

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 680

**Utvrdjivanje mikrolokacije
mobilnog uređaja u zatvorenom
prostoru**

Ivan Kraljević

Zagreb, travanj 2014.

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Tehnologija Bluetooth Low Energy | 2 |
| 3. Odašiljači iBeacon | 4 |
| 4. Utvrđivanje relativne i apsolutne lokacije mobilnog uređaja | 7 |
| 5. Radno okruženje Apache Cordova | 8 |
| 6. Praktični rad | 11 |
| 7. Zaključak | 12 |
| Literatura | 13 |

1. Uvod

Danas najkorišteniji sustav za pozicioniranje, navigaciju i vremenske usluge je GPS (engl. *Global Positioning System*). U idealnim uvjetima preciznost određivanja lokacije GPS-a je oko deset metara, ali zbog toga što signali do uređaja dolaze od jako udaljenih satelita na nju utječe ogroman broj parametara, od zaklonjenog neba (npr. oblačno vrijeme pa čak i krošnje drveća) do metala u okolini uređaja. Posljedično, korištenje GPS-a za pozicioniranje i navigaciju u zatvorenim prostorima je izrazito nepouzđano i nepraktično jer dolazni signal satelita dodatno zagušuju zidovi i predmeti u okolini.

Iz gore navedenih razloga očita je potreba za sustavom koji će moći pouzđano odrediti lokaciju korisnika u zatvorenom prostoru. Ovaj problem se našao u središtu velikog broja znanstvenih istraživanja pri čemu se većina tih istraživanja fokusira na određivanje lokacije na temelju signala bežične lokalne računalne veze (engl. *wireless local area network*, *WLAN*). Uvođenjem Bluetooth 4.0 specifikacije i tehnologije *Bluetooth Low Energy* dolazi do razvoja niza jeftinih uređaja male potrošnje koji se potencijalno mogu iskoristiti za rješavanje problema pozicioniranja i navigacije u zatvorenom prostoru.

U ovom diplomskom radu govoriti će se o tehnologiji Bluetooth, problemu određivanja lokacije na zatvorenom prostoru, rješenju temeljenom na Bluetooth Smart odašiljačima, odnosno tehnologiji iBeacon, te smjernicama i savjetima za daljnji razvoj. U drugom dijelu rada prikazat ćemo kako se Bluetooth Smart odašiljači mogu primjeniti u mobilnim aplikacijama.

2. Tehnologija Bluetooth Low Energy

Tehnologija Bluetooth je standard bežične komunikacije koji se koristi za razmjenu podataka na maloj udaljenosti. Bluetooth je razvijen 1994. godine u Ericssonu, a 1998. godine Ericsson, IBM, Intel, Nokia i Toshiba osnivaju posebno nadležno tijelo, Bluetooth Special Interest Group (SIG). Uloga nadležnog tijela je unaprijeđenje standarda, ispravna implementacija i licenciranje Bluetooth tehnologije.

Glavne odlike Bluetooth tehnologije su niska cijena Bluetooth uređaja, niska potrošnja energije, niski domet, robusnost te korištenje na globalnoj razini. Bluetooth omogućava brzinu prijenosa reda veličine 1 Mbit/s te koristi nelicencirani frekvencijski pojas od 2.4 do 2.485 GHz, odnosno koristi ISM područje (engl. *industrial, scientific and medical*) koje je frekvencijski usklađeno na globalnoj razini. Uz to, Bluetooth nudi radijsku vezu prema drugim sustavima, uređaji različitih proizvođača su međusobno kompatibilni i dopuštena je komutacija paketa i kanala.

Sredinom 2010. godine Bluetooth SIG objavljuje Bluetooth 4.0 specifikaciju koja uključuje *Classic Bluetooth*, *Bluetooth high speed* i *Bluetooth low energy* protokole. *Bluetooth low energy* (u daljenjem tekstu BLE), poznat i pod nazivom *Bluetooth Smart*, je tehnologija koja je optimizirana tako da ima veoma nisku potrošnju energije. Glavne odlike tehnologije su izuzetno niska potrošnja energije, mogućnost višegodišnjeg rada na malom izvoru energije (poput *button-cell* baterije), mala veličina i niska cijena, kompatibilnost sa mobilnim uređajima, tabletima i računalima. Za ugradnju BLE tehnologije u uređaje Bluetooth 4.0 specifikacija uvodi dva načina rada: *single-mode* i *dual-mode*. *Single-mode* način rada obuhvaća integraciju samo BLE funkcionalnosti na kontroler, dok *dual-mode* načina rada omogućava integraciju BLE funkcionalnost u standardni *Classic Bluetooth* kontroler. Proizvođači uređaja imaju na raspolaganju te dvije opcije i pri tome je bitno napomenuti da uređaji sa *single-mode* načinom rada ne mogu komunicirati sa uređajima koji koriste *Classic Bluetooth* protokol.

