemo, se datoteka APK namesti na mobilno napravo in zažene. Naprava med izvajanjem sporoči morebitne napake, na katere aplikacija naleti. Te napake so prikazane v Eclipse, kar nam omogoča hitro odpravljanje napak.

Poglavje 3 Pozicioniranje uporabnika

V tem poglavju so predstavljene metode, ki smo jih uporabili za razvoj aplikacije za določanje lokacije in mikrolokacije uporabnika. Ker želimo, da naša aplikacija deluje na majhnih območjih enako kot na velikih, sta za implementacijo najbolj primerni tehnologiji za določanje lokacije preko brezžičnih dostopnih točk in signalom GPS. Predstavljene so tri tehnologije za določanje lokacije: lociranje s trilateracijo, s sledenjem sprememb razmerij signalov in z GPS. Izdelali smo testno aplikacijo, ki implementira opisane tehnologije. Na koncu poglavja so predstavljeni rezultati meritev brezžičnega signala in spoznanja pri testiranju določanja lokacije.

3.1 Merjenje signala, prejetega iz dostopnih točk

Za uporabo senzorjev za merjenje brezžičnega signala moramo v datoteko `AndroidManifest.xml` dodati dovoljenje, ki omogoča dostop do teh senzorjev.

```
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE" >
</uses-permission>
```

V podatkovni strukturi hranimo vse podatke, ki jih lahko pridobimo iz dostopne točke. Tabela 3.1 prikazuje imena in opis posameznih atributov, ki jih lahko pridobimo za vsako dostopno točko v dosegu naprave.

BSSID	Naslov MAC dostopne točke.
SSID	Ime dostopne točke.
capabilities	Opis načinov zaščite, ki jih dostopna točka omogoča.
frequency	Frekvenca v MHz, preko katere dostopna točka komunicira z napravo.
level	Raven moči prejetega signala iz dostopne točke v dBm, poznana tudi kot RSSI.
timestamp	Časovna značka v mikrosekundah, ki pove, kdaj so bili podatki zadnjič videni.

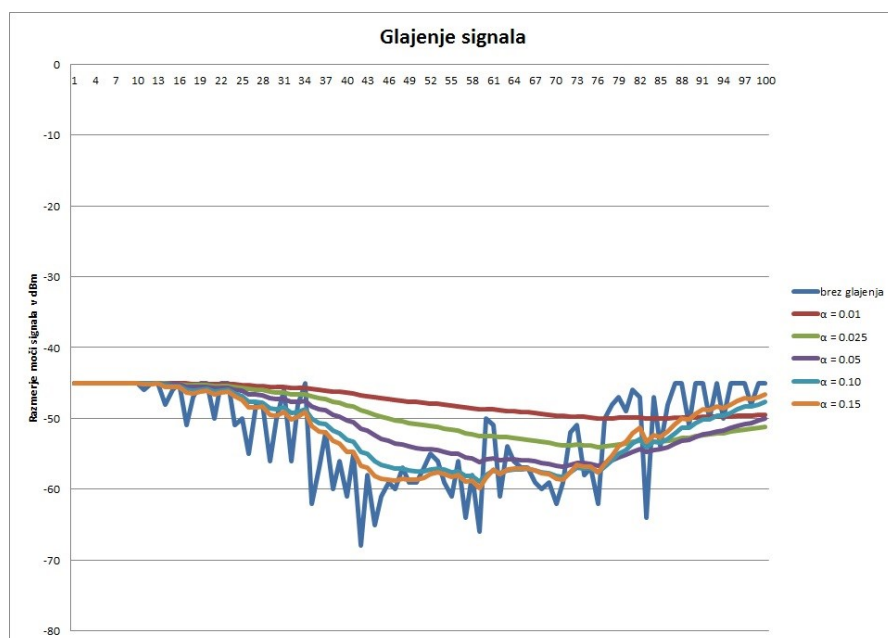
Tabela 3.1: Podatki, ki so na voljo za vsako dostopno točko v dosegu.

V enem območju je lahko več dostopnih točk z enakim imenom, zato je za hranjenje podatkov o dostopni točki potrebno uporabiti naslov MAC dostopne točke, ki je enoličen.

3.2 Glajenje signala

Ker signal med meritvami stalno niha, ga moramo zgladiti, da dobimo natančnejši rezultat meritev. Za to uporabimo enostavno eksponentno glajenje (2.2.4), ki izboljša rezultat meritev. Glajenje signala izvedemo vsake tri sekunde, ker lahko predpostavimo, da se uporabnik v treh sekundah ni premaknil za veliko razdaljo glede na predhodno lokacijo. Pri glajenju signala uporabimo, kot nov signal, mediano signalov, izmerjenih v zadnji sekundi pred glajenjem.

Na spodnji sliki (Slika 3.1) je prikazano glajenje signala ob izvedbi sto meritev ob premikanju. Za glajenje so bile uporabljene različne vrednosti konstante alfa (α), kot je opisano v legendi na sliki.



Slika 3.1: Glajenje signala.

3.3 Določitev lokacije s trilateracijo

Za določitev lokacije z uporabo trilateracije moramo najprej izračunati oddaljenost uporabnika od vsake od treh dostopnih točk. Nato po metodi za izračun trilateracije določimo lokacijo uporabnika.

3.3.1 Izračun oddaljenosti dostopne točke

S pomočjo matematike in fizike lahko iz razmerja moči signala izračunamo razdaljo med oddajnikom in sprejemnikom. Pri računanju razdalje predpostavimo, da je prostor prazen, v realnem svetu pa po navadi temu ni tako, ker so na poti ovire.

Razmerje moči signala je odvisno od frekvence signala in razdalje med oddajnikom in sprejemnikom [12]. Razdaljo med oddajnikom in sprejemnikom lahko izračunamo po modelu za izračun izgub signala na prenosni poti (3.1) [12]:

$$FSPL = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K \quad (3.1)$$

Pri tem je d razdalja v metrih med oddajnikom in sprejemnikom signala, f je frekvenca signala v megahercih, FSPL je izguba moči signala na poti v dB, K pa je konstanta, ki je odvisna tudi od enot, ki jih uporabljamo za d in f . V našem primeru je ta konstanta enaka -27,55.

Za izračun razdalje med oddajnikom in sprejemnikom smo morali iz formule izpeljati d in formulo pretvoriti v javansko kodo. Rezultat je prikazan spodaj:

```
public double calculateDistance(double signalLevelInDbm, double freqInMHz) {  
    double exp = (27.55 - (20 * Math.log10(freqInMHz)) + Math.abs(signalLevelInDb)) / 20.0;  
    return Math.pow(10.0, exp);  
}
```

Metoda izračuna oddaljenost sprejemnika od oddajnika glede na prejeto raven signala in frekvenco signala. Kot rezultat nam metoda vrne razdaljo v metrih.

3.3.2 Izračun trilateracije

Za izračun trilateracije morajo biti lokacije dostopnih točk znane. Te lokacije lahko pridobimo iz zemljevida Google in so podane v obliki zemljepisne širine in zemljepisne dolžine.

Za oddaljenost uporabnika od dostopne točke uporabimo razdaljo, ki smo jo izračunali iz izmerjene moči signala in frekvence.

Za izračun trilateracije moramo najprej pretvoriti razdaljo v metrih v enote za zemljepisno širino in zemljepisno dolžino [14]. Nato lahko po metodi za trilateracijo izračunamo

presečišče treh krogov z znanimi središči in polmeri [8]. Ob izračunu trilateracije metoda poda rezultat v obliki zemljepisne širine in zemljepisne dolžine lokacije uporabnika.

3.4 Pridobivanje lokacije GPS

Za uporabo GPS sprejemnika moramo v datoteko Manifest.xml dodati dovoljenje za dostop do senzorja.

```
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION">
</uses-permission>
```

Uporabili smo paket android.location, ki omogoča enostavno pridobivanje lokacije preko GPS sprejemnika. Potrebno je le nekaj klicev metod za pridobitev podatkov o zemljepisni širini in zemljepisni dolžini lokacije, na kateri se uporabnik nahaja. Tako kot pri WiFi prejemanju signala, moramo tudi pred GPS izvedbo zahteve za pridobivanje lokacije mobilne naprave preveriti, če je GPS sprejemnik omogočen. V primeru, da GPS sprejemnik ni omogočen, pozovemo uporabnika, da ga omogoči. Ko je GPS sprejemnik vključen, lahko začnemo slediti uporabniku. Pridobivanje GPS lokacije se izvaja ciklično.

3.5 Izračun razdalje med dvema koordinatama

Ker je Zemlja okrogla, se za izračun razdalje med dvema točkama na Zemlji uporabi drugačna formula kot za izračun razdalje v ravnini. Za ta izračun je uporabljena formula Haversine [7], ki zajema enačbe (3.2), (3.3) in (3.4), kot sledi:

$$a = \sin^2(\Delta\varphi/2) + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2) \quad (3.2)$$

$$c = 2 \cdot \operatorname{atan2} \left(\sqrt{a}, \sqrt{1-a} \right) \quad (3.3)$$

$$d = R \cdot c \quad (3.4)$$

V zgornjih enačbah je φ_1 zemljepisna širina prve točke, φ_2 zemljepisna širina druge točke, $\Delta\varphi$ je razlika med zemljepisnima širinama teh dveh točk, $\Delta\lambda$ je razlika med zemljepisnima dolžinama prve in druge točke, R je polmer Zemlje, ki je v povprečju 6371 km, d pa je razdalja, ki jo dobimo kot rezultat izračuna v kilometrih.

3.6 Določitev lokacije s sledenjem sprememb razmerij signalov

Za določitev lokacije moramo slediti spremembam razmerij signalov med pari dostopnih točk. Poznati moramo lokacije vseh treh dostopnih točk, da izračunamo lego vsake dostopne točke.

3.6.1 Izračun lege med dvema koordinatama

Lego med dvema točkama na zemlji (angl. *bearing*) določa kot v smeri urinega kazalca med premico, ki jo določata prva točka in severni tečaj, ter premico, ki jo določata prva in druga točka. Lego izračunamo po naslednji enačbi [7]:

$$\theta = \text{atan2}(\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_2, \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \Delta\lambda) \quad (3.5)$$

V enačbi (3.6) je φ_1 zemljepisna širina prve točke, φ_2 zemljepisna širina druge točke, $\Delta\lambda$ je razlika med zemljepisnima dolžinama prve in druge točke, θ pa je kot med premicama, ki ga poda izračun.

3.6.2 Razmerja prejetih signalov

Ob meritvah signalov iz treh dostopnih točk bo najmočnejši signal prejet iz najbližje dostopne točke. Signal prejet iz ostalih dostopnih točk, ki se nahajajo dlje od prejemnika, pa bo šibkejši.

Če tri dostopne točke razdelimo v tri skupine, ki združujejo pare teh dostopnih točk, lahko izračunamo za vsak par razmerje med njunima signaloma. To razmerje se med premikanjem, oziroma oddaljevanjem od ene točke in približevanjem drugi točki, spreminja. Razmerje izračunamo po enačbi za izračun deleža, kot je prikazano spodaj v enačbi (3.7).

$$R_{AB} = \frac{S_A}{S_A + S_B} \quad (3.7)$$

Tu predstavlja R_{AB} delež signala iz dostopne točke A, S_A predstavlja signal iz dostopne točke A, S_B pa signal iz dostopne točke B. V primeru, da nas zanima tudi delež signala iz dostopne točke B, moramo delež signala R_{AB} odšteti od celote signalov S_A in S_B (3.8).

$$R_{BA} = 1 - R_{AB} \quad (3.8)$$

Postopek ponovimo še za ostala dva para dostopnih točk, da dobimo vsa razmerja signalov.

3.6.3 Sprememba razmerij prejetih signalov

Kot smo že omenili, se razmerja med prejetimi signali spreminjajo med premikanjem. Če spremljamo premik osebe iz ene lokacije na drugo, bomo opazili, da se spremenijo razmerja signalov med pari dostopnih točk v odvisnosti od dolžine in smeri premika osebe. V primeru da bo premik velik, bo tudi sprememba razmerij velika, če bo premik majhen, bo sprememba razmerij majhna, v primeru da se oseba ne bo premaknila, pa bo sprememba razmerij enaka nič.

Spodnja enačba (3.9) prikazuje izračun spremembe razmerja ΔR_{AB} med dostopnima točkama A in B ob času t in $t-1$.

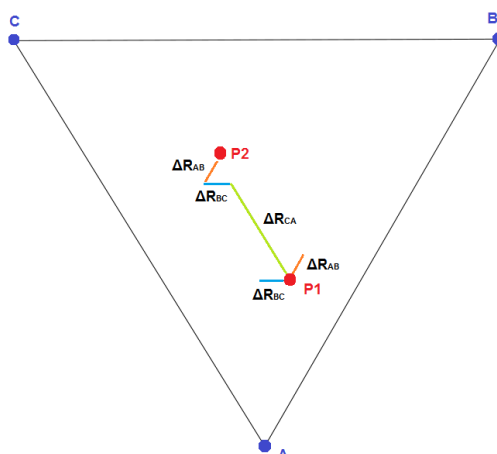
$$\Delta R_{AB} = R_{AB}(t) - R_{AB}(t - 1) \quad (3.9)$$

Izračun je potrebno opraviti za vse tri pare dostopnih točk. Tako lahko ugotovimo, proti kateri dostopni točki se je uporabnik premaknil.

3.6.4 Določitev lokacije

S sledenjem sprememb razmerij signalov in poznavanjem lokacij dostopnih točk lahko določimo relativno lokacijo premika uporabnika glede na začetno lokacijo.

Spremembe razmerij med pari dostopnih točk nam podajo tri vektorje, ki imajo dolžino enako spremembi razmerja. Vsak vektor kaže iz smeri prve dostopne točke proti drugi dostopni točki, v parih točk. V primeru, da je sprememba razmerja negativna, se smer vektorja obrne. Smer vektorja med pari dostopnih točk lahko izračunamo po metodi za izračun lege med dvema dostopnima točkama z znanima zemljepisnima dolžinama in širinama. Za določitev nove lokacije moramo vektorje sešteti, tako dobimo nov vektor, ki kaže novo lokacijo.



Slika 3.2: Sledenje spremembam razmerij.

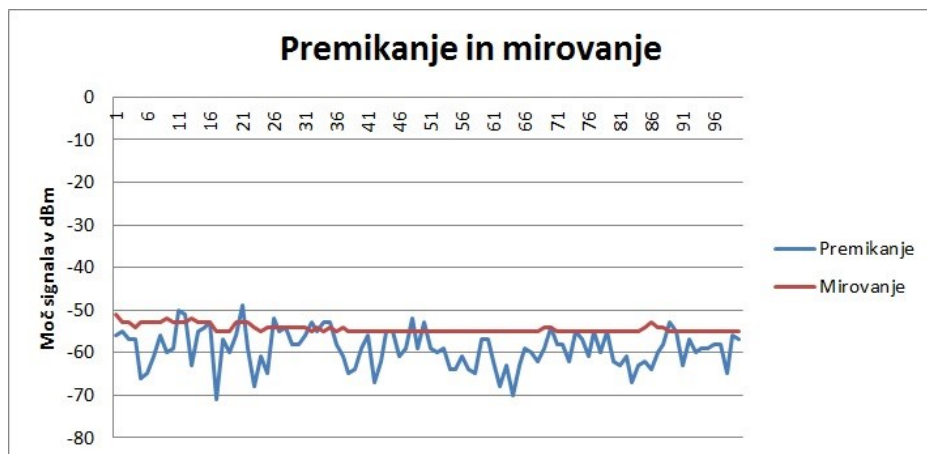
Zgornja slika (3.2) prikazuje vektorje z dolžinami, enakimi spremembam razmerij, in smerni, enakimi daljicam med pari dostopnih točk. P1 je predhodna lokacija, P2 je nova lokacija, A, B in C so tri dostopne točke, ΔR pa je sprememba razmerja signala med pari točk.

3.7 Analiza izmerjenih signalov WiFi

Izvedli smo poizkus merjenja moči signalov po štirih različnih scenarijih. V vseh primerih smo izvedli sto meritev signala.

3.7.1 Premikanje in mirovanje

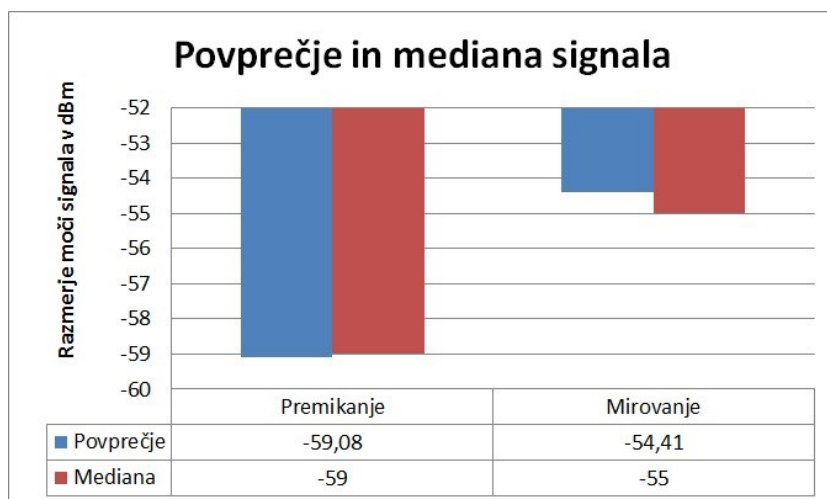
V prvem poizkusu smo izvedli sto meritev signala ob mirovanju in nato še ob premikanju uporabnika. Oddaljenost od oddajnika je bila v obeh primerih enaka. Spodnja slika (Slika 3.3) prikazuje razliko v nihanju signala ob premikanju in mirovanju.



Slika 3.3: Primerjava nihanja signala v premikanju in mirovanju.

Iz slike je razvidno, da signal ob premikanju veliko bolj niha kot ob mirovanju. Poleg tega je izmerjeni signal ob premikanju v večini šibkejši kot signal v mirovanju.

Iz izmerjenih signalov smo nato izračunali povprečje in mediano ter dobljene vrednosti primerjali. Na spodnji sliki (Slika) je prikazana razlika med dobljenimi vrednostmi.



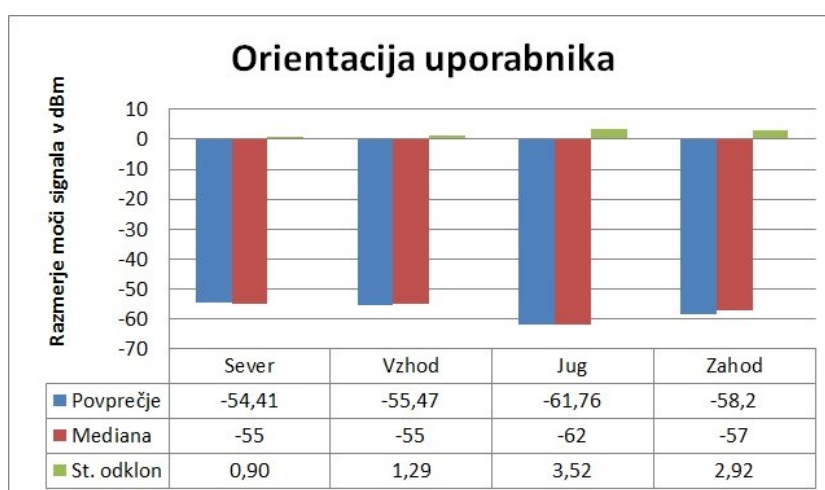
Slika 3.4: Povprečje in mediana signalov premikanja in mirovanja.

Na sliki (Slika 3.4) lahko vidimo, da je razlika med močjo signalov približno 4 dBm. V našem primeru je bila razlika ob uporabi mediane nekoliko manjša kot ob uporabi povprečja. Mediana filtrira skrajne vrednosti signalov, ki nastanejo ob nihanju signala, in tako imajo te vrednosti manj vpliva na srednjo vrednost.

Izračunali smo še standardni odklon pri premikanju in mirovanju. Pri premikanju je bil standardni odklon približno 4,45 dBm, pri mirovanju pa 0,89 dBm.

3.7.2 Orientacija uporabnika

V drugem poskusu smo signal izmerili stokrat v vsako smer. Oddajnik signala je bil postavljen severno od uporabnika. Ob vseh meritvah je bil uporabnik enako oddaljen od oddajnika. Izračunali smo povprečje in mediano signalov in primerjali vrednosti, kot prikazuje Slika .

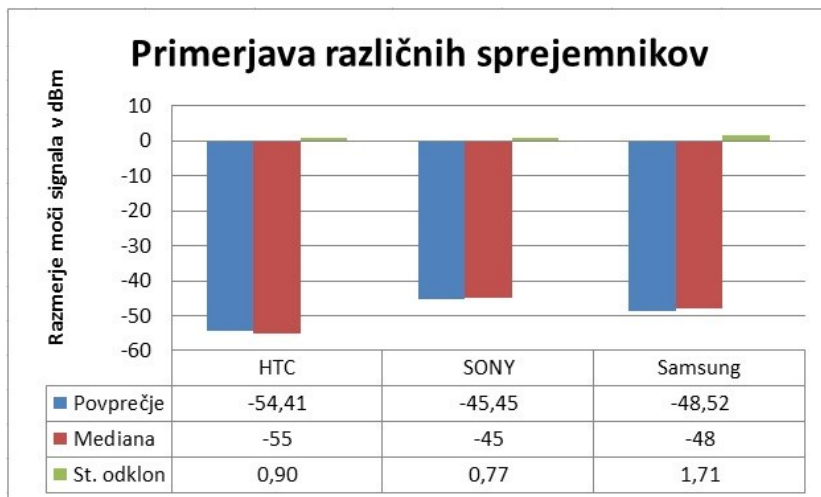


Slika 3.5: Moč signala ob različnih orientacijah.

S slike (Slika) je razvidno, da orientacija uporabnika vpliva na moč izmerjenega signala. Največja razlika moči signalov je med izmerjenim signalom, ko je uporabnik obrnjen proti oddajniku, in signalom, ko je uporabnik obrnjen stran od oddajnika. V našem primeru je bila največja razlika približno 7 dBm. Standardni odklon je bil v primeru, ko je bil uporabnik obrnjen proti dostopni točki 0,9 dBm, v primeru ko je bil uporabnik obrnjen stran od dostopne točke, pa 3,52 dBm.

3.7.3 Različni sprejemniki signala

V tem poskusu smo za merjenje signala uporabili tri različne mobilne naprave. Oddajnik signala je bil v vseh primerih enak, prav tako tudi oddaljenost uporabnika od oddajnika. Izvedli smo sto meritev na vsaki mobilni napravi in primerjali dobljene rezultate. Spodnja slika (Slika) prikazuje povprečne vrednosti signalov, mediano in standardni odklon.



Slika 3.6: Primerjava moči signala na različnih napravah.

