

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V
BRATISLAVE**

FAKULTA INFORMATIKY A INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ



Mobilné zariadenia a ich využitie pri navigácii používateľa v knižnici

Bakalárska práca

Lukáš Račko

Vedúci práce:

máj 2016

Anotácia

Študijný program: Informatika

Autor: Lukáš Račko

Vedúci bakalárskej práce: Ing. Nadežda Andrejčíková, PhD.

máj 2016

Práca analyzuje existujúce metódy pre lokalizovanie a navigáciu používateľa v uzavretých priestoroch pomocou mobilných zariadení s cieľom vytvoriť najvhodnejšie riešenie pre navigáciu v knižnici. Keďže využitie GPS signálu v uzavretých priestoroch nie je možné, alebo je veľmi nespoľahlivé, skúmali sme iné spôsoby, ktorými by sme dokázali nahradiť GPS a dosiahnuť spoľahlivú navigáciu v knižnici. Skúmali aj možnosti prepojenia aplikácie s knižnično-informačným systémom cez dostupné protokoly za účelom získania presných informácií o polohách jednotlivých kníh v regáloch. Tieto údaje sa následne použijú na presnú navigáciu používateľa k zvolenému titulu. Výsledkom práce je aplikácia pre mobilné zariadenia s operačným systémom Android. Lokalizácia používateľa bude založená na metóde WiFi Fingerprinting pozostávajúcej z dvoch fáz. V prvej sa vytvorí mapa signálov obsahujúca intenzity jednotlivých signálov k vysielateľom. V druhej – navigačnej fáze sa pomocou euklidovskej vzdialenosti odhadne najpravdepodobnejšia pozícia používateľa. Pre zlepšenie presnosti lokalizácie a na prekonanie nedostatkov wi-fi technológie sa využijú zabudované senzory – kompas a akcelerometer.

Annotation

Degree Course: Informatics

Author: Lukáš Račko

Supervisor: Ing. Nadežda Andrejčíková, PhD.

May 2016

The thesis analyses existing methods for localization and navigation of user indoors with a mobile device. According to the fact, that GPS usage indoors is not possible or is very unreliable, we have searched for different approaches to replace GPS and create a reliable indoor navigation in library environment. We have focused on creating the most suitable solution for navigation in library. We have analyzed options to link our navigation application with library information systems via available protocols in order to get accurate information about location of individual books in bookshelf. These information will be used to accurately navigate user to the chosen book. The output of this thesis will be an application for Android operating system. The localization will be based on Wi-Fi fingerprinting method which consists of two phases. In the first one, radio map containing received signal strength from each known access point will be created. The second – navigation phase will be used to estimate user's most likely position by calculating Euclidean's distance to each possible position. To improve localization accuracy and to overcome weaknesses of Wi-Fi technology, built-in sensors such as accelerometer and compass will be used.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Čestne prehlasujem, že na bakalárskej práci som pracoval samostatne na základe vlastných teoretických a praktických poznatkov, konzultácii a štúdia odbornej literatúry, ktorej úplný prehľad je uvedený v zozname použitej literatúry.

Bratislava, 00. máj 2016

Lukáš Račko

.....

Obsah

Register pojmov	8
Slovník pojmov	9
1. Úvod	10
2. Analýza	11
2.1. Metódy používané pri navigácií v uzavretých priestoroch	11
2.1.1. Metódy využívajúce Wi-Fi	11
2.1.2. Metódy využívajúce Bluetooth	16
2.1.3. Metódy využívajúce PDR	16
2.2. Existujúce riešenia pri navigácií v uzavretých priestoroch	17
2.2.1. Riešenie využívajúce Wi-Fi fingerprinting v multifunkčnom kom- plexe	17
2.2.2. Riešenie kombinujúce Wi-Fi fingerprinting a PDR	17
2.2.3. Hybridné riešenie využívajúce spracovanie obrazu a trilateráciu Wi-Fi signálu	18
2.3. Prehľad protokolov pre komunikáciu s knižnično-informačným systé- mom	19
2.3.1. Protokol Z39.50	19
2.3.2. Protokol SIP2	19
2.3.3. Protokol NCIP	20
2.4.	20
A. Príloha	21
Literatúra	22

Zoznam obrázkov

2.1. Algoritmus najbližšieho suseda s neobmedzeným prehľadávaným priestorom (Svetlá čiara je skutočná trasa, tmavá čiara je lokalizovaná aplikáciou)	13
2.2. Algoritmus najbližšieho suseda s obmedzeným prehľadávaným priestorom (Svetlá čiara je skutočná trasa, tmavá čiara je lokalizovaná aplikáciou)	14
2.3. Trilaterácia	15
2.4. Vzájomne podporujúci prístup k PDR a Wi-Fi lokalizácií	18

Zoznam tabuliek

2.1. Prehľad	20
--------------------	----

Register pojmov

E

Existujúce riešenia:

COEX, Soul - WiFi Fingerprinting, 17

Hybridné riešenie - Spracovanie obrazu a Trilaterácia, 18

Hybridné riešenie - WiFi Fingerprinting a PDR, 17

M

Možnosti lokalizácie:

Bluetooth, 16

PDR, 16

Trilaterácia, 14

WiFi Fingerprinting, 11

Metóda: Algoritmus najbližšieho suseda, 12

Metóda: Markova lokalizácia, 12

P

Protokoly pre komunikáciu s knižnično-informačným systémom:

NCIP, 20

SIP2, 19

Z39.50, 19

Slovník pojmov

WiFi Fingerprinting	metóda používaná pri navigácii založená na porovnávaní intenzít signálov bezdrôtových sietí, nameraných v reálnom čase, s mapou signálov vytvorenou pred spustením navigácie.
Bluetooth	otvorený štandard pre bezdrôtovú komunikáciu dvoch alebo viacerých zariadení
IPS	„indoor positioning system“ – systém na lokalizáciu objektov alebo ľudí vnútri budov pomocou rádiových vĺn, magnetického poľa, zvuku alebo iných senzorov zabudovaných do mobilných zariadení[1].
RSSI	„Received signal strength indicator“ – indikátor sily prijímaného signálu, udáva sa v jednotkách dBm.
Trilaterácia	proces určovania pozície pomocou merania vzdialeností a využitia geometrie kruhov
PDR	„Pedestrian dead reckoning“ – proces vypočítavania pozície používateľa s využitím poslednej známej pozície a jeho smeru a rýchlosti.
OPAC	„Open public access catalog“ – verejne prístupný online knižničný katalóg
Servlet	program rozširujúci funkcionality servera, najčastejšie implementovaný na web serveroch

Úvod

Ľudstvo od nepamäti používalo rôzne prostriedky na orientovanie sa v priestore. Medzi bežných ľudí sa vo veľkom rozšírili klasické papierové mapy. To umožnilo efektívne plánovanie cesty z bodu A do bodu B, a minimalizovala sa pravdepodobnosť, že sa daná osoba zabľúdi. S postupným vývojom informačných technológií a rozšírením dokonalejších mobilných zariadení sa kedysi papierová mapa dostala do vrečka každého majiteľa takéhoto zariadenia. Okrem plánovania dlhej cesty pribudla možnosť lokalizovať používateľa pomocou GPS, takže presne pozná svoju polohu na mape. Ručné vyznačovanie cesty na mape nahradila interaktívna vizualizácia s možnosťou zobrazíť zaujímavé miesta v okolí, popis historických pamiatok a mnoho ďalších informácií, ktoré staré mapy nemali.

Dnes je navigácia v priestore založená na GPS. Pomocou signálov z aspoň štyroch satelitov je možné vypočítať polohu používateľa s presnosťou niekoľkých metrov. V otvorenom priestore je teda bez problémov možné navigovať používateľa k zvolenému bodu záujmu, do vzdialenosti postačujúcej na to, aby sa vedel vizuálne zorientovať v priestore a nájsť svoj cieľ.

GPS je však v uzavretých priestoroch nepoužiteľné, pretože signál zo satelitov je tienený, a nie je možné s akceptovateľnou presnosťou lokalizovať používateľa. Potreba zjednodušiť orientáciu ľudí vo veľkých priestoroch, napríklad na letiskách alebo v nákupných centrách podnietilo skúmanie alternatívnych možností navigácie tam, kde GPS signál už nie je spoľahlivý. V takýchto priestoroch postačuje, keď sa používateľova poloha určí s presnosťou na niekoľko metrov. V niektorých prípadoch sa však vyžaduje oveľa väčšia presnosť lokalizácie, napríklad vo veľkých kníhkupectvách alebo knižniciach. Presná navigácia umožní používateľovi zorientovať sa v krátkom čase, v ktorom regáli a v ktorej poličke sa nachádza hľadaná kniha.

Analýza

V tejto kapitole sa venujem analýze používaných metód pri navigácii používateľa v uzavretých priestoroch. Bližšie rozpracujem metódy lokalizácie pomocou bezdrôtových sietí Wi-Fi, bluetooth a iné používané metódy. Porovnáam existujúce riešenia využívajúce rôzne techniky navigácie vrátane hybridných riešení kombinujúcich viacero používaných metód za účelom zvýšenia presnosti lokalizácie. V závere vyhodnotím nadobudnuté informácie.

2.1. Metódy používané pri navigácii v uzavretých priestoroch

V tejto kapitole bližšie analyzujem jednotlivé metódy využívané pri lokalizácii používateľa v uzavretých priestoroch. Prehľad všetkých metód nájdete v tabuľke.

2.1.1. Metódy využívajúce Wi-Fi

Využitie bezdrôtových sietí na lokalizovanie používateľa je jedným z najčastejšie používaných spôsobov na lokalizovanie používateľa. Výhodou je využitie existujúcej Wi-Fi infraštruktúry, teda nie je nutné inštalovať dodatočný hardvér. Na strane používateľa je len potrebné mať nainštalovanú aplikáciu navigácie a tá pomocou zabudovaných senzorov dokáže využiť namerané hodnoty na lokalizáciu. V závislosti od použitej metódy je potrebné prijímať signál z aspoň troch vysieláčov, aby bolo možné korektne určiť polohu zariadenia.

Na šírenie Wi-Fi signálu vplýva množstvo faktorov – typ budovy, použitý materiál, dispozície priestorov a prekážky v smere šírenia bezdrôtových vln. Rovnakým spôsobom akým sa odráža svetlo, sa odrážajú aj bezdrôtové vlny, a preto má dispozícia budov výrazný vplyv na šírenie a stálosť signálu[2]. To znamená, že signál na rovnakej pozícii sa môže v čase meniť, pretože je ovplyvnený rôznymi faktormi, napríklad ľuďmi pohybujúcimi sa priestore alebo otváranie a zatváranie dverí[3].

2.1.1.1. Metóda Wi-Fi Fingerprinting

Základná myšlienka tejto metódy spočíva v tom, že ľubovoľná pozícia v priestore má svoju jedinečnú množinu RSSI¹. Predtým než sa táto metóda môže začať používať, je potrebné vytvoriť si mapu intenzít signálov. Táto metóda sa teda delí na dve fázy – online a offline fáza.

