

DEVICE LOCATION IN WIRELESS NETWORK

Peter Szabó

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xszabo04@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Matej Kačic

E-mail: ikacic@fit.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with the problem of locating computer and mobile devices in a wireless network. It compares some of the methods available for locating devices and describes a real implementation of a system which is providing device location in a WiFi network.

Keywords: WiFi, location, wireless network, signal, drone

1 ÚVOD

Problém detekcie pozície rôznych pohybujúcich sa objektov vo vnútri budov je už dlhší čas predmetom rôznych výskumov. Masívne rozšírené lokalizačné systémy ako je napríklad GPS sú výborne využiteľné v otvorenom vonkajšom prostredí, no vo vnútri budov zlyhávajú a ich schopnosť objekty presne lokalizovať je značne limitovaná.

Táto práca sa venuje vytvoreniu systému umožňujúceho lokalizáciu zariadení komunikujúcich prostredníctvom WiFi. K určeniu polohy dochádza na základe dát priebežne zachytávaných sondami rozmiestnenými v priestore monitorovaného objektu.

2 LOKALIZÁCIA ZARIADENÍ NA ZÁKLADE SILY SIGNÁLU

Vzhľadom k tomu, že sondy monitorujúce komunikáciu WiFi zariadení vo svojom okolí poznajú silu signálu voči každému detekovanému zariadeniu, možno tento údaj použiť na výpočet vzdialenosti týchto zariadení od sondy. V prípade, že máme v monitorovanej budove rozmiestnené tri sondy, sme schopní pomocou *trilaterácie* [2] určiť presnú polohu týchto zariadení.

Keďže čisto matematický lokalizačný algoritmus (prepočet sily signálu na vzdialenosť a následný výpočet polohy pomocou trilaterácie [2]) je v internom prostredí budovy kvôli rôznym rušivým elementom (nábytok, ľudia, atď.) nepresný, je potrebné použiť sofistikovanejší prístup. Ako presnejšie riešenie sa naskytá metóda pomocou *hustej kalibrácie* (*fingerprinting*). [1] Ide o riešenie kedy sa podrobne zmapuje intenzita signálu v celom monitorovanom priestore a vytvorí sa databáza priradujúca namerané hodnoty k pozíciám v monitorovanom priestore.

Poloha daného zariadenia sa potom určí algoritmom *k-closest neighbors fingerprinting*. Ten postupne porovnáva *Euklidovskú vzdialenosť* dvoch vektorov: (a) vektor aktuálne nameraných vzdialeností od jednotlivých sond voči lokalizovanému zariadeniu a (b) vektor referenčných (nakalibrovaných) vzdialeností získaných z databázy, podľa nasledovného vzťahu: [1]

$$d(Z, Z_i) = \frac{1}{M} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^M (RSS_j(x, y) - RSS_j(x_i, y_i))^2} \quad (1)$$

Po otestovaní všetkých referenčných (nakalibrovaných) bodov z databázy vyberie ten, ktorý má najmenšiu Euklidovskú vzdialenosť od vypočítanej polohy pre aktuálne sledované zariadenie. Tento bod sa následne určí ako poloha daného zariadenia.

2.1 ZVÝŠENIE PRESNOSTI LOKALIZÁCIE

Presnosť tejto metódy je závislá od hustoty kalibrácie. Zabezpečiť dostatočnú hustotu kalibrácie ale môže byť v prípade budovy s väčšou rozlohou časovo náročné. Je preto žiaduce metódu vylepšiť tým, že sa miesto jednej (najbližšej) nakalibrovanej hodnoty ich vybrať viac a presnú polohu zariadenia dopočítať už spomínanou trilateráciou medzi vybranými bodmi.