V poizkusu je bilo ugotovljeno, da se moč sprejetega signala na različnih napravah, ki so enako oddaljene od oddajnika, razlikuje. Največja razlika v našem primeru je bila 10 dBm.

3.7.4 Različni oddajniki signala

V četrtem poizkusu smo opravili merjenje signala iz treh različnih oddajnikov. Opravljenih je bilo sto meritev signala za vsak oddajnik. V vseh primerih je bil sprejemnik signala enako oddaljen od oddajnika. Iz dobljenih signalov smo izračunali povprečje in mediano in rezultate primerjali, kot kaže spodnja slika (Slika).



Slika 3.7: Primerjava moči signalov, sprejetih iz različnih oddajnikov.

Ugotovljeno je bilo, da različni oddajniki oddajajo signal z različnimi močmi. V tem primeru je bila največja razlika med najmanjšo močjo in največjo močjo 9 dBm.

3.8 Testiranje določanja lokacije

Testirali smo določanja lokacije z dvema različnima tehnologijama in primerjali rezultate. Najprej smo za določanje lokacije uporabili trilateracijo, nato pa še sledenje sprememb razmerij signalov. Postavili smo tri dostopne točke na znane lokacije. Za dostopne točke smo uporabili tri brezžične oddajnike različnih proizvajalcev. Kot sprejemnik signala je bil uporabljen mobilni telefon proizvajalca Sony Ericsson z operacijskim sistemom Android. Dostopne točke so bile postavljene na različnih višinah, oddaljenost med njimi pa je bila približno trinajst metrov.

Testiranje smo izvedli večkrat nato pa primerjali pridobljene lokacije, in dejanske lokacije. Povprečna napaka izračunane lokacije s trilateracijo je bila v najboljšem primeru približno 7 metrov. Pri določanju lokacije s sledenjem sprememb razmerij signalov je bila napaka v najboljšem primeru približno 5 metrov.

Med testiranjem je bilo ugotovljeno, da na določanje lokacije vplivajo osebe, ki se gibljejo v tem območju. V primeru, ko se ena oseba nahaja med oddajnikom in sprejemnikom signala, se moč signala občutno zmanjša in izračunana oddaljenost sprejemnika od oddajnika je približno za štiri metre večja. V primeru, ko je med oddajnikom in sprejemnikom stena, se signal ponovno občutno zmanjša. Poleg tega na določanje lokacije vpliva tudi višina postavitve dostopnih točk in specifikacije dostopnih točk. Ugotovili smo tudi, da je v primeru, ko je oseba na mestu, izračunana lokacija natančnejša kot v primeru, ko se oseba giblje.

Poglavje 4 Izdelava aplikacije za Hišo eksperimentov

Potrebno je izdelati mobilno aplikacijo za Hišo eksperimentov, ki simulira oddaljenost planetov od Sonca in poenostavi razlago dejanskih razdalj med planeti v vesolju. Uporabnik bo namestil aplikacijo na svojo mobilno napravo z operacijskim sistemom Android. Izdelana aplikacija mora biti čim bolj neodvisna od okolice. Tudi same oddaljenosti morajo biti poljubne in neomejene.

Aplikacija bo služila kot poizkus, ki se bo pričel pred Hišo eksperimentov, končal pa na neki oddaljeni lokaciji stran od Hiše eksperimentov. Uporabnik bo določil oddaljenost Zemlje od Hiše eksperimentov, ki bo predstavljala Sonce. Glede na to oddaljenost se bodo izračunale oddaljenosti ostalih planetov od Sonca. Uporabnik bo nato moral poiskati ostale planete. Ko bo našel poljuben planet, se mu bodo izpisali podatki o tem planetu. Med potovanjem uporabnika med planeti se bo shranjevala pot, ki jo bo uporabnik prehodil. Med izvajanjem poizkusa si bo lahko uporabnik ogledal pot, ki jo je prehodil, in tako lažje ugotovil, v katero smer mora, da bo prišel do naslednjega planeta.

Za določanje lokacije uporabnika glede na Sonce sta uporabljene tehnologiji za merjenje moči brezžičnega signala in GPS. V območju Hiše eksperimentov se nahajajo tri dostopne točke z znanimi lokacijami, ki so vedno na voljo. V primeru, ko je uporabnik v dosegu brezžičnega signala, se bo za določitev lokacije uporabljala moč signala dostopnih točk. Ko uporabnik preide v območje, kjer brezžični signal ni dostopen, se uporabi lokacija iz sprejemnika GPS. Za izris poti, ki jo je uporabnik prehodil, so v celoti uporabljene lokacije, pridobljene iz sprejemnika GPS.

4.1 Vklop lokacijskih storitev

Ker je aplikacija namenjena izvajanju na sodobnih Android napravah, lahko predpostavimo, da ima naprava vgrajena sprejemnika WiFi in GPS. Za uporabo teh storitev morata biti oba sprejemnika omogočena s strani uporabnika. V primeru, da storitvi nista vključeni, aplikacija ne bo delovala.

Ob začetku izvajanja aplikacije je potrebno preveriti, če sta storitvi omogočeni. V nasprotnem primeru, moramo obvestiti uporabnika in ga pozvati, da storitvi omogoči. Za prikaz obvestila smo uporabili razred AlertDialog, kot je prikazano na spodnji sliki (Slika 4.1).



Slika 4.1: Opozorilo uporabniku o zahtevanih storitvah.

Ob kliku na gumb Omogoči je uporabnik preusmerjen v nastavitve mobilne naprave, kjer lahko ročno omogoči storitvi. V primeru, da uporabnik ne želi omogočiti storitev in klikne gumb Zapri aplikacijo, se izvajanje aplikacije konča.

