



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Miroslav Štěrba

Využití technologie iBeacon pro orientaci v prostoru

Diplomová práce

2020



K614..... Ústav aplikované informatiky v dopravě

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Miroslav Štěřba

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Využití technologie iBeacon pro orientaci v prostoru**

Název tématu (anglicky): Using iBeacon Technology for Orientation in Space

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Popis technologie iBeacon
- Analýza typů/parametrů iBeaconů
- Příklady již existujících řešení použití iBeaconů
- Návrh metodiky implementace iBeaconů pro orientaci v prostoru
- Návrh konkrétního řešení orientace v dopravním uzlu za pomoci iBeaconů
- Schématický návrh IS pro využití iBeaconů k orientaci v prostoru
- Zhodnocení kladů/záporů návrhu řešení



- Rozsah grafických prací: dle vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Gast M., Building Applications with IBeacon, O'Reilly Media, Inc, USA, 2014, 978-1491904572
Gilchrist C., Learning IBeacon, Packt Publishing, 2014, 978-1784397128
Statler S., Beacon Technologies: The Hitchhiker's Guide to the Beacosystem, Apress, 2016, 978-1484218884

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Kaliková, Ph.D.**
Ing. Jan Krčál, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: **26. června 2019**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **18. května 2020**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


.....
doc. Ing. Vít Fábera, Ph.D.
vedoucí
Ústavu aplikované Informatiky v dopravě


.....
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


.....
Bc. Miroslav Štěrba
jméno a podpis studenta

V Praze dne 26. června 2019

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Janě Kalikové, Ph.D. a Ing. Janu Krčálovi, Ph.D. za jejich rady, trpělivost a odborné vedení mé diplomové práce. Pod jejich vedením byla radost pracovat a učit se novým věcem. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janě Pecharové za poskytnutí materiálů a Mgr. Michaele Moryskové za cenné rady. Poděkování patří také rodině a blízkým za jejich trpělivost, morální a materiální podporu a také shovívavost při celém studiu na ČVUT.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 10. srpna 2020

.....

Miroslav Štěrba

Název práce: **Využití technologie iBeacon pro orientaci v prostoru**

Autor: Miroslav Štěrba

Obor: Logistika a řízení dopravních procesů

Druh práce: Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Jana Kaliková, Ph.D.

Ing. Jan Krčál, Ph.D.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá hledáním cesty (nejkratší, nejrychlejší, bezbariérové) pro osoby uvnitř budovy, respektive dopravního uzlu. Cílem práce byl návrh konkrétního řešení orientace v dopravním uzlu za pomoci technologie iBeacon. Tato technologie má velký potenciál tam, kde selhává navigace pomocí GPS, ale může se i zkombinovat s touto technologií. Po průzkumu trhu a pomocí vícekritériální analýzy jsem zvolil daný typ iBeaconu, který nejvíce splňoval mnou navržená kritéria a tento typ bude nasazen ve velkém množství v již zmiňovaném dopravním uzlu. Velkým přínosem jsou metodická doporučení pro rozmístění a nastavení iBeaconů, která se dají implementovat pro jakýkoliv půdorys. Dalším přínosem je také to, že je myšleno i na osoby s omezenou schopností pohybu a orientace, kterým tato technologie a její využití výrazně ulehčí orientaci v daném místě. V závěru je zobrazen návrh informačního systému pro využití iBeaconů k orientaci v prostoru.

Klíčová slova

iBeacon, maják, iOS, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, aplikace

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the search for a way (shortest, fastest, barrier-free) for people inside a building or more precisely a transport hub. The objective of the work was to design a specific orientation solution inside a transport hub using the iBeacon technology. This technology has a great potential where the GPS navigation fails, but it can be also combined with this technology. After market research and a multi-criteria analysis I chose the given type of the iBeacon, which met best my proposed criteria and this type will be applied in large quantities in the already mentioned transport hub. Methodological recommendations for the deployment and setup of iBeacons which can be implemented for any floor plan are of a great benefit. It is also great that it bears in mind people with limited mobility and orientation, since this technology and its utilization will essentially make their orientation in the given place easier. Finally, there is to be found a design of an information system using iBeacons for orientation in space.

Keywords

iBeacon, beacon, iOS, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, application

Obsah

Seznam použitých zkratek	8
1 Úvod.....	9
2 Elektronické majáky	11
2.1 Pojmy.....	11
2.1.1 iBeacon.....	11
2.2 Analýza parametrů	12
2.2.1 UUID	12
2.2.2 RSSI.....	12
2.2.3 Výkon.....	13
2.2.4 Frekvence (perioda) vysílání.....	13
2.2.5 Baterie	13
2.2.6 Vzdálenost	14
2.3 Princip iBeaconu	15
2.4 Výhody a omezení technologie iBeacon.....	16
2.5 Technologie	17
2.5.1 Bluetooth Low Energy	17
2.5.2 NFC.....	18
2.6 Porovnání zařízení OS.....	19
3 Příklady existujících řešení použití iBeaconů	22
3.1 Škodův palác.....	22
3.2 Westfield Chodov.....	24
3.3 Muzeum Grévin v Praze	27
3.4 ZDAR4Y	29
3.5 Zahraniční	30
4 Analýza typů iBeaconů	31
4.1 Typy iBeaconů na trhu	31
4.1.1 Aruba beacons (HP).....	31
4.1.2 Estimote	32
4.1.3 Wireless BLE ibeacon modul NRF51822.....	33
4.1.4 iBKS 105	34
4.1.5 MOKOSmart beacons	35
4.1.6 Kontakt beacons	37

4.1.7	Radius Networks.....	38
4.1.8	FEASYCOM.....	39
4.1.9	JAALÉE	39
4.2	Zhodnocení iBeaconů z hlediska váhových kritérií	41
4.2.1	Popis parametrů – přiřazení vah jednotlivým parametrům.....	41
4.2.2	Vícekritériální analýza	50
5	Návrh metodiky implementace iBeaconů pro orientaci v prostoru.....	51
5.1	Navigace uvnitř budovy	51
5.2	Vlastní testování Estimote beaconů	52
5.2.1	Úbytek stavu baterie.....	52
5.2.2	Testování uvnitř budovy.....	56
5.3	Experimenty.....	59
5.3.1	Experiment číslo 1 – Přesnost ve vzdálenosti 1,5 m.....	59
5.3.2	Experiment číslo 2 – Přesnost vs vzdálenost.....	59
5.3.3	Experiment číslo 3 – Úroveň výkonu	60
5.3.4	Experiment číslo 4 – Rotace majáku	61
5.3.5	Experiment číslo 5 – Vliv periody vysílání na přesné orientování.....	64
5.4	Návrh metodiky za pomoci získaných informací u přestupu Florenc B na Florenc C 66	
5.5	Metodická doporučení pro nastavení	70
5.5.1	Vlastní nastavení iBeaconů.....	71
5.6	Metodická doporučení pro rozmístění	73
5.7	Trasy.....	76
5.7.1	Popis tras	78
6	Návrh konkrétního řešení orientace v dopravním uzlu za pomoci iBeaconů	85
6.1	Přestupní uzel Florenc.....	86
6.1.1	Technické parametry a místnosti důležité pro rozmístění a nastavení iBeaconů 87	
	• Vestibuly.....	88
	• Výtahy.....	88
	• Toalety	89
	• Přestup	89
6.2	Scénáře pro přestup stanice metra C Florenc – ÚAN Florenc	90
6.2.1	ekonomická varianta	90
6.2.2	vybalancovaná varianta	96

6.2.3	nákladná varianta	101
7	Schématický návrh IS pro využití iBeaconů k orientaci v prostoru	106
7.1	Návrh IS – obecné schéma.....	106
7.2	Návrh aplikace.....	108
8	Cenová kalkulace	112
8.1	Varianty cenové kalkulace.....	114
9	Zhodnocení kladů/záporů návrhu řešení	123
10	Závěr.....	125
	Seznam použité literatury	127
	Seznam obrázků	131
	Seznam tabulek	133
	Seznam grafů	134
	Seznam příloh	135
	Příloha 1: Souhrnná tabulka parametrů	135

Seznam použitých zkratek

GPS	Global Positioning System
Wi-Fi	Wireless Fidelity
BLE	Bluetooth Low Energy
NFC	Near Field Communication
QR	Quick Response
UUID	Universally Unique Identifier
RSSI	Received Signal Strength Indicator
API	Application Programming Interface
SDK	Software Development Kit
ÚAN	Ústřední autobusové nádraží
SSZ	Světelné signalizační zařízení
OOSPO	Osoby s omezenou schopností pohybu a orientace
IS	Informační systém
SW	Software

1 Úvod

Určení pozice v otevřeném prostoru je velmi dobře řešeno satelitními navigačními systémy, zejména systémem GPS. Problém je však v uzavřených budovách. Zde je obvykle GPS signál poměrně slabý až nepoužitelný. Hledají se proto technologie, jak toto omezení eliminovat. Rámcově tento problém řeší technologie označovaná jako asistovaná GPS (A-GPS). Ta kombinuje signál ze satelitů se signálem ze základových stanic mobilních vysílačů, Wi-Fi hotspoty atp. Nicméně lokalizace založená na této technologii není zpravidla příliš přesná. Proto se hledají alternativní přístupy, které umožní přesnost zvýšit. Jednou z možností je využít technologie založené na rádiovém přenosu s krátkým dosahem mezi, které patří například řešení *iBeacon* firmy *Apple*. [1]



Obrázek 1: 3 systémy řešící lokalizaci: GPS vs. WiFi vs. majáky [2]

Lokalizace se řeší tedy pomocí GPS a Wi-Fi. GPS je americký systém, ale u nás používáme evropský, se kterým mají například nevidomí lidé problémy, protože v městské zástavbě nebyla viditelnost družic a lokalizace selhávala. Wi-Fi je technologie bezdrátového přenosu dat označující standardy IEEE 802.11. V dnešním světě je to nejpoužívanější technologie pro bezdrátovou komunikaci. Spotřeba energie u zařízení používající tuto technologii je poněkud vyšší než u BLE, a proto není efektivní používat baterie pro provoz. [1]

Poloha GPS a poloha Wi-Fi jsou v mnoha ohledech velmi doplňkovými technologiemi. Zdá se, že silné stránky jednoho z nich zesilují slabiny druhého. S GPS je to nejlepší venku. Síla satelitního signálu funguje velmi dobře, když jste na volném prostranství. GPS je také velmi silný v neobydlených oblastech, kde není nikde celá řada sítí Wi-Fi. V těchto situacích je GPS zdaleka nejlepším řešením.

Dokonce i ve městech GPS bojuje, protože jeho signály se mohou odrazit od ostatních struktur a budov, což ztěžuje získání polohy. Velká města také neumožňují mít jasný výhled na oblohu s různými výškami a dalšími budovami, které tento pohled nějakým způsobem zakrývají.

U Wi-Fi je zajímavé to, že vaše zařízení nemusí být připojeno k těmto sítím, stačí si uvědomit, že tam je síť Wi-Fi a změřit jeho sílu signálu. A s těmito informacemi jsou různí poskytovatelé schopni přesně určit vaši polohu na základě relativní síly signálu těchto různých dostupných sítí Wi-Fi.

Majáky jsou zase nejlepší dostupnou technologií, která usnadňuje umístování polohy v interiéru ve větší míře; poskytovat uživatelům hypertextové osobní zprávy; a shromažďovat podrobnější uživatelské informace.

Když bych to shrnul, tak máme pro lokalizaci různé technologie, které mají své výhody i nevýhody. Já si pro další práci vybírám technologii iBeacon, tedy majáků, kterou v dalších kapitolách rozeberu.

Práce je rozdělena do několika kapitol. V první kapitole je vysvětlena samotná technologie iBeacon, kterou v roce 2013 vyvinula firma Apple zejména pro marketingové účely. Navazuje analýza typů a parametrů této technologie.

V další kapitole jsem se zaměřil na příklady existujících řešení použití iBeaconů v České republice, ale i ve světě.

Třetí kapitola se zabývá návrhem metodiky a konkrétního řešení orientace v dopravním uzlu za pomoci iBeaconů, testováním aplikace v různých testovacích prostředích. Součástí této kapitoly je také vyhodnocení přesnosti dané technologie včetně porovnání s dalšími mikro-lokalizačními technologiemi.

V poslední kapitole je schematicky navrhnut informační systém a zhodnocení kladů a záporů navrženého řešení.

2 Elektronické majáky

2.1 Pojmy

2.1.1 iBeacon

Elektronické majáky (Beacons), které slouží k periodickému vysílání informací obecně jakéhokoliv typu a jejich příjmu na chytrých telefonech. Je to analogie se skutečnými pobřežními majáky, které vysílají v určitých intervalech světlo a pomocí těchto signálů dovedou lodě přes zrádná skaliska spolehlivě do přístavu. [3]

Technologii iBeacon uvedla v roce 2013 společnost Apple jakožto specifikaci standardů pro nízkoenergetické Bluetooth vysílače, tzv. beacony či spoty, které dokáží mobilním zařízením předávat svoje identifikační informace.

Vzdálenost komunikace je omezená pouze silou signálu Bluetooth, což je ve většině případů okolo 10 metrů. Technologie iBeacon umožňuje mikrolokaci a interakci mobilního zařízení ve fyzickém světě. To dosud bylo možné například pomocí technologií NFC (Near Field Communication), které umožňovaly komunikaci maximálně do vzdálenosti 10 cm nebo pomocí QR kódu, který ovšem vyžaduje přímou viditelnost mezi kódem a zařízením. [4]

Technologie má široké využití především v marketingu - obchody, dále muzea, sportoviště, konference, výstavy, letiště, ale také v rámci úřadů nebo kulturních institucí.

Technologie byla představena společností Apple a jako první byla implementována do zařízení s iOS 7. Sensory podporující tento protokol fungují v módu TX-only a periodicky (nejčastěji v intervalech 100 ms – 1 s) vysílají do svého okolí formou tzv. Advertisingu následující informace sloužící k identifikaci senzoru:

- proximity UUID: unikátní ID výrobce: bude sloužit jako jedinečný identifikátor pro prostor
- major: číselné ID úrovně 1
- minor: číselné ID úrovně 2
- Tx power: síla vysílaného signálu; slouží k výpočtu vzdálenosti od iBeacon [4]

Bezpečnost této technologie je vyhovující, neboť Bluetooth umožňuje šifrovanou komunikaci.

Tabulka 1: Přehled identifikačních parametrů používaných v technologii iBeacon [5]

Pole	Velikost	Hodnota	Popis
UUID	16 Bytů	např. B0702880-A295-A8AB-F734-031A98A512DE	Univerzálně jedinečný identifikátor sdílený mezi souvisejícími majáky
Major	2 Byty	0 až 65535	Slouží pro rozdělení sady beaconů na menší regiony. Nejvýznamnější hodnota majáku. Číslo skupiny.
Minor	2 Byty	0 až 65535	Slouží pro jemnější rozdělení na subregiony. Nejméně významná hodnota majáku. Číslo člena ve skupině.

2.2 Analýza parametrů

2.2.1 UUID

UUID (*Universally Unique Identifier*, univerzální jedinečný identifikátor), též známý jako GUID (*Globally Unique Identifier*, globálně jedinečný identifikátor) je 128-bitová hodnota. Standardní formát pro UUID je reprezentován jako text v ASCII oddělený pomlčkami, například 68753A44-4D6F-1226-9C60-0050E4C00067. Dále signál poskytuje hodnotu *major* a *minor*. Obě hodnoty jsou nepovinné, mají velikost 2 byty, jsou celočíselného formátu a dále rozlišují region identifikovaný pomocí UUID na další sub-regiony. V případě použití i *minor* hodnoty, bude region rozdělen první podle *major* a v případě shody ještě rozdělen podle *minor*. [1]

2.2.2 RSSI

RSSI (*Received Signal Strength Indicator*, indikátor síly přijatého signálu). RSSI je měření síly signálu na rádiové lince a může být použito pro zaměření polohy, zjištění přenosové kvality a kontrole výkonu. [1] Síla signálu by měla být přímo úměrná vzdálenosti. Čím vyšší je číslo RSSI, tím silnější je signál.

Pro indoor navigaci je tato hodnota nejdůležitější, protože se z ní vypočítává odhadovaná vzdálenost od beaconu. Je možné určit hrubou vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem použitím získané síly signálu u přijímače pomocí vztahu:

$$P_R = P_0 - 10_\gamma \log d$$

P_R je naměřená síla signálu

P_0 je síla signálu na vzdálenost 1 m od vysílače

d je vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem v metrech
 γ je koeficient úbytku síly signálu [1]

2.2.3 Výkon

Výkon iBeaconu je spojen s energií. Čím častěji iBeacon vysílá, tím se baterie rychleji vybíjí a je potřeba ji po jisté době vyměnit. Pro naši aplikaci je důležité, aby se dal výkon nastavit. Meridian rozlišuje mezi Location a Proximity. Location má nějaký přednastavený výkon, který nelze měnit, u Proximity lze použít 3 přednastavené hodnoty:

- *Low, Medium a High*

Pro upozornění, že byste chtěli spouštět na větší vzdálenost, použijte nízký výkon. Pro majáky, které byste chtěli spustit na maximální vzdálenost, použijte vysoký výkon. Architektonické a environmentální faktory budou mít vliv na vzdálenost, ve které jsou oznámení spouštěna.

2.2.4 Frekvence (perioda) vysílání

Frekvence vysílání iBeaconu závisí na konfiguraci iBeaconu a může být změněna za použití specifických metod zařízení. Frekvence vysílání je parametr, který lze nastavit a má vliv na životnost baterie. Vyšší frekvence vysílání snižuje životnost baterie nejen iBeaconu, ale i smartphonu. Souvisí také s přesností lokalizace.

Nastavení periody určuje, jak často bude maják vysílat svůj paket (tj. v podstatě říká blízkým zařízením: „Jsem tady!“). Obvykle se měří v milisekundách (ms), ale lze ji měřit i v sekundách (s) v nejvyšších intervalech periody.

2.2.5 Baterie

Většina majáků je vybavena plochými kulatými bateriemi. Jedná se o lithium-iontové baterie, které i přes svou velikost poskytují kapacitu až 1000 mAh.

Měla by vydržet v řádu od 1 do 24 měsíců. Spotřeba energie závisí na tom, jak iBeacon často vysílá, tedy na vysílacím výkonu. Čím větší baterie, tím iBeacon vydrží déle vysílat a měl by být bezúdržbový. Spotřeba baterie u telefonů je faktorem, který je třeba vzít v úvahu při zavádění aplikace. Starší telefony mají tendenci spotřebovávat větší množství energie baterie v blízkosti iBeaconů, zatímco novější telefony mohou být účinnější ve stejném prostředí. Je třeba najít správnou rovnováhu mezi citlivostí aplikací a spotřebou baterie.

Důležitá informace, kterou by měl iBeacon vysílat do aplikace, je ta o stavu energie v baterii.

2.2.5.1 Typy baterií

- CR2477: 1,5 – 2 roky (výdrž baterie), 1000 mAh

- CR2450: 620 mAh
- CR2032: 210 – 240 mAh
- CR2016
- USB
- Power Outlet
- AA: 2000 mAh



Obrázek 2: Napájení pro iBeacony [6]

Tabulka 2: Závislost vysílacího výkonu na životnosti baterie [6]

Výkon TX (dBm)	Advertising interval (ms)					
	100 ms	200 ms	300 ms	400 ms	500 ms	1000 ms
+4	7	13,5	17,5	23	32	58
0	8	16	20	27	39	60+
-4	10,5	20,5	23	30	44	60+
-12	11	22	27	32,5	46,5	60+
-30	12	23	28	36	50	60+

2.2.6 Vzdálenost

Vzdálenost se dá vyjádřit přímo v metrech, ale iBeacon pracuje spíše se čtyřmi hladinami vzdálenosti (angl. proximity zones). Těmi jsou Immediate, Near, Far a Unknown.

- *Immediate*: bezprostřední, cca do 0,5 m,
- *Near*: blízká, 0,5 - 2 m,
- *Far*: vzdálená, 2 - 30 m,
- *Unknown*: můžeme přijmout signál, ale není možné rozpoznat vzdálenost



Obrázek 3: Znárodnění základních úrovní vzdálenosti u technologie iBeacon [5]

Samotnou vzdálenost od vysílače (iBeaconu) lze vypočítat více způsoby. Jeden z možných přístupů definuje Cho [7], dle kterého je vhodný následující vzorec:

$$P_{RX} = txPower - 10 \gamma \log(d) + X_g$$

Pro výpočet požadované vzdálenosti d je nutné definovat tyto veličiny:

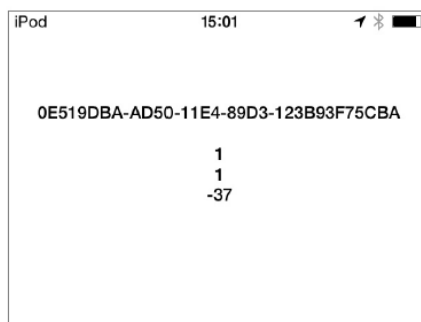
- P_{RX} – přijatý výkon (signál) z vysílače
- $txPower$ – známá síla signálu (poměr RSSI⁹ a kalibrační hodnoty iBeaconu) ve vzdálenosti 1 m od vysílače
- γ – útlum signálu způsobený vzdáleností od zařízení
- d – vzdálenost, kterou chceme vypočítat
- X_g – náhodná normální veličina s nulovou střední hodnotou, která značí útlum způsobený prostředím

Tabulka 3: Konstanty útlumu signálu pro jednotlivá prostředí [8]

Konstanta	Prostředí
1.6 – 1.8	Uvnitř budovy, přímá viditelnost
2.0	Volný prostor
2.09	Pracovní místnost se stolem a židlemi (15 m x 7,6 m)
2.2	Kamenná prodejna
2 – 3	Uvnitř továrny, bez přímé viditelnosti
2.7 – 4.3	Kancelářská budova, bez přímé viditelnosti

2.3 Princip iBeaconu

Po startu aplikace je ihned vidět, jestli jsme v oblasti pokryté signálem *iBeacon*. Pokud ano, na displeji se zobrazí dostupné informace o vysílači, tedy **UUID, čísla major, minor a hodnota RSSI**. [1]



Obrázek 4: Informace o přijatém iBeacon [1]

Uživatel musí mít předem nainstalovanou aplikaci, která s danými iBeacons umí pracovat a samotné iBeacons zatím nemají žádný mechanismus, jak danou aplikaci distribuovat.

2.4 Výhody a omezení technologie iBeacon

Jakožto každá technologie, také iBeacon má své silné a slabé stránky. Pokud se podnik rozhodne tuto technologii využívat, přinese mu mnoho výhod např. snížení nákladů. Jelikož jsou informace poskytovány zákazníkům prostřednictvím Beaconu, není zapotřebí detailní školení zaměstnanců. V oblasti cestovního ruchu například ušetří náklady v podobě vícejazyčných informačních panelů, tabulí. Podnikům přináší mnoho užitečných aktuálních informací o zákaznících (pohyb, zakoupené zboží, zájem o konkrétní sortiment, zvyky), které je poté možno využít v marketingu a přesně cílené nabídce (reklamy, pobídky k vyzvednutí, slevy na zboží). Mezi hlavní benefity patří snadná instalace a nízké náklady na provoz, protože se využívá levnější varianta Bluetooth. Jelikož iBeacon je schopen rozpoznat pozici objektu v budovách se značnou přesností, je ideálním doplňkem k technologii GPS a může být i levnější variantou Wi-Fi právě Beacon - například ve školních institucích, jelikož studenti prostřednictvím technologie získávají například potřebné materiály ke studiu (elektronické knihy, videa) a během výuky nejsou rozptylováni možnostmi, které Wi-Fi nabízí. Jelikož iBeacon prostřednictvím aplikací poskytuje aktuální informace (např. kolik času zbývá do cílového místa na letišti) s možností virtuálních map, videí, přidávání komentářů – chatování apod., přispěje k prožití dovolené bez stresu a starostí. Stinnou stránkou iBeacon je nemožnost oslovení zákazníků, kteří nepoužívají moderní technologie a nevlastní chytré mobilní zařízení s operačním systémem iOS či Android. Některé potenciální uživatele může odradit fakt, že skrze iBeacon obchodníci získají mnoho informací, tudíž se jedná o určitou ztrátu soukromí. Negativem je také nutnost instalace příslušné aplikace, bez které nelze zmíněné výhody využívat. Předpokladem je také zapnuté Bluetooth (od iOS 7 zařízení samo spustí Bluetooth), povolení přijímat lokalizační služby a oznámení prostřednictvím příslušné aplikace. Pokud bude tuto technologii využívat většina podniků na upozornění a přilákání zákazníků prostřednictvím slev, stanou se tak uživatelé k těmto pobídkám imunní. [9]

2.5 Technologie

2.5.1 Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy (BLE, někdy také jako Bluetooth 4.0 nebo Bluetooth Smart) je bezdrátová technologie provozovaná v pásmu 2,4 GHz, což je také nejčastější používaná frekvence Wi-Fi. Zaměřuje se na aplikace s velmi nízkou spotřebou a je vyvíjená firmami sdruženými ve skupině s názvem Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG). Vývoj BLE fakticky začal již v roce 2006 (pod názvem Wibree) a ke zveřejnění specifikace označované jako BLE 4.0 došlo v roce 2010. Prvním smartphonem, který implementoval specifikaci 4.0, byl iPhone 4S, vydaný v říjnu 2011. Tři roky poté byla uvolněna specifikace pro BLE 4.1 obsahující několik vylepšení a v roce 2014 byla na světě další verze – BLE 4.2, která obsahuje několik podstatných změn. Ty nejvýraznější se týkají párování (navazování šifrované komunikace) a topologie sítě (volnější uspořádání sítě umožňující vytvoření rozsáhlých sítí). V budoucnu se chystá podpora pro rychlejší datové přenosy (2 MBit/s místo stávajícího 1 Mbit/s) a přenosy na větší vzdálenosti. [3]

Proč je BLE tak důležitý:

Nejprve vysílá rádiové vlny, které mohou procházet fyzickými bariérami, jako jsou stěny, na rozdíl od Wi-Fi nebo buněčných signálů, které jsou často narušeny.

Za druhé, BLE spotřebuje pouze zlomek energie baterie (2-3 %), kterou používá klasická technologie Bluetooth.

Výhody Bluetooth Low Energy

- Standardní protokol a schopnost pracovat napříč platformami a zařízeními
- Dobře zdokumentovaná a standardizovaná architektura vývoje aplikací
- Velmi nízká spotřeba energie pro zachování životnosti baterie zařízení
- Nejlepší volba pro kontextové zprávy
- Široce dostupná technologie
- Přihlášení (vyžaduje souhlas uživatele)
- Vysoká přesnost díky detekci blízkosti (spouštění zpráv na základě polohy uživatele ve vztahu k majáku)

Nevýhody Bluetooth Low Energy

- Nižší dosah než GPS
- Není ideální pro venkovní prostředí
- Vyžaduje mobilní aplikaci

2.5.2 NFC

NFC umožