

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 680

**Utvrdjivanje mikrolokacije
mobilnog uređaja u zatvorenom
prostoru**

Ivan Kraljević

Zagreb, svibanj 2014.

Hvala Kafki i njegovom "samo jednom pivu".

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Tehnologija Bluetooth Low Energy	2
3. Odašiljači iBeacon	4
4. Utvrđivanje relativne i apsolutne lokacije mobilnog uređaja	11
5. Radno okruženje Apache Cordova	13
6. Praktični rad	16
7. Zaključak	17
Literatura	18

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 atmosferskih uvjeta (npr. oblačno nebo) do metala u okolini uređaja (Schneider, 2013). Dodatno, u zatvorenim prostorima dolazni signal satelita dodatno remete zidovi kroz koje oni prolaze i ostale prepreke u okolini. Posljedično, korištenje GPS-a za pozicioniranje i navigaciju u zatvorenim prostorima je izrazito nepouzđano i nepraktično.

Iz gore navedenih razloga očita je potreba za sustavom koji će moći pouzdano odrediti lokaciju korisnika u zatvorenom prostoru. Ovaj problem se našao u središtu velikog broja znanstvenih istraživanja pri čemu se većina 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 na kraju će se dati smjernice za daljnji razvoj. U drugom dijelu rada prikazati će se kako se Bluetooth Smart odašiljači mogu primijeniti 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 daljnjem 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* ili AAA 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 važno napomenuti da uređaji sa *single-mode* načinom rada ne mogu komunicirati sa uređajima koji koriste klasični Bluetooth protokol.

Bluetooth SIG predviđa da će do 2018. godine devedeset posto Bluetooth uređaja na pametnim telefonima podržavati i BLE. 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) mogu se 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.

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 ili slici), uz to, osoblje muzeja može pratiti koji su objekti najgledaniji i slično. U bolnici se može primijeniti tako da liječnik dobije sve podatke o pacijentu, od povijesti bolesti do trenutne dijagnoze, kada se približi njegovoj sobi ili krevetu. U trgovini se može iskoristiti tako da kupca obavijesti o predmetima na popustu u blizini. Također, iBeacon odašiljači mogu se iskoristiti i kao sustav plaćanja na sličan način kako se i NFC¹ tehnologija koristi (npr. beskontaktna plaćanja). Ovo su samo najjednostavniji i najopćenitiji slučajevi gdje se iBeacon tehnologija može ukomponirati, broj načina korištenja tehnologije je ogroman.

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 do nekoliko metara, dok je velika udaljenost iznad deset metara. Ove vrijednosti su aproksimativne jer ovisno o stvarnim uvjetima u kojima su odašiljači postavljeni signal može dosta varirati pa precizne vrijednosti nisu upotrebljive.

¹*Near field communication*, bežična tehnologija jako kratkog dometa korištena za komunikaciju između dva krajnja uređaja

Pošto je iBeacon tehnologija relativno nova, detaljna specifikacija nije javno dostupna stoga su gotovo svi proizvođači iBeacon odašiljača reverznim inženjerstvom otkrili značajan dio iBeacon Bluetooth profila.

Kada je Apple predstavio iBeacon tehnologiju objavili su aplikaciju AirLocate pomoću koje se iPhone ili iPad koji podržava BLE može ponašati kao iBeacon odašiljač. Također, pomoću iste aplikacije moguće je podesiti sve parametre odašiljača. Kombinacijom te aplikacije pokrenute na nekom iPhone ili iPad uređaju i uređaja koji može snimati Bluetooth Low Energy pakete (poput računala sa ugrađenim Texas Instruments CC2540 čipom) istraživači uključujući i (Young, 2013) su došli do strukture *advertising* paketa koja je prikazana u tablici 3.1.