Bluetooth SIG predviđa da će do 2018. godine devedeset posto Bluetooth uređaja na pametnim telefonima podržavati i BLE. BLE je osmišljen tako da ga mogu koristiti uređaji sa malim napajanjem (npr. AAA ili CR2032 baterije). Bitno je napomenuti da BLE ne pokušava biti optimizirana verzija *Bluetooth classic* tehnologije, već cilja na sasvim nove načine primjene. Predviđene primjene su u sportu, zdravstvu, trgovini, turizmu, mjerenju udaljenosti i druge.

Tehničke značajke

TODO

3. Odašiljači iBeacon

Odašiljači iBeacon su jeftini uređaji, niske potrošnje energije koji korištenjem BLE tehnologije obavještavaju obližnje uređaje o svojoj prisutnosti. Obližnji uređaji (poput mobilnih uređaja i tableta) se mogu pretplatiti na notifikacije odašiljača te mogu primiti razne sadržaje (poput teksta, slika ili URL adresa) od njih. Krajem 2013. godine iBeacon tehnologiju patentirala je američka multinacionalna korporacija Apple Inc.

iBeacon se može konfigurirati tako da se sadržaj šalje samo kad se uređaj približi odašiljaču na određenu udaljenost. Pri tome su definirana tri parametra udaljenosti: neposredna *immediate*, mala *near* i velika *far* udaljenost. Neposredna udaljenost je do nekoliko centimetara, mala je do nekoliko metara, dok je velika udaljenost iznad deset metara. Ove vrijednosti nisu precizno specificirane jer ovisno točne vrijednosti ovise o stvarnim uvjetima u kojima su odašiljači postavljeni (zbog ometanja signala u zatvorenom prostoru).

Neki od zanimljivih načina primjene iBeacon tehnologije su u muzejima, trgovinama, bolnicama i ostalim ustanovama gdje se sadržaj mijenja ovisno o položaju u prostoriji. Posjetitelj muzeja može na mobilni uređaj ili tablet primiti sadržaj o objektu kojega trenutno promatra (npr. informacije o skulpturi ispred), uz to, mogu se pratiti koji su objekti ili egzibicije najgledaniji i slično. U bolnici se može primijeniti na način da kada se liječnik približi pacijentovoj sobi ili krevetu dobije sve podatke o njemu, od povijesti bolesti do trenutne dijagnoze. U trgovini se može iskoristiti tako da se kupca obavijesti o predmetima na popustu u blizi. Također, iBeacon odašiljači mogu se iskoristiti i kao sustav plaćanja na sličan način kako se i NFC¹ tehnologija koristi.

¹*Near field communication*

Kontakt.io Beacon

Glavne značajke uređaja su odašiljanje podatkovnih paketa korištenjem BLE tehnologije te kompatibilnost sa svim uređajima koji podržavaju Bluetooth 4.0. Uz to, uređaji se mogu jednostavno klonirati i nadograditi, imaju visoku razinu sigurnosti te malu energetske potrošnje.

Pojedini uređaj ima nekoliko konfigurabilnih parametara: ime uređaja, *proximityUUID* (engl. *Universally unique identifier*), *major* i *minor* vrijednosti, *transmission power level* te interval odašiljanja poruka.

Uređaj napaja jedna CR2477 baterija s kojom uređaj može konstantno raditi više od 24 mjeseca. Raspon odašiljanja ovisi o *transmission power level* te okolini u kojoj je postavljen (zbog difrakcije i apsorpcije signala).

Struktura paketa

Uređaj odašilje dvije vrste paketa podataka: *advertising* i *scan response*.

Tokom rada uređaj kontinuirano odašilje *advertising* pakete i na taj način se "oglašava" okolnim uređajima. Drugi tip paketa, *scan response*, šalje se odmah nakon *advertising* paketa i sadrži dodatne informacije o odašiljaču, poput imena odašiljača, stanja baterije i slično.

Struktura *advertising* paketa je prikazana u tablici ??.

Advertising paketi zadovoljavaju Apple iBeaconTM standard.

Prvih devet bajtova paketa su unaprijed poznate konstante (poput informacije o proizvođaču). Njih slijedi šesnaest bajtova koji čine proximity UUID, dva bajta za *major* vrijednost, dva bajta za *minor* vrijednost, a posljednji bajt predstavlja RSSI vrijednost (engl. *Received Signal Strength Indication*) izmjeren jedan metar od Beacon uređaja.

Struktura *scan response* paketa je prikazana u tablici ??.

| Byte | Pretpostavljena (engl. default) vrijednost | Opis | Svojstvo |
|------|--|-------------------------|--------------------|
| 1 | 02 | Duljina podataka | constant preamble |
| 2 | 01 | Tip podataka - flags | constant preamble |
| 3 | 06 | LE, BF/EDR zastavice | constant preamble |
| 4 | 1a | Duljina podataka* | constant preamble |
| 5 | ff | Tip podataka* | constant preamble |
| 6 | 4c | Podaci o proizvođaču | constant preamble |
| 7 | 00 | Podaci o proizvođaču | constant preamble |
| 8 | 02 | Podaci o proizvođaču | constant preamble |
| 9 | 15 | Podaci o proizvođaču | constant preamble |
| 10 | f7 | Proximity UUID 1. bajt | user UUID |
| 11 | 82 | Proximity UUID 2. bajt | user UUID |
| 12 | 6d | Proximity UUID 3. bajt | user UUID |
| 13 | a6 | Proximity UUID 4. bajt | user UUID |
| 14 | 4f | Proximity UUID 5. bajt | user UUID |
| 15 | a2 | Proximity UUID 6. bajt | user UUID |
| 16 | 4e | Proximity UUID 7. bajt | user UUID |
| 17 | 98 | Proximity UUID 8. bajt | user UUID |
| 18 | 80 | Proximity UUID 9. bajt | user UUID |
| 19 | 24 | Proximity UUID 10. bajt | user UUID |
| 20 | bc | Proximity UUID 11. bajt | user UUID |
| 21 | 5b | Proximity UUID 12. bajt | user UUID |
| 22 | 71 | Proximity UUID 13. bajt | user UUID |
| 23 | e0 | Proximity UUID 14. bajt | user UUID |
| 24 | 89 | Proximity UUID 15. bajt | user UUID |
| 25 | 3e | Proximity UUID 16. bajt | user UUID |
| 26 | xx | Major 1. bajt | major value |
| 27 | xx | Major 2. bajt | major value |
| 28 | xx | Minor 1. bajt | minor value |
| 29 | xx | Minor 2. bajt | minor value |
| 30 | b3 | Jakost signala | signal power value |

4. Utvrđivanje relativne i apsolutne lokacije mobilnog uređaja

5. Radno okruženje Apache Cordova

Radno okruženje Apache Cordova je skup aplikacijsko programskih sučelja (engl. *application programming interface*, *API*) koji omogućavaju da razvijatelj mobilnih aplikacija pristupa osnovnim funkcijama mobilnog uređaja, poput kamere, sustava za pohranu podataka i telefonskog imenika preko JavaScript jezika. U kombinaciji sa radnim okruženjima poput Sencha Touch, Dojo Mobile i Ionic aplikacije za pametne telefone mogu se razvijati korištenjem samo HTML, CSS i JavaScript programskog jezika.

Korištenjem Apache Cordove programer je oslobođen pisanja aplikacija u nativnim jezicima uređaja (npr. Java za Android, Objective-C za iOS), već se koriste isključivo prethodno spomenute web tehnologije. Bez obzira na to što aplikacije nisu napisane u nativnim jezicima, Apache Cordova aplikacije se kompajliraju i pakiraju pomoću SDK (engl. *software development kit*, *SDK*) željene platforme stoga se aplikacije mogu i postaviti na trgovine aplikacija (engl. *app store*) dotične platforme.

Cordova nudi skup uniformnih JavaScript biblioteka čije funkcije programer može pozivati. One imaju podršku za povezivanje sa specifičnim platformama. Cordova je trenutno dostupna za sljedeće platforme: Android, iOS, Blackberry, Windows Phone, Palm WebOS, Bada i Symbian.

Službene Cordova JavaScript biblioteke navedene su u 5, dok je oko dvije stotine dodatnih biblioteka dostupno na službenom repozitoriju¹.

Za pristup *Bluetooth Low Energy* funkcijama mobilnog uređaja korištena je **Cordova BLE** biblioteka².

¹<http://plugins.cordova.io>

²<https://github.com/evonthings/cordova-ble>

Slika 5.1: Službene Cordova biblioteke

Battery Status

Omogućava nadgledanje stanja baterije uređaja.

Camera

Omogućava pristup kameri uređaja.

Contacts

Omogućava pristup telefonskom imeniku uređaja.

Device

Omogućava pristup specifičnim informacijama uređaja (npr. ime uređaja, operacijski sustav).

Device Motion (Accelerometer)

Omogućava pristup senzoru ubrzanja (akcelerometar).

Device Orientation (Compass)

Omogućava pristup kompasu uređaja.

Dialogs

Omogućava korištenje sustava obavijesti uređaja.

FileSystem

Omogućava korištenje datotečnog sustava uređaja.

FileTransfer

Omogućava pristup sustavu za prijenos datoteka.

Geolocation

Omogućava pristup prema geolokacijskom sustavu.

Globalizationg

Omogućava različite reprezentacije objekata ovisno o postavkama lokacije uređaja.

InAppBrowser

Omogućava otvaranje URL-ova u novoj instanci web-preglednika uređaja.

Media

Omogućava snimanje i reprodukciju audio datoteka.

Media Capture

Omogućava snimanje audio i video datoteka.

Network Information (Connection)

Omogućava pristup informacijama o stanju mreže uređaja.

Splashscreen

Omogućava manipuliranje početnog zaslona aplikacije.

Radno okruženje Ionic

Ionic je radno okruženje napisano sa HTML, CSS i JavaScript programskim jezikom čiji je cilj olakšati razvoj hibridnih mobilnih aplikacija³ stoga je ono jako dobar izbor prilikom izrade Cordova aplikacija. Ionic je primarno okrenut prema olakšanju izrade korisničkog sučelja, odnosno nudi cijeli niz funkcija koje razvijatelju olakšavaju izradu velikih i složenih mobilnih aplikacija. U pozadini, Ionic koristi danas sve popularnije JavaScript *frontend* radno okruženje AngularJS koje je namijenjeno izradi *single-page* web aplikacija. Korištenjem AngularJSa u Ionic je dodan cijeli niz direktiva⁴, filtera⁵, servisa⁶ i drugih funkcija koje programeru rješavaju cijeli niz problema poput osjetljivog dizajna (engl. *responsive design*), hvatanja raznih korisnikovih interakcija (dodiri s jedim ili više prstiju, povlačenje (engl. *swipe*) stavki, stezanju i širenju stavki (engl. *pinch*) i cijeli niz drugih).

Ionic se sastoji od dva temeljna dijela. Prvi dio čine CSS i Sass datoteke čija je svrha da razvijateljima olakšaju izradu vizualnog dizajna aplikacije. Drugi dio čine JavaScript datoteke i HTML predlošci koji pojednostavljuju izradu aplikacija složene arhitekture te programerima nude cijeli niz pomoćnih funkcija.

Ionic je relativno novo radno okruženje i u vrijeme pisanja ovog rada je u beta verziji. Unatoč tome, veliki broj funkcija već je implementiran i samo njihovim korištenjem mogu se napraviti velike, složene i vizualno privlačne mobilne aplikacije. Uz to, Ionic je izdan pod MIT licencom i njegov izvorni kod je javno dostupan na službenom Github repozitoriju⁷.

³Aplikacije napravljene korištenjem web tehnologija. Pokreću se unutar posebnog spremnika uređaja te koriste funkcije web preglednika za prikaz HTML sadržaja i izvođenje JavaScript kôda

⁴Posebne oznake DOM elemenata koje obavještavaju AngularJS HTML prevoditelja da transformira elemente ili im doda novo ponašanje.

⁵Funkcije za obradu ili transformaciju podataka koji se prikazuju korisniku. Npr. mogu se koristiti za abecedni prikaz elemenata liste, prikaz teksta isključivo velikim slovom itd.

⁶Jedinstveni objekti (engl. *singleton*) koji se koriste za dijeljenje funkcija i resursa unutar aplikacije.

⁷<https://github.com/driftyco/ionic>

6. Praktični rad

Klijentska aplikacija

klijentski app.

Poslužiteljska aplikacija

poslužiteljski app.

7. Zaključak

Zaključak.

LITERATURA

Utvrdjivanje mikrolokacije mobilnog uređaja u zatvorenom prostoru

Sažetak

Sažetak na hrvatskom jeziku.

Ključne riječi: Bluetooth, BLE, mikrolokacija, iBeacon, Android, iOS, Apache Cordova, Ruby on Rails, Ruby, JavaScript, razvoj mobilnih aplikacija

Determining a micro-location of a mobile device

Abstract

Abstract.

Keywords: Bluetooth, BLE, mikrolokacija, iBeacon, Android, iOS, Apache Cordova, Ruby on Rails, Ruby, JavaScript, mobile development