V offline fáze sa priestory, ktoré sú pokryté v navigácii rozdelia na množstvo bodov, ktoré sú od seba väčšinou rovnako vzdialené. Vzdialenosť medzi jednotlivými bodmi určuje, s akou presnosťou chceme určiť polohu používateľa. Pokiaľ však nastavíme veľmi malú vzdialenosť medzi jednotlivými bodmi, môže sa stať, že na viacerých

¹indikátor sily prijímaného signálu

miestach budú namerané rovnaké intenzity signálov, čo znemožní jednoznačnú lokalizáciu používateľa. V každom z týchto bodov sa namerajú hodnoty intenzít signálov ku všetkým známym vysielateľom, z čoho sa vytvorí mapa signálov. Signál z neznámych vysielateľov sa pri navigácii nepoužíva, pretože tieto údaje nám nepodajú žiadnu informáciu o polohe používateľa, keďže sa nenachádzajú v mape. Namerané hodnoty sa uložia a budú tvoriť dôležitý podklad pre navigačnú aplikáciu. V práci [4] skúmali vplyv rôznych faktorov na intenzitu signálov:

- orientácia používateľa
- výška(státie, sedenie)
- čas dňa(ráno, na obed, večer)
- svetlo(zapnuté, vypnuté)
- časový interval medzi meraniami RSSI

V testovacom prostredí sa vykonalo masívne zbieranie údajov rôznych kombinácií vyššie spomenutých faktorov. Výsledky testovania ukázali, že orientácia má viditeľný vplyv na intenzitu signálu. Ak používateľ, ktorý drží v ruke mobilné zariadenie, sa nachádza medzi vysielateľom a zariadením, môže signál poklesnúť až o 15 dbm voči hodnote, ktorá sa namerala, keď bol otočený mobilným zariadením smerom k vysielateľu. Čas dňa, svetlo a časový interval nepreukázali žiadny významný vplyv na namerané hodnoty. V niektorých prípadoch bol signál ovplyvnený výškou mobilného zariadenia, avšak rozdiel nebol tak významný, aby mohol byť spoľahlivo použitý pri navigácii. V online fáze sa využívajú rôzne algoritmy porovnávajúce intenzity signálov namerané v reálnom čase s mapou rádiových signálov, ktorá bola vytvorená na začiatku. Všeobecne platí, že čím viac vysielateľov sa na navigáciu použije, tým vyššiu spoľahlivosť vieme dosiahnuť. Nižšie sa nachádza zoznam najčastejšie používaných algoritmov na lokalizovanie používateľa z nameraných hodnôt:

- 1 **„algoritmus najbližšieho suseda“** - Tento algoritmus jednoducho porovnáva RSSI údaje namerané v reálnom čase s každým bodom v mape signálov. Pre každý bod sa počíta euklidovská vzdialenosť. Bod, ktorý ju má najnižšiu je s najväčšou pravdepodobnosťou aktuálna pozícia používateľa. Euklidovská vzdialenosť sa počíta pre každý bod v mape.

Nech E - euklidovská vzdialenosť

n – počet signálových „odtlačkov“

m – počet známych vysielateľov

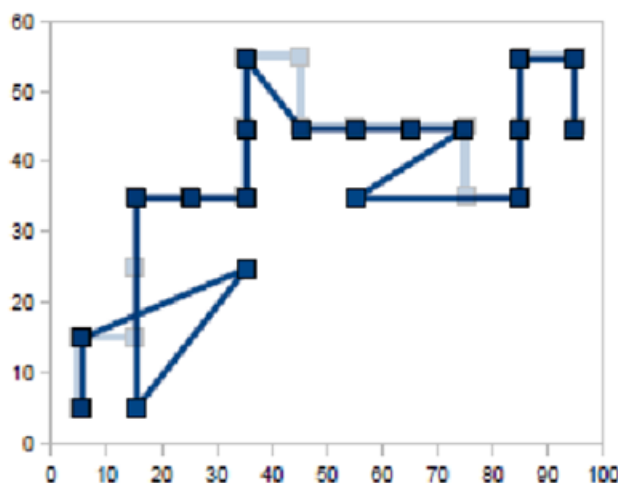
rss_i – hodnota signálov nameraných v reálnom čase

rss'_i – hodnota signálov uložená v mape

Euklidovskú vzdialenosť vypočítame pomocou vzorca

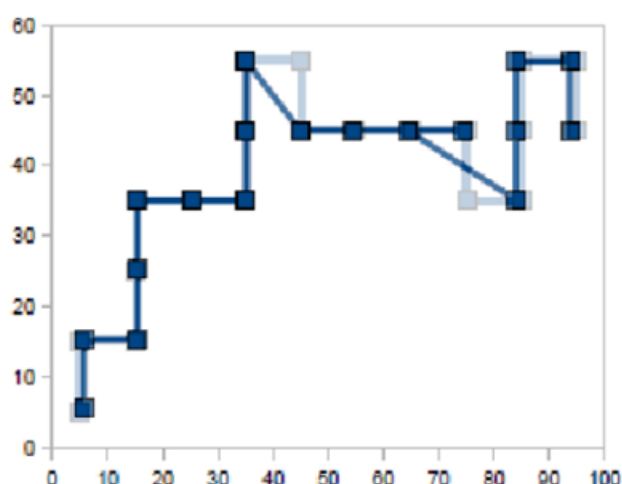
$$E_n = \sqrt{\sum_{i=1}^m (rssi_i - rssi'_i)^2}$$