Tablica 3.1: Struktura *advertising* paketa iBeacon odašiljača

Bajt	Vrijednost	Opis
1.	02	Duljina podataka - 2 bajta
2.	01	Tip podataka - zastavice
3.	X	LE i BR/ERD zastavice
4.	1A	Duljina podataka - 26 bajtova
5.	FF	Podaci o proizvođaču
6.	4C	Podaci o proizvođaču - Apple
7.	00	Podaci o proizvođaču - Apple
8.	02	Tip podataka
9.	15	Duljina podataka - 15 bajta
10.	X	<i>Proximity UUID</i> 1. bajt
11.	X	<i>Proximity UUID</i> 2. bajt
12.	X	<i>Proximity UUID</i> 3. bajt
13.	X	<i>Proximity UUID</i> 4. bajt
14.	X	<i>Proximity UUID</i> 5. bajt
15.	X	<i>Proximity UUID</i> 6. bajt
16.	X	<i>Proximity UUID</i> 7. bajt
17.	X	<i>Proximity UUID</i> 8. bajt
18.	X	<i>Proximity UUID</i> 9. bajt
19.	X	<i>Proximity UUID</i> 10. bajt
20.	X	<i>Proximity UUID</i> 11. bajt
21.	X	<i>Proximity UUID</i> 12. bajt
22.	X	<i>Proximity UUID</i> 13. bajt
23.	X	<i>Proximity UUID</i> 14. bajt
24.	X	<i>Proximity UUID</i> 15. bajt
25.	X	<i>Proximity UUID</i> 16. bajt
26.	X	<i>Major value</i> 1. bajt
27.	X	<i>Major value</i> 1. bajt
28.	X	<i>Minor value</i> 1. bajt
29.	X	<i>Minor value</i> 2. bajt
30.	X	RSSI na udaljenosti od 1m

X- vrijednosti ovise o postavkama konkretnog odašiljača

Izuzev trećeg bajta sa LE (*skraćeno od Low Energy*) i BR/ERD (*skraćeno od Blu-*

etooth Radio/Enhanced Data Rate) zastavicama prvih devet bajtova svakog paketa su jednaki kod svakog odašiljača. Nakon toga slijedi šesnaest bajtova koji čine *Proximity UUID*² parametar, dva bajta koji čine *Major value* parametar, dva bajta koja čine *Minor value* parametar te posljednji, trideseti, bajt koji sadrži RSSI³ izmjeren na udaljenosti od jednog metra. vrijednost

Konfigurabilni parametri *Proximity UUID*, *Major value* i *Minor value* koriste se za identifikaciju pojedinog odašiljača. Preporuča se korištenje tih vrijednosti na način da *Proximity UUID* bude nekakav globalni identifikator, a *Major value* i *Minor value* specifičniji identifikatori. Konkretno, *Proximity UUID* može biti oznaka konkretnog trgovačkog lanca, *Major value* oznaka konkretne trgovine, dok *Minor value* može biti oznaka konkretne kategorije u trgovini.

Posljednji bajt *advertising* paketa sadrži RSSI izmjeren na udaljenosti od jednog metra od odašiljača. On se koristi kod određivanja udaljenosti od odašiljača. Pošto jakost signala na nekoj udaljenosti ovisi o okolini u kojoj je uređaj postavljen, radi pouzdanijeg određivanja relativne udaljenosti od odašiljača preporuča se prije početka korištenja odašiljača izmjeriti RSSI na udaljenosti od jednog metra te pohraniti tu vrijednost u sam odašiljač.

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 energetska potrošnju.

Pojedini uređaj ima nekoliko konfigurabilnih parametara: ime uređaja, *Proximity UUID*, *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 (Kontakt.io, 2014a). Raspon odašiljanja ovisi o snazi odašiljanja signala (parametar *transmission power level*) te okolini u kojoj je odašiljač postavljen. Pri standardnoj (tvorničkoj) snazi odašiljanja iznosa -4 dBm, mobilni uređaj (ili bilo koji drugi uređaj sa područskom za BLE) može prepoznati odašiljač do oko šest metara udaljenosti, dok na najjačoj snazi odašiljanja iznosa 4 dBm, odašiljač se može prepoznati i na udaljenosti većoj od 20 metara.