V tomto prípade nám už nevádi nepresnosť trilaterácie vo vnútri budovy, keďže ju použijeme iba na spresnenie polohy v rámci niekoľkých málo metrov (podľa hustoty nakalibrovaných referenčných bodov). Vzďialenosť medzi týmito referenčnými bodmi zistíme z databázy a aj v prípade, že medzi nimi nebude homogénne prostredie a metóda dodatočného výpočtu bude nepresná, dosiahneme zrejme nie menšiu presnosť lokalizácie než keby sme použili rovno údaj získaný z databázy referenčných hodnôt.

Ďalšia možnosť ako zvýšiť presnosť tejto metódy je výpočet ťažiska z množiny najbližších nakalibrovaných polôh voči lokalizovanému zariadeniu namiesto trilaterácie. Polohu lokalizovaného zariadenia potom môžeme určiť pomocou nasledovnej rovnice: [1]

$$X = \frac{\sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{d(Z, Z_i)} \right) \cdot X_j}{\sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{d(Z, Z_i)} \right)} \quad (2)$$

Okrem týchto metód (trilaterácia a hustá kalibrácia) detekcie polohy zariadení existujú aj ďalšie prístupy, no ti presahujú možnosti tejto práce. Ide napríklad o detekciu polohy rôznymi pravdepodobnostnými algoritmi (napr. Markovov algoritmus) [3], alebo o zvyšovanie presnosti lokalizácie analýzou grafických mapových podkladov prostredia (tzv. particle filter) [1, 4].

3 IMPLEMENTÁCIA LOKALIZÁCIE ZARIADENÍ V REÁLNOHOM PROSTREDÍ WIFI SIETE

Cieľom práce bolo zostrojiť funkčné riešenie na dynamickú lokalizáciu zariadení pripojených do WiFi siete v rámci budovy v reálnom čase. Ako najvhodnejšiu lokalizačnú metódu sme si vybrali metódu *hustej kalibrácie* popísanú v kapitole 2 kvôli jej presnosti [1].

Naimplementované lokalizačné riešenie pozostáva z troch hlavných častí: (a) *zachytávanie dát* – prebieha v reálnom čase na sondách, (b) *spracovanie a filtrovanie nazbieraných dát* – prebieha v reálnom čase na centrálnom serveri a (c) *výpočet a zobrazovanie polohy aktívnych zariadení* – môže prebiehať v reálnom čase alebo zobrazovať históriu vo zvolenom období.

3.1 ZACHYTÁVANIE, SPRACOVANIE A FILTROVANIE NAZBIERANÝCH DÁT

V prvom kroku implementácie sme si zvolili potrebné hardvérové súčasti a navrhli sme ich zapojenie do počítačovej siete. Ako hardvér pre sondu sme si zvolili access point Ubiquiti UniFi AP. Keďže jeho pôvodný firmware našim potrebám nevyhovoval, rozhodli sme sa použiť open-source riešenie OpenWRT, ktoré umožňuje jednoduchú inštaláciu dodatočného softvéru na zariadenie.

Na zariadenie sme následne doinštalovali aplikáciu Kismet, slúžiacu na monitorovanie a odchytyvanie bezdrôtovo prenášaných dát vo WiFi sietiach. Na jednotlivých sondách aplikácia Kismet skenuje spektrum a zachytáva rámce posielané medzi klientmi a prístupovými bodmi. Hlavičky paketov sa posielajú na ďalšie spracovanie na centrálny server.

Prijaté pakety sa na serveri ukládajú do súboru vo formáte pcap. V našom prípade je potrebné z paketov uložených v tomto súbore extrahovať hlavičku PPI obsahujúcu informácie o sile signálu voči zariadeniu z ktorého bol daný paket odoslaný. Z paketu medzi inými získavame aj MAC adresu zdrojového zariadenia, ktorá slúži na identifikáciu lokalizovaných zariadení v ďalších krokoch. Získané údaje sú napokon uložené do databázy, nad ktorou beží aplikácia zobrazujúca polohu zariadení.