Používajú sa dve verzie tohto algoritmu, jedna z nich pracuje s neobmedzeným a druhá s obmedzeným prehľadávaným priestorom[6]. Verzia s neobmedzeným prehľadávaným priestorom zakaždým vypočítava euklidovskú vzdialenosť ku všetkým bodom v mape intenzít signálov. Pri mape s veľkým počtom kontrolovaných bodov a vysielačov sa môže zvýšiť doba výpočtu, alebo môže nastať situácia, že viacero bodov na mape má podobné hodnoty nameraných signálov. Pri väčšej nestálosti signálov, napríklad pri prechode viacerých ľudí cez miestnosť alebo otvorení resp. zatvorení dverí, môže vyústiť do nekorektne lokalizovanej pozície používateľa.



Obrázok 2.1. Algoritmus najbližšieho suseda s neobmedzeným prehľadávaným priestorom (Svetlá čiara je skutočná trasa, tmavá čiara je lokalizovaná aplikáciou)

Pri verzii s obmedzeným prehľadávaním sa určí, do akej vzdialenosti, alebo aká množina susedov sa bude prehľadávať z posledného známeho bodu. Táto myšlienka je založená na fakte, že je fyzicky nemožné, alebo veľmi nepravdepodobné, aby sa používateľ za niekoľko sekúnd (čas potrebný pre zozbieranie intenzít signálov z dostupných vysielačov) premiestnil do bodov, ktoré sú veľmi vzdialené od poslednej známej polohy, alebo sa nachádzajú v iných miestnostiach bez priameho spojenia. Tým sa zamedzí nezmyselným presunom medzi vzdialenejšími bodmi, čo prispeje k celkovej presnosti lokalizácie. Nie je teda potrebné, aby sa prehľadávala celá mapa. Nevýhodou tohto riešenia je veľmi malá schopnosť zotaviť sa zo zle určenej polohy. Keď sa z ľubovoľných dôvodov určí nekorektná pozícia a používateľ sa medzitým premiestni do väčšej vzdialenosti, aká sa z posledného určeného bodu prehľadáva, navigácia sa „stratí“, pretože skutočná pozícia používateľa je mimo rozsahu prehľadávaných bodov.



Obrázok 2.2. Algoritmus najbližšieho suseda s obmedzeným prehľadávaným priestorom (Svetlá čiara je skutočná trasa, tmavá čiara je lokalizovaná aplikáciou)

- 2 „Markova lokalizácia“ - využíva štatistické údaje „odtlačkov“ signálov, na základe ktorých odhaduje najpravdepodobnejšiu pozíciu používateľa. Pozostáva z dvoch krokov – predikcia a korekcia[6].

Predikcia sa počíta nasledujúcim vzorcom:

$$p(L_t) = \sum_{L_{t-1}} p(L_t | L_{t-1})p(L_{t-1})$$

- $p(L_t)$ je pravdepodobnosť, že sa nachádzame na pozícií L v čase t . $p(L_t | L_{t-1})$ je pravdepodobnosť, že sa nachádzame na pozícií L v čase t , pričom uvažujeme predchádzajúcu pozíciu L v čase $t-1$. Týmto obmedzíme prehľadávaný priestor na najpravdepodobnejšiu oblasť podľa toho, čo je reálne možné a čo vieme o pohybe používateľa.

Korekcia sa počíta vzorcom:

$$p(L_t | R[]) = p(R[] | L_t)p(L_t) * N$$

$p(L_t | R[])$ je pravdepodobnosť, že sa nachádzame na pozícií L v čase t , berúc do úvahy RSSI hodnoty $R[]$, ktoré sme získali v čase t . $p(R[] | L_t)$ je pravdepodobnosť, že máme RSSI hodnoty $R[]$ na pozícií L_t a $p(L_t)$ je pravdepodobnosť, že sa nachádzame na pozícií L v čase t (z prvého kroku predikcie). N je normalizačný faktor. Prvá metóda(Najbližší sused) sa ukázalo ako spoľahlivejšia pri navigácii používateľa.

2.1.1.2. Trilaterácia

Trilaterácia² je druhý často používaný spôsob lokalizácie pomocou Wi-Fi. Ide o jednoducho realizovateľný spôsob, ktorý však býva menej presný. Trilaterácia využíva parametre známych sietí, ako silu signálu, frekvenciu, MAC adresu vysielateľa presné ko-

²proces určovania pozície pomocou merania vzdialeností a využitia geometrie kruhov

ordinácie vysielateľov v mape budovy. Aby bolo možné použiť trilateráciu, je nevyhnutné prijímať v ľubovoľnom mieste signály z aspoň troch vysielateľov. Prijatý signál je možné použiť pre odhadnutie vzdialenosti medzi vysielateľom a mobilným zariadením. Sila signálu klesá exponenciálne v závislosti od vzdialenosti mobilného zariadenia a vysielateľom. Vypočítaná vzdialenosť od vysielateľa je reprezentovaná ako kruh s polomerom rovným vzdialenosti. Prienik troch takýchto kruhov nám poskytuje bod, alebo priestor, kde sa prijímač nachádza. To je možné reprezentovať ako sústavu rovníc nasledovným spôsobom[7]:

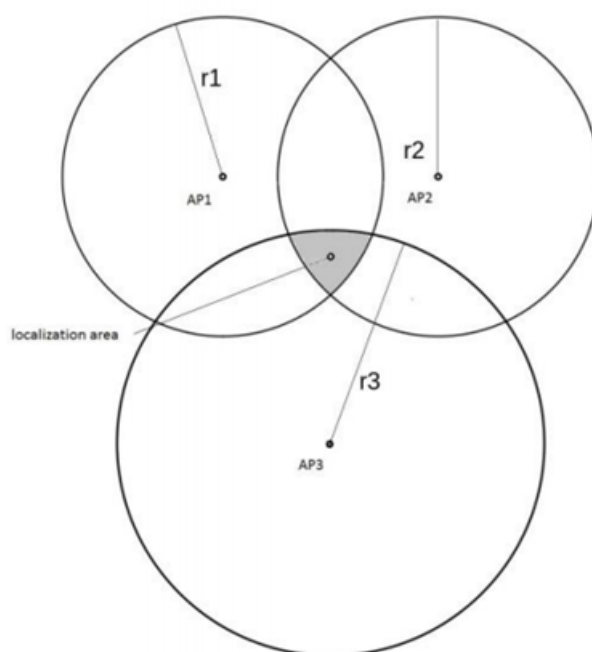
$$d_1^2 = (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2$$

$$d_2^2 = (x-x_2)^2 + (y-y_2)^2$$

$$d_3^2 = (x-x_3)^2 + (y-y_3)^2$$

kde $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3$ sú súradnice vysielateľov a d_1, d_2 a d_3 sú odhadované vzdialenosti ku každému vysielateľu. Zvýšiť presnosť lokalizácie je možné pridaním viacerých vysielateľov.

Odhadnúť vzdialenosť je možné na základe frekvencie vysielateľa a sily prijímaného signálu. Do toho však často vstupujú nežiadúce faktory, ktoré môžu tento výpočet výrazne ovplyvniť. Medzi tieto činitele patria steny, rôzne väčšie zariadenia nachádzajúce sa v budove alebo iné faktory ako napríklad množstvo ľudí prechádzajúcich sa po miestnosti[8]. Výhodou tejto metódy je jednoduchosť jej nasadenia. Nevyžaduje žiadnu dodatočnú prípravu pred použitím v porovnaní s predošlou metódou Wi-Fi fingerprinting. Treba len zostaviť mapové podklady a presne určiť súradnice vysielateľov.



Obrázok 2.3. Trilaterácia

2.1.2. Metódy využívajúce Bluetooth³

Dnes už takmer všetky mobilné zariadenia dokážu prijímať bluetooth signál, čo umožňuje využiť túto technológiu aj na lokalizáciu používateľa v uzavretých priestoroch. Na rozdiel od metód využívajúcich wi-fi, neexistuje rozšírená infraštruktúra, ktorú by sa mohlo ihneď použiť, ale je nutné nainštalovať dodatočný hardvér – bluetooth vysielateľ. Polohu prostredníctvom bluetooth je možné určiť pomocou viacerých parametrov: RSSI a kvalita spojenia[12]. RSSI je 8-bitový integer⁴, ktorý indikuje, či prijatá hladina výkonu je pod, nad alebo v intervale GRPR⁵, čo sa považuje za optimálnu hladinu výkonu[9]. Berúc do úvahy fakt, že hladina výkonu klesá exponenciálne s a nárastom vzdialenosti od vysielateľa, je možné odvodiť vzťah medzi RSSI a vzdialenosťou od vysielateľa. Kvalita spojenia(Link Quality) nadobúda hodnoty z intervalu 0 až 255 a indikuje kvalitu spojenia medzi dvomi Bluetooth zariadeniami[8]. Čím je hodnota vyššia, tým je kvalita spojenia väčšia. Preto je možné usudzovať, že s narastajúcou vzdialenosťou medzi dvomi bluetooth zariadeniami sa zhoršuje kvalita spojenia, a je teda možné tento parameter využiť pre odhadovanie vzdialenosti. Väčšina existujúcich riešení využíva parameter RSSI[10] alebo kvalitu spojenia[11].

2.1.3. Metódy využívajúce PDR⁶

PDR pri navigácii pomocou mobilných zariadení využíva informácie získané zo zabudovaných senzorov. Navigácie realizujúce túto metódu najčastejšie využívajú akcelerometer⁷, magnetometer, gyroskop a kompas. Algoritmus vychádza z faktu, že poznáme poslednú známu pozíciu používateľa, jeho smerovanie a rýchlosť[13]. Existuje viacero variácií tohto algoritmu na mobilných zariadeniach, vo všeobecnosti však fungujú väčšinou rovnako. Väčšina systémov založených na PDR monitoruje počet krokov používateľa pomocou krokomeru alebo akcelerometra, a posunie polohu používateľa o dĺžku jedného kroku v smere, ktorý je určený magnetometrom alebo gyroskopom[14],[15]. Dĺžka kroku je nastavená tak, aby reprezentovala priemerný krok pri bežnej chôdzi. Pokročilejšie systémy detailne analyzujú získané signály z akcelerometra a pokúšajú sa určiť reálnu dĺžku kroku používateľa.

Pri použití len tejto metódy nie je možné spoľahlivo navigovať používateľa. Aj pri správne určenej dĺžke priemerného kroku a približného smerovania používateľa, postupne sa objaví kumulatívna chyba. Bez ďalších mechanizmov na napravenie tejto odchýlky nie je možné spoľahlivo navigovať používateľa. Aj to je dôvodom, prečo sa táto metóda využíva prevažne ako súčasť väčších systémov, za účelom zvýšenia presnosti lokalizácie.