²Universally unique identifier

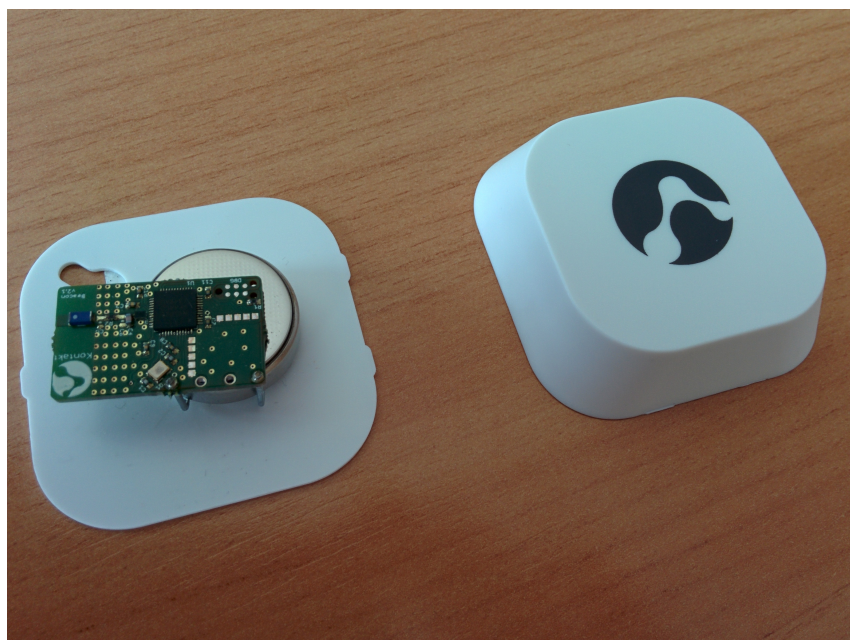
³received signal strength indicator, mjera jakosti primljenog signala

Tehnička specifikacija

Dimenzije odašiljača su $55\text{ mm} \times 55\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ te on teži svega 23 grama. Vanjski okvir je od ABS⁴ plastike, a uređaj napaja zamjenjiva CR2477 baterija s kojom odašiljač može raditi više od 24 mjeseca. Prema (Kontakt.io, 2014b) vrijeme rada može se dodatno povećati na čak šest godina ukoliko se smanje jakost odašiljanja i interval odašiljanja poruka.

Ostale karakteristike odašiljača su:

- Bluetooth Smart multiprotocol SOC⁵ IC⁶ kojega proizvodi Nordic Semiconductors
- 32-bitni ARM Cortex M0 procesor
- 256 kB flash memorije
- 16 kB RAM memorije
- Jakost odašiljanja u rasponu od -30 dBm do 4 dBm
- Dozvoljene brzine prijenosa: 250 kBs, 1 Mbs i 2 Mbs



Slika 3.1: Kontakt.io iBeacon odašiljač

Dozvoljene vrijednosti jakosti odašiljanja su: -30 dBm , -20 dBm , -16 dBm , -12 dBm , -8 dBm , -4 dBm , 0 dBm i 4 dBm .

⁴ Akrlonitril butadien stiren, izdržljiva plastika koja je pogodna za recikliranje

⁵ sustav na čipu (engl. *System on a chip*)

⁶ integrirani krug (engl. *integrated circuit*)

Struktura paketa

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

Tokom rada uređaj kontinuirano odašilje *advertising* pakete i na taj obavještava okolne uređaje o svojoj prisutnosti. Drugi tip paketa, *scan response* paket, šalje se odmah nakon *advertising* paketa i sadrži dodatne informacije o odašiljaču, poput imena odašiljača, stanja baterije i slično.

Struktura *advertising* paketa odgovara strukturi iBeacon *advertising* paketa navedenog u tablici 3.1, dok je struktura *scan response* paketa navedena u tablici 3.2.