4.2 Sledenje uporabniku

V bližini Hiše eksperimentov se nahajajo tri dostopne točke z znanimi lokacijami. Izvajanje aplikacije se vedno prične v neposredni bližini Hiše eksperimentov, ki predstavlja Sonce. Za določanje mikrolokacije uporabnika, ko se ta nahaja v dosegu treh dostopnih točk, smo uporabili določanje lokacije s sledenjem sprememb razmerij signalov teh treh dostopnih točk. Ker nas zanima oddaljenost uporabnika od sonca, se ciklično izračunava oddaljenost uporabnika od začetne točke sledenja uporabniku.

Ker določanje lokacije s to tehnologijo, zunaj dosega signala treh dostopnih točk ni mogoče, smo za določanje lokacije zunaj tega območja uporabili signal GPS. Ob tem se ciklično izračunava oddaljenost uporabnika od Sonca z uporabo metode za izračun razdalje med dvema lokacijama (3.5).

4.3 Lokacije planetov

Aplikacija hrani podatke o razmerjih oddaljenosti planetov od Sonca (Slika 4.2).



Slika 4.2: Oddaljenosti planetov od Sonca.

Sonce ima razmerje 0, Zemlja pa 1. To pomeni, da je Zemlja oddaljena od Sonca za eno enoto. Ostali planeti so oddaljeni od Sonca za toliko enot, kolikor je njihovo razmerje (Tabela 4.1).

	Merkur	Venera	Zemlja	Mars	Jupiter	Saturn	Uran	Neptun	Pluton
Oddaljenost od Sonca	0,387	0,723	1	1,524	5,203	9,539	19,182	30,06	39,53

Tabela 4.1: Oddaljenosti planetov.

Ob pričetku izvajanja eksperimenta se uporabnik nahaja na začetni točki v neposredni bližini dostopne točke Sonce. Z uporabo tehnologije določanja lokacije s sledenjem sprememb razmerij signalov sledimo premikom uporabnika. Lokacijo Zemlje določi uporabnik s klikom na gumb. Ob kliku se izračuna oddaljenost uporabnika od Sonca v danem trenutku. Istočasno se izračuna tudi razdalja med lokacijo dostopne točke Sonce in lokacijo uporabnika, pridobljeno iz sprejemnika GPS. Tudi ta razdalja predstavlja oddaljenost Zemlje od Sonca. To oddaljenost Zemlje uporabimo v primeru, ko je uporabnik zunaj dosega signala dostopne točke Sonce.

Oddaljenosti ostalih planetov so izračunane tako, da je njihovo razmerje pomnoženo z na začetku določeno oddaljenostjo Zemlje od Sonca, kot kaže enačba (4.1).

$$\text{OddaljenostPlaneta} = \text{razmerjePlaneta} * \text{oddaljenostZemlje} \quad (4.1)$$

Oddaljenosti planetov od Sonca hranimo v podatkovni strukturi za vsak planet posebej.

4.4 Prikaz trenutnega planeta

Ko so lokacije planetov določene, se prične izvajati primerjava med trenutno oddaljenostjo uporabnika od Sonca in oddaljenostjo planetov od sonca.

4.4.1 Primerjanje lokacije uporabnika z lokacijami planetov

Oddaljenost uporabnika od dostopne točke Sonce se ciklično izračunava. V primeru, da je uporabnik izven dosega signalov dostopnih točk, se za oddaljenost od Sonca uporabi izračunana oddaljenost lokacije, pridobljene iz signala GPS.

Ko se oddaljenost uporabnika ujema z oddaljenostjo planeta, aplikacija sporoči uporabniku, kateri planet se nahaja na tem mestu. Da aplikacija deluje boljše, smo določili, da je velikost planetov enaka dvajsetim odstotkom razdalje med Soncem in Zemljo. Tako se lahko uporabnik nahaja v tolerančni oddaljenosti od središča planeta in aplikacija uporabniku sporoči, da je na planetu. V primeru, da se v tem območju nahaja več planetov, aplikacija določi, da se uporabnik nahaja na tistem planetu, do katerega ima najmanjšo oddaljenost. V aplikaciji niso upoštevana dejanska razmerja velikosti planetov, ker so razlike v velikostih zelo velike in bi to poslabšalo delovanje aplikacije.

4.4.2 Branje podatkov o planetih iz datoteke XML

Poleg imena planeta so uporabniku podani še ostali podatki o tem planetu, ki jih hranimo v datoteki XML, za vsak planet posebej.