³otvorený štandard pre bezdrôtovú komunikáciu dvoch alebo viacerých zariadení

⁴celé číslo

⁵Golden Receiver Power Range – optimálna hladina výkonu

⁶proces vypočítavania pozície používateľa s využitím poslednej známej pozície a jeho smeru a rýchlosti.

⁷prístroj na meranie negravitáčnych zrýchlení

2.2. Existujúce riešenia pri navigácii v uzavretých priestoroch

Pri výbere vhodného riešenia pre moju navigačnú aplikáciu som spravil prieskum existujúcich riešení s cieľom zistiť, aké výsledky sa dajú dosiahnuť pri použití jednotlivých metód. Analyzoval som viacero projektov zameraných na rôzne spôsoby lokalizácie v uzavretých priestoroch. Zameral som sa rovnako aj na priamočiarejšie riešenia využívajúce jednu metódu ako aj na riešenia kombinujúce viacero používaných metód. Prehľad existujúcich riešení nájdete v tabuľke

2.2.1. Riešenie využívajúce Wi-Fi fingerprinting v multifunkčnom komplexe

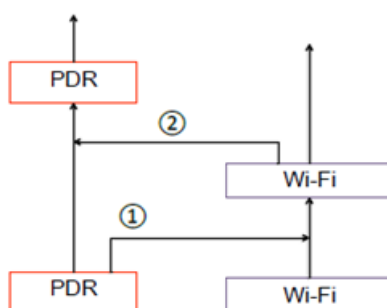
V práci [16] navrhli riešenie využívajúce metódu wi-fi fingerprinting, ktoré bolo nasaďené v multifunkčnom komplexe COEX v Soule, v Južnej Kórei. Celý projekt pozostával zo siedmych krokov:

1. **Analýza pokrytia wi-fi v komplexe** – prvý krok pri vytvorení navigácie je analýza prostredia a odhalenie miest so slabým pokrytím. Tento krok je kľúčový, aby sa včas mohli napraviť prípadné nedostatky v pokrytí.
2. **Návrh a realizácia rozšírenia pokrytia** – v tomto kroku sa na základe vykonanej analýzy navrhlo rozmiestnenie ďalších 200 vysielačov.
3. **Vytvorenie mapy** – vytvorenie základného podkladu pre navigáciu
4. **Vytvorenie mapy signálov** – zbieranie „odtlačkov“ signálov zo všetkých vysielačov
5. **Testovanie** – overenie presnosti lokalizácie a vplyvu navigácie a skenovania wi-fi signálov na batériu
6. **Spustenie služby & spätná väzba** – navigácia bola zakomponovaná do existujúcej aplikácie, ktorá poskytuje základné informácie o obchodoch, kanceláriách, výstavách... Navigáciu bola navrhnutá aby dosahovala presnosť 5-6 metrov v najdôležitejších miestach. Používatelia majú možnosť vyhľadať ľubovoľný obchod alebo kanceláriu v spomínanom komplexe. Dosiahnutá presnosť lokalizácie je pre tento účel postačujúca. Používateľovi to ukáže trasu do dostatočnej vzdialenosti k vyhľadanému objektu na to, aby sa vedel vizuálne zorientovať v priestore. V prvom roku používania si túto aplikáciu stiahlo 200 000 ľudí.

2.2.2. Riešenie kombinujúce Wi-Fi fingerprinting a PDR

V [5] sa rozhodli pre hybridné riešenie navigácie metódami Wi-Fi fingerprinting a PDR. Základná myšlienka je postavená na tom, že jednotlivé metódy sa dokážu vhodne dopĺňať. Šírenie rádiových vln môže byť nestále a je ovplyvňované viacerými faktormi ako je počet ľudí pohybujúcich sa v priestore a podobne. Ďalšou veľkou nevýhodou je čas, ktorý je potrebný na zozbieranie výsledkov signálov od jednotlivých

vysielačov. V závislosti od zariadenia to môže trvať 2-4 sekundy, čo je čas za ktorý sa používateľ môže premiestniť aj o niekoľko metrov a navigácia to nedokáže zaznamenať s prijateľnou odozvou. Pokiaľ je navigácia navrhnutá tak, aby využívala len existujúce vysielače v budove, ich hustota je väčšinou veľmi malá a bez pridania dodatočných vysielačov nemožno očakávať presné výsledky. PDR dokáže zobrazíť pohyb používateľa prakticky s nulovou odozvou. Avšak najväčší problém tejto metódy je nemožnosť odstrániť odchýlky merania. Postupne ako sa používateľ pohybuje po budove, chyby meraní zo zabudovaných senzorov sa kumulujú, čo má za následky nepresnú lokalizáciu používateľa. Kombináciou týchto metód je možné minimalizovať slabé stránky oboch vyššie spomenutých metód. V navrhnutom riešení využívajú PDR na vylepšenie lokalizácie pomocou WiFi (1), a následne vylepšená Wi-Fi lokalizácia vylepšuje PDR (2). Priemerná chyba pri navigácii len cez Wi-Fi bola 6,73 m, pri kombinácii s PDR bola 4.47m a pri vzájomne podporujúcom prístupe bola priemerná chyba 3,31m.



Obrázok 2.4. Vzájomne podporujúci prístup k PDR a Wi-Fi lokalizácii

2.2.3. Hybridné riešenie využívajúce spracovanie obrazu a trilateráciu Wi-Fi signálu

Práca [17] poskytuje ďalší pohľad na riešenie problematiky. Pre lokalizáciu používateľa využíva zabudovaný fotoaparát v mobilnom zariadení a wi-fi signál. Navigácia je založená na rozmiestnení QR kódov⁸, ktoré používateľ skenuje postupne ako sa pohybuje objektom. V miestach, kde nie je možné umiestniť QR kódy, alebo v úsekoch medzi nimi je lokalizácia používateľa určená signálom z vysielačov wi-fi.