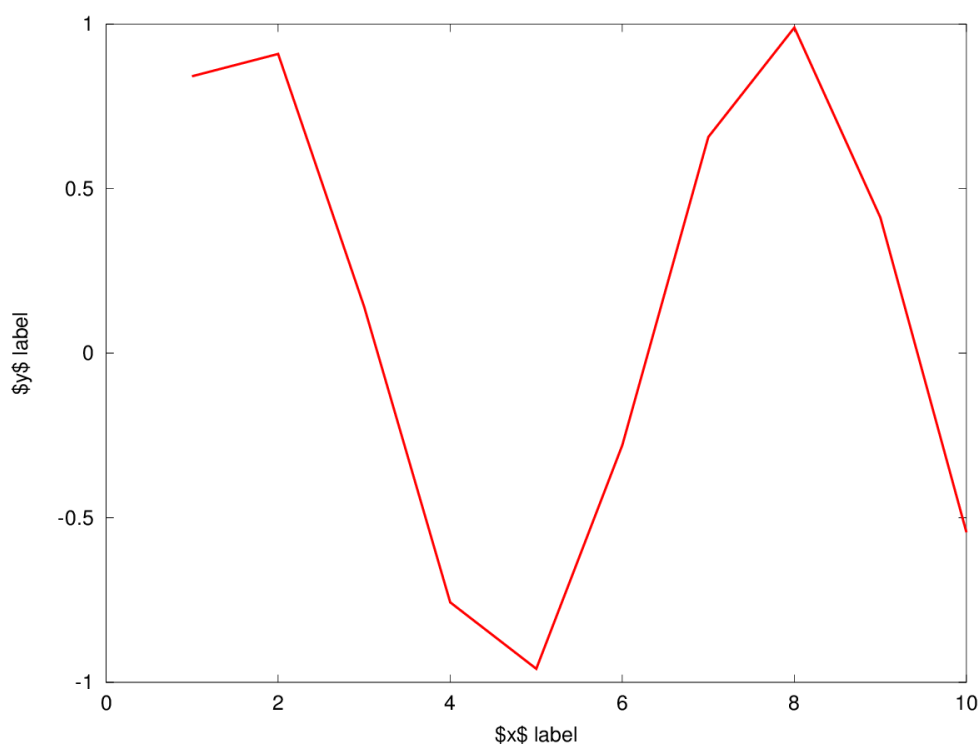
Tablica 3.2: Struktura *scan response* paketa

Bajt	Vrijednost	Opis
1.	08*	Duljina podataka - 8 bajta
2.	09	Tip podatka - Complete Local Name
3.	4B*	Lokalno ime uređaja
4.	6F*	Lokalno ime uređaja
5.	6E*	Lokalno ime uređaja
6.	74*	Lokalno ime uređaja
7.	61*	Lokalno ime uređaja
8.	6B*	Lokalno ime uređaja
9.	74*	Lokalno ime uređaja
10.	02	Duljina podataka - 2 bajta
11.	0A	Tip podataka - Tx Power Value
12.	F4	Tx Power Value
13.	0A	Duljina podataka - 10 bajta
14.	16	Tip podataka - service data
15.	0D	Service UUID 1. bajt
16.	D0	Service UUID 2. bajt
17.	X	Identifikator odašiljača 1. bajt
18.	X	Identifikator odašiljača 2. bajt
19.	X	Identifikator odašiljača 3. bajt
20.	X	Identifikator odašiljača 4. bajt
21.	X	Firmware version 1. bajt
22.	X	Firmware version 2. bajt
23.	X	Razina baterije

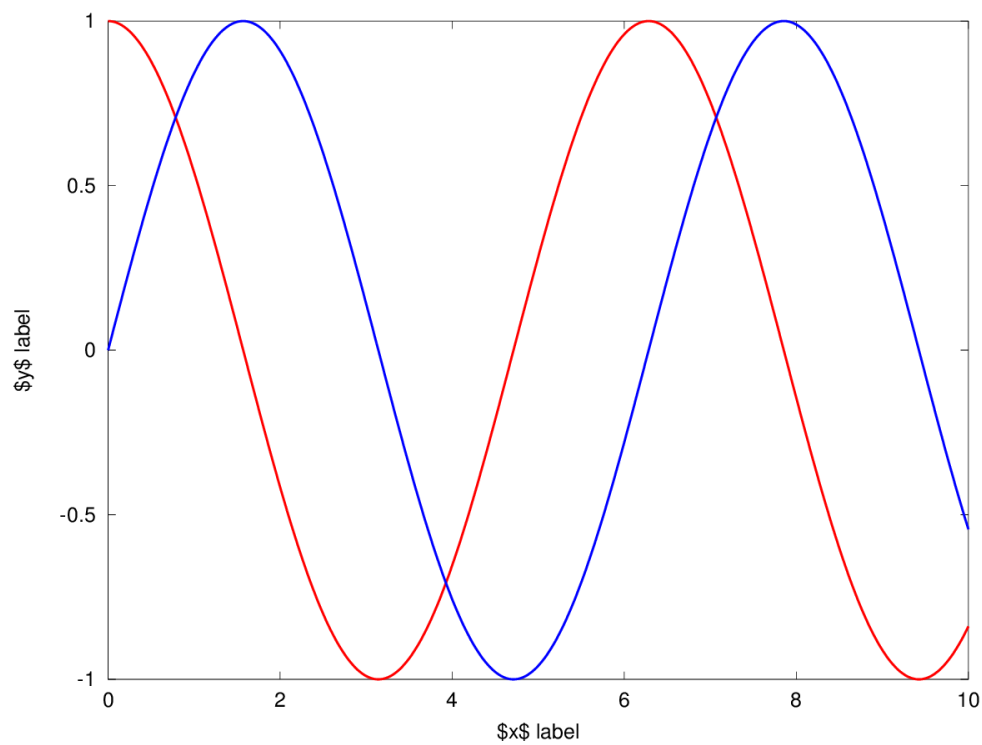
X - vrijednosti ovise o postavkama konkretnog odašiljača

* - varijabilne duljine, ovisi o duljini postavljenog imena odašiljača (max. 15 bajtova)

4. Utvrđivanje relativne i apsolutne lokacije mobilnog uređaja



Slika 4.1: grafka



Slika 4.2: grafka

Utvrđivanje relativne udaljenosti od odašiljača

Utvrđivanje apsolutne lokacije

Triangulacija

Trilateracija

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 mobilnoga 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 prevode 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 vizualnoga 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

- Michael Downes. *Short Math Guide for L^AT_EX*. American Mathematical Society, 2002. URL <ftp://ftp.ams.org/pub/tex/doc/amsmath/short-math-guide.pdf>.
- Robin Heydon. *Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook*. Prentice Hall, 2012. ISBN 013288836X,9780132888363.
- Kontakt.io. Kontakt.io beacon datasheet v2.0, 2014a. URL <http://docs.kontakt.io/beacon/kontakt-beacon-v2.pdf>.
- Kontakt.io. Tehnical specifications, 2014b. URL <http://kontakt.io/technology/technical-specification>.
- T. Oetiket, H. Partl, Hyna, i E. Schlegl. *The not-so-short introduction to Latex*. URL <http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/english/lshort.pdf>.
- David Schneider. You are here. *IEEE Spectrum*, stranice 30–35, 12 2013.
- David Young. *Reverse Engineering the iBeacon Profile*. Radius Networks, 2013. URL <http://developer.radiusnetworks.com/2013/10/01/reverse-engineering-the-ibeacon-profile.html>.
- Šime Ungar. *Uvod u T_EX s naglaskom na L^AT_EX2 ϵ* . Odjel za matematiku, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, 2002.

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