Slika 4.3 prikazuje, kako so v naši datoteki opisani podatki o planetih.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<planeti>
  <planet>
    <ime>Merkur</ime>
    <polmer UNITS="km">2.440</polmer>
    <masa UNITS="kg">328,5e21</masa>
    <oddaljenost UNITS="km">57.910.000</oddaljenost>
    <lune>nič</lune>
  </planet>
  <planet>
    <ime>Venera</ime>
    <polmer UNITS="km">6.052</polmer>
    <masa UNITS="kg">4,867e24</masa>
    <oddaljenost UNITS="km">108.200.000</oddaljenost>
    <lune>nič</lune>
  </planet>
</planeti>
```

Slika 4.3: Podatki o planetih v datoteki XML.

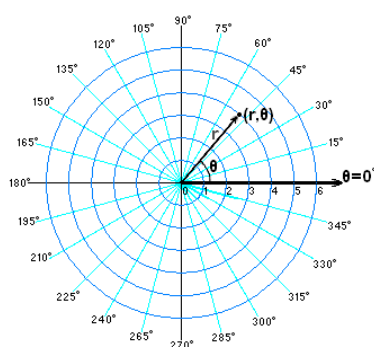
Za razčlenitev podatkov v datoteki smo uporabili XmlPullParser. To je vmesnik, ki omogoča razčlenitev datoteke XML, da pridobimo podatke, ki jih hrani. Podatke preberemo iz datoteke in nato shranimo v tabelo podatkovnega tipa Planet. Planet je razred, ki smo ga ustvarili za hranjenje podatkov o planetu.

4.5 Izris potovanja med planeti

Ko uporabnik določi lokacijo Zemlje, aplikacija prične shranjevati lokacije, ki jih je uporabnik obiskal. Lokacija je shranjena v primeru, ko ni enaka predhodni lokaciji. To prepreči podvajanje shranjenih lokacij. Uporabnik ima možnost ogleda poti, ki jo je prehodil. Za prikaz poti smo ustvarili nov pogled, ki ga uporabnik odpre s klikom na gumb Ogled potovanja. Medtem ko si uporabnik ogleduje prehojeno pot, se istočasno v ozadju izvaja beleženje lokacij.

4.5.1 Pretvorba dejanskih koordinat v koordinate za zaslon

Za preslikavo dejanskih lokacij uporabnika na zaslon je uporabljen polarni koordinatni sistem (Slika 4.4).



Slika 4.4: Polarni koordinatni sistem.

Središče koordinatnega sistema predstavlja Sonce. Izračunati je potrebno razdaljo med lokacijo Sonca in lokacijo uporabnika. Izračunamo jo po metodi za izračun razdalje med dvema lokacijama na Zemlji, kot je opisano v poglavju 3.5. Izračunati moramo še lego ene lokacije glede na drugo po enačbi (3.5).

Ko sta izračunana oddaljenost in kot med tema lokacijama, aplikacija izračuna x in y koordinati, ki sta lahko uporabljeni v Kartezičnem koordinatnem sistemu. Za izračun uporabimo formuli (4.2) in (4.3):

$$X = d * \cos \theta \quad (4.2)$$

$$Y = d * \sin \theta \quad (4.3)$$

Kjer je d razdalja med dvema točkama, θ pa kot med tema dvema točkama. S koordinatami v takšni obliki lahko shranjene lokacije izrišemo na zaslon mobilne naprave.

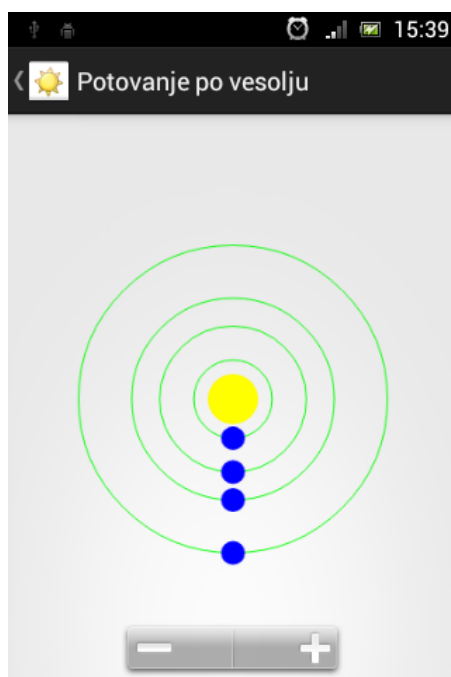
4.5.2 Izris elementov

Za prikaz planetov, tirnic planetov in poti, ki jo je uporabnik prehodil, smo uporabili prikaz `ImageView`. Temu prikazu smo dodali objekt `Canvas`, ki omogoča risanje osnovnih gradnikov. Primer klica metode za izris kroga je prikazan spodaj:

```
canvas.drawCircle(xkoordinata, ykoordinata, premer, stil);
```

Metodi je potrebno podati lokaciji na zaslonu v smeri x osi in y osi, podati je potrebno premer in stil, ki zajema barvo ter druge lastnosti po želji.

Po klicu več metod, kot je prikazano zgoraj, se na zaslonu izriše slika, kot je prikazano na spodnji sliki (Slika 4.5).



Slika 4.5: Izris planetov na zaslonu.

V središču zaslona se nahaja točka, ki predstavlja Sonce. Okrog Sonca aplikacija izriše tirnice ostalih planetov ter planete. V enem zaslonem prikazu ne moremo prikazati vseh planetov istočasno, ker bi v tem primeru bili planeti blizu Sonca prikazani vsi kot ena sama pika. V ta namen so lokacije planetov in lokacije prehojene poti pomnožene s faktorjem približevanja, ki ga lahko z gumbom, ki je prikazan v spodnjem delu Slika 4.5, spreminjamo in tako zasloni prikaz povečamo ali pomanjšamo.

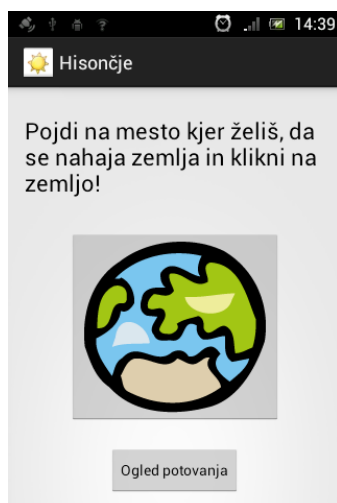
4.6 Primer uporabe aplikacije

V našem primeru dostopna točka v Hiši eksperimentov predstavlja Sonce in tako središče osončja. Aplikacija sporoči uporabniku, naj se premakne v bližino Sonca. Uporabnik se mora ob začetku izvajanja poizkusa premakniti na Sonce. Ko je izmerjena oddaljenost mobilne naprave od Sonca manjša kot dva metra, aplikacija prikaže sporočilo, da je uporabnik obiskal Sonce (Slika 4.6).



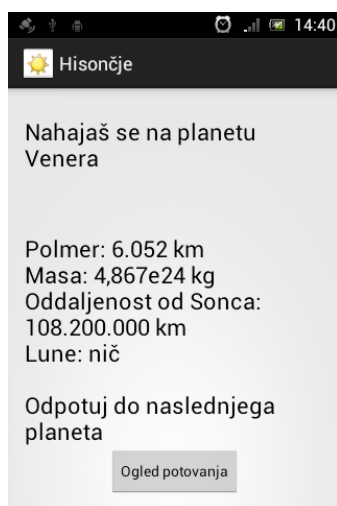
Slika 4.6 Prvi prikaz (Sonce).

V naslednjem koraku mora uporabnik določiti še mesto Zemlje. Ko se uporabnik premakne z lokacije Sonca, se v aplikaciji prikaže gumb Zemlja, ki ob kliku shrani trenutno oddaljenost od Sonca v spremenljivko, ki predstavlja oddaljenost Zemlje od Sonca (Slika 4.7).



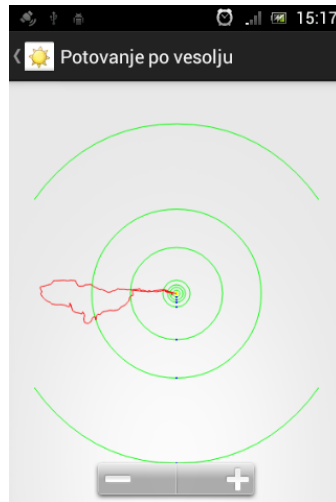
Slika 4.7: Drugi prikaz (Zemlja).

Ko je določeno mesto Zemlje, aplikacija sporoči uporabniku, naj se sprehodi do poljubnega planeta. Ko se uporabnik približuje poljubnemu planetu, mu aplikacija sporoči, kateri planet je v danem trenutku najbližji. Ko se uporabnik nahaja na lokaciji nekega planeta, mu aplikacija to sporoči, poleg tega pa mu poda še podatke o planetu (Slika 4.8).



Slika 4.8: Prikaz s podatki o planetu.

Z klikom na gumb Ogled potovanja se odpre nov pogled, ki prikazuje pot med planeti, ki jo je prehodil uporabnik. Pot je preslikana na shemo osončja. V pogledu je omogočeno tudi približevanje in oddaljevanje pogleda za podrobnejši pregled poti (Slika 4.9).



Slika 4.9: Prikaz potovanja med planeti.

Poglavje 5 Sklepne ugotovitve

V diplomski nalogi so bile pregledane tehnologije, ki omogočajo določanje lokacij in mikrolokacij. Razvita je bila aplikacija, ki poenostavi razlago oddaljenosti planetov od Zemlje in poda informacije o planetih. V aplikaciji smo implementirali dve tehnologiji: sledenje spremembam razmerij signalov in GPS določanje lokacije uporabnika. Glavni prispevek diplomske naloge je bila implementacija določanja lokacije in mikrolokacije z uporabo različnih tehnologij. Razvita aplikacija je bila nadgrajena tako, da omogoča podajanje uporabniku informacijo o oddaljenostih planetov od sonca.

Ugotovljeno je bilo, da uporaba moči signalov za izračun trilateracij ni dovolj zanesljiva za uporabo pri določanju mikrolokacije, ker signali zaradi različnih vplivov okolice preveč nihajo. Določitev lokacije s sledenjem spremembam razmerij signalov iz treh dostopnih točk se je izkazala za bolj učinkovito. Napaka lokacije GPS je odvisna od odprtosti okolja in v našem primeru deluje dobro. Tehnologijo GPS je bilo veliko lažje implementirati kot določanje lokacije s pomočjo brezžičnega signala.

Razvita aplikacija bo lahko, kot dodaten poizkus v Hiši eksperimentov, služila kot učno gradivo za poenostavitev učenja otrok o osončju in planetih. Interaktivnost aplikacije naredi učenje snovi bolj zabavno in privlačno.

V razviti aplikaciji bi bilo potrebno še izboljšati določanje mikrolokacije. V prihodnje bomo poskušali razvito tehniko določanja lokacije nadgraditi s tehnologijo, ki za določanje lokacije uporablja štetje korakov in kompas. Ob kombinaciji teh tehnologij pričakujemo, da se bo natančnost določanja mikrolokacije izboljšala.

Literatura

- [1] P. Bahl in V. N. Padmanabhan, *Enhancements to the RADAR User Location and Tracking System* [Online]. Dosegljivo: <http://research.microsoft.com/pubs/69861/tr-2000-12.pdf>.
- [2] A. M. Cavalcante, E. B. Souza, J. J. Bazzo, N. Bezerra, A. Pontes in R. D. Vieira, *A Pedometer-Based System for Real-time Indoor Tracking on Mobile Devices*. Brazilian Telecommunications Symposium (SBrT2011).
- [3] N. A. Mahiddin, E. N. Madi, S. Dhalila, E. F. Hasan, S. Safie in N. Safie, *User Position Detection In An Indoor Environment*. International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering.
- [4] Radijski valovi, *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: http://sl.wikipedia.org/wiki/Radijski_valovi.
- [5] Globalni sistem pozicioniranja, *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: http://sl.wikipedia.org/wiki/Globalni_sistem_pozicioniranja.
- [6] Android (Operacijski sistem). *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: http://sl.wikipedia.org/wiki/Android_%28operacijski_sistem%29.
- [7] Movable Type Scripts [Online]. Dosegljivo: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>.
- [8] Trilateration, *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: <http://en.wikipedia.org/wiki/Trilateration>.
- [9] XML. *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: <http://sl.wikipedia.org/wiki/XML>.
- [10] Decibel. *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Decibel>.
- [11] dBm. *Wikipedia* [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/DBm>.

- [12] Free-space path loss. *Wikipedia* [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space_path_loss.
- [13] Viterbi algorithm, *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: http://en.wikipedia.org/wiki/Viterbi_algorithm.
- [14] Geographic coordinate system, *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_coordinate_system#Expressing_latitude_and_longitude_as_linear_units.
- [15] Exponential smoothing, *Wikipedia* [Online]. Dosegljivo: http://en.wikipedia.org/wiki/Exponential_smoothing.
- [16] Bosch Sensortec, *Pressure Sensors Supplement GPS in Navigation Systems* [Online]. Dosegljivo: <http://www.digikey.com/en/articles/techzone/2011/sep/pressure-sensors-supplement-gps-in-navigation-systems>.