QR kódy sa umiestnia na podlahu v monitorovanom objekte tak, aby bolo pokryté čo najviac priestoru, chodby, miestnosti a iné často navštevované trasy. Každý kód obsahuje jedinečnú informáciu o jeho umiestnení, presné súradnice daného QR kódu. Keď používateľ pôjde po chodbe, ktorá obsahuje niekoľko kódov, fotoaparátom ich môže skenovať, čím sa jednoznačne určí jeho poloha v objekte. V miestach, kde nie sú rozmiestnené identifikačné kódy prevezme funkciu navigácie pomocou wi-fi. Každý z vysielačov periodicky vysiela paket s identifikáciou vysielača. Ich rozloženie je navrhnuté tak, aby v každom mieste bol prijímaný signál z aspoň troch vysielačov. Na základe sily signálov sa vypočíta vzdialenosť od jednotlivých vysielačov a trilateráciou sa odhadne aktuálna poloha používateľa. Použitým spôsobom sa podarilo spoľahlivo

⁸dvojrozmerný čiarový kód

určiť polohu používateľa najmä vďaka rozmiestneniu QR kódov. V miestach kde sa nevyžaduje maximálna presnosť, postačuje aj lokalizácia pomocou trilaterácie.

2.3. Prehľad protokolov pre komunikáciu s knižnično-informačným systémom

V tejto kapitole sa venujem analýze štandardných protokolov používaných na komunikáciu s knižnično-informačnými systémami. Protokoly vznikali za účelom zjednotiť komunikáciu medzi viacerými informačnými systémami. To umožňuje napríklad vyhľadávať knihy v databázach viacerých knižníc, ktoré implementujú rovnaký protokol, z jedného rozhrania – bez potreby navštíviť stránku každej z týchto knižníc. Prehľad knižnično-informačných protokolov nájdete v tabuľke.

2.3.1. Protokol Z39.50

Prvé zmienky o tomto protokole siahajú až do obdobia okolo roku 1970, kedy sa viaceré knižničné organizácie začali zaujímať o možnosti vyhľadávania informácií medzi viacerými systémami[18]. Tento štandard bol postupne vylepšovaný a ďalej vyvíjaný. Pôvodne bol navrhnutý na elektronické zdieľanie bibliografických informácií. Dnes sa z neho vyvinul štandard zložený zo špecifikácií na prepojenie počítačov za účelom získavania informácií. Aktuálne používaná verzia tohto protokolu bola uznaná v roku 2003. Je to často používaný protokol v mnohých knižniciach vo svete.

Cieľom tohto protokolu je vyhľadávanie vo vzdialenom systéme bez predošlej informácie o štruktúre alebo syntaxe vzdialeného systému. Komunikácia prebieha nasledovným spôsobom: Klient Z39.50 na strane používateľa pošle vyhľadávací dopyt na server – vo formáte Z39.50. Na serveri sa tento dopyt preloží do syntaxe špecifickej pre vyhľadávaciu službu na serveri. Server vráti výsledky vyhľadávania, preloží ich opäť do formátu Z39.50 a pošle ich naspäť klientovi na strane používateľa. Týmto spôsobom funguje komunikácia medzi klientom a serverom. Tento spôsob sa líši od iných prístupov k vyhľadávaniu v databázach tým, že oddeľuje používateľské rozhranie od vyhľadávacej služby[18]. To umožňuje vytvoriť jedno používateľské rozhranie so zaintegrovaným protokolom Z39.50, ktorý bude komunikovať s viacerými vyhľadávacími službami, pričom nemusí poznať žiadne dodatočné informácie vzdialenom stroji. Jedinou podmienkou je, aby tam bol spustený Z39.50 server.

2.3.2. Protokol SIP2

SIP2(z angl. Standard Interchange Protocol version 2) je proprietárny štandard na komunikáciu medzi knižnično-informačnými systémami a automatizovanie knižničných činností. Jeho prvá verzia bola vytvorená v roku 1993 spoločnosťou 3M. V jeho začiatkoch podporoval len jednoduché funkcie na zaznamenanie vrátenia alebo vypožičania kníh. V roku 2006 bola publikovaná druhá verzia tohto protokolu, ktorá už priniesla podporu pre flexibilnejšie a viac používateľsky prívetivé notifikácie a tiež umožnila automatické spracovanie platieb za oneskorené vrátenie kníh.

SIP2 tiež komunikuje na báze klient-server. Pri komunikácii sa posielajú požiadavky smerom na server na vykonanie určitých operácií, následne zo servera príde odpoveď.

Protokol nešpecifikuje, akým spôsobom sa má nadviazať spojenie, určuje len presný formát správ, ktoré sa po sieti posielajú[19]. V poslednej verzii tento protokol umožňuje automatizovane zaznamenávať výpožičky a vrátenia kníh, spravovať platby poplatkov, zadávať online žiadosti o doručenie zvolenej knihy do najbližšej knižnice alebo o predĺženie výpožičky a ďalšie knižničné činnosti[19].

2.3.3. Protokol NCIP

NCIP (z angl. National Information Standards Organization Circulation Interchange Protocol) je protokol na výmenu správ medzi aplikáciami, za účelom umožniť im požičiavať knihy, poskytovať kontrolovaný prístup k elektronickým zdrojom a umožniť kooperáciu všetkých týchto funkcií. Bol vyvinutý spoločnosťou NISO (z angl. National Information Standards Organization)

SIP2 síce umožňuje automatizované výpožičky, nie je postačujúci na medziknižničné výpožičky a ďalšie operácie medzi knižničnými systémami. Práve na tento účel bol NCIP vyvinutý. Je navrhnutý tak, aby ho bolo možné jednoducho rozširovať a prispôbovať podľa potrieb jednotlivých systémov[20].

Tabuľka 2.1. Prehľad

Metódy lokalizácie	Knižničné protokoly	Existujúce riešenia
WiFi Fingerprinting	Z39.50	COEX Soul, WiFi fingerprinting
Trilaterácia	SIP2	WiFi Fingerprinting a PDR
Bluetooth	NCIP	Spracovanie obrazu a trilaterácia
PDR		

Príloha

Servlet

Na prepojenie knižnično-informačného systému s navigačnou aplikáciou bude vytvorený servlet. Ten bude mať za úlohu spustiť navigačnú aplikáciu a poskytnúť jej presné súradnice vyhľadávanej knihy, ktoré získa priamo z informačného systému knižnice.

Servlet bude zaintegrovaný do verejne prístupného online knižničného katalógu, odkiaľ si používateľ bude môcť prezerať informácie o knihách a o ich dostupnosti. Možnosť navigovať používateľa ku knihe sa objaví len v prípade, že je daná kniha fyzicky prítomná v knižnici.

Literatúra

- [1] CURRAN, K. et al.: An Evaluation of Indoor Location Determination Technologies. In: Journal of Location Based Services, vol. 5, 2011, no.1, pp. 61-78.
- [2] ORGONÁŠ, J.: Všetko o Wi-Fi / 1. časť, PC Revue 07/2009 Dostupný na: <http://www.itnews.sk/tituly/pc-revue/clanky/2009-07-07/c1185-vsetko-o-wi-fi-1.-cast>
- [3] PRITT, N.: Indoor location with Wi-Fi fingerprinting. In Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR): Sensing for Control and Augmentation, 2013 IEEE , vol., no., pp.1-8, 23-25 Oct. 2013
- [4] MOHD, N. H., SUKHAN, L.: Indoor human localization with orientation using WiFi fingerprinting In Proceedings of the 8th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ICUIMC '14) ACM, Article 109, 6 pages
- [5] KAZUYA, M. et al.: Cross-assistive approach for PDR and Wi-Fi positioning In Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication
- [6] NAVARRO, E., PEUKER, B., QUAN, M.: Wi-Fi Localization Using RSSI Fingerprinting. Technical Report. California Polytechnic State University. Dostupný na: <http://digitalcommons.calpoly.edu/cpesp/17/>
- [7] SHCHEKOTOV, M.: Indoor Localization Method Based on Wi-Fi Trilateration Technique In Proceeding of the 16th conference of fruct association, Oct. 2014, pp 177-179.
- [8] BOBESCU, B., ALEXANDRU, M.: Mobile indoor positioning using wi-fi localization Dostupný na: http://www.afahc.ro/ro/revista/2015_1/119.pdf
- [9] MAHTAB, H., WEE-SENG, S.: A comprehensive study of bluetooth signal parameters for localization. In The 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC'07)
- [10] FELDMANN, S. et al.: An Indoor Bluetooth-Based Positioning System: Concept, Implementation and Experimental Evaluation. In International Conference on Wireless Networks, Las Vegas, 2003.
- [11] GENCO, A.: Three Step Bluetooth Positioning.. In Location and Context Awareness, 2005, pp. 52-62
- [12] APARICIO, S. et al.: A fusion method based on bluetooth and WLAN technologies for indoor location. In Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, 2008. MFI 2008. IEEE International Conference, pp.487- 491, 20-22 Aug. 2008

-
- [13] WONHO, K., YOUNGNAM, H.: SmartPDR: Smartphone-Based Pedestrian Dead Reckoning for Indoor Localization. In *Sensors Journal, IEEE*, vol.15, no.5, pp.2906-2916, May 2015.
- [14] FANG, L. et al.: Design of a wireless assisted pedestrian dead reckoning system—The NavMote experience, In *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 54, no. 6, pp. 2342–2358, Dec. 2005.
- [15] JIRAWIMUT, R. et al.: A method for dead reckoning parameter correction in pedestrian navigation system. In *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 52, no. 1, pp. 209–215, Feb. 2003.
- [16] DONGSOO, H. et al.: Building a Practical Wi-Fi-Based Indoor Navigation System. In *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 13, no. 2, pp. 72-79, Apr.-June 2014.
- [17] HATTORI, K. et al.: Hybrid Indoor Location Estimation System Using Image Processing and WiFi Strength In *Wireless Networks and Information Systems*, 2009. WNIS '09, pp.406-411, 28-29 Dec. 2009.
- [18] MOORE, J. et al.: The Z39.50 information retrieval standard. In *Computing & Control Engineering Journal*, vol.11, no.3, pp.143-151, June 2000.
- [19] 3M. 3M Standard Interchange Protocol, rev 2.12. 2016 Dostupný na: <http://multimedia.3m.com/mws/media/355361O/sip2-protocol.pdf>
- [20] NISO. NISO Circulation Interchange Part 1 : Protocol (NCIP). 2012 Dostupný na: http://www.ncip.info/uploads/7/1/4/6/7146749/z39-83-1-2012_ncip.pdf