3.2 VÝPOČET A ZOBRAZOVANIE POLOHY AKTÍVNYCH ZARIADENÍ

Poslednou časťou systému je aplikácia zobrazujúca polohu sledovaných zariadení v budove. Tá sa skladá z grafického používateľského rozhrania (GUI) zobrazujúceho polohu zariadení na mape a zo služby realizujúcej výpočet aktuálnej polohy zariadení pracujúcej nad dátami z databázy.

GUI je realizované formou webovej aplikácie vytvorenej v jazykoch HTML a JavaScript na klientskej strane a serverová časť je realizovaná v jazyku PHP s využitím frameworku *Nette*. Aplikáciu formou webového rozhrania sme zvolili predovšetkým kvôli jej použiteľnosti na rôznych platformách. Dôležitým aspektom pri výbere bolo aj to, aby bola aplikácia použiteľná aj na mobilných zariadeniach, keďže charakter tohoto systému si vyžaduje, aby sa s ním dalo pracovať priamo v teréne. Či už počas jeho kalibrácie, alebo pri snahe urgentne lokalizovať konkrétne pohybujúce sa zariadenie.

Aplikácia zvláda zobrazovať väčšie množstvo mapových podkladov, medzi ktorými má používateľ možnosť sa prepínať. Samozrejmosťou je možnosť pridávania nových mapových podkladov a tým aj nových monitorovaných prostredí. K novej mape je potrebné zaregistrovať jednotlivé sondy a nové prostredie nakalibrovat' pridaním referenčných bodov.

4 ZÁVER

V prvej časti práce sme si našťudovali teoretické informácie potrebné k riešeniu tohoto projektu. Zvolili sme si najvhodnejší lokalizačný algoritmus, ktorý budeme v ďalšom pokračovaní práce testovať. Taktiež sme navrhli hardvérovú stránku nášho monitorovacieho systému. Vybrali sme vhodné zariadenia, navrhli ich zapojenie do siete a zvolili vhodné softvérové riešenie. Ďalej sme úspešne zmodifikovali firmvér zaobstaraných access pointov a vytvorili sme z nich funkčné sondy na monitorovanie bezdrôtového spektra WiFi sietí.

Náš systém je momentálne schopný zberu informácií o okolitých zariadeniach komunikujúcich cez WiFi a následne ich spracováva off-line, teda až dodatočne po dokončení zberu. Na základe nazbieraných dát systém ďalej umožňuje kalibrovat' jednotlivé monitorované prostredia. V ďalšej časti práce sa zameriame na výrazné zrýchlenie spracovávania nazbieraných dát tak, aby systém bol schopný efektívne pracovať aj v reálnom čase.

Ďalšou dôležitou súčasťou systému bude porovnanie efektivity rôznych modifikácií lokalizačného algoritmu. Najdôležitejšími kritériami budú predovšetkým presnosť a spoľahlivosť lokalizácie. Systém bude taktiež musieť byť schopný uchovávať a po určitú dobu opätovne zobrazovať historickú pozíciu jednotlivých zariadení.

REFERENCE

- [1] Evennou, F.; Marx, F.: Advanced Integration of WIFI and Inertial Navigation Systems for Indoor Mobile Positioning. EURASIP J. Appl. Signal Process., ročník 2006, Leden 2006: s. 164–164, ISSN 1110-8657
- [2] Lim, Ch.; Kang, S.; Cho, H.: An Enhanced Indoor Localization algorithm Based on IEEE 802.11 WLAN using RSSI and multiple parameters. Systems and Networks Communications (ICSNC), 2010 Fifth International Conference on Systems and Networks Communications, 2010: s. 238–242
- [3] Haeblerlén, A.; Flannery, E.; aj.: Practical Robust Localization over Large-scale 802.11 Wireless Networks. In Proceedings of the 10th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, MobiCom '04, New York, USA: ACM, 2004, ISBN 1-58113-868-7, s. 70 – 84
- [4] Thrun, S.; Fox, D.; Burgard, W.; aj.: Robust Monte Carlo localization for mobile robots. Artificial Intelligence, ročník 128, č. 1-2, 2001: s. 99 – 141, ISSN 0004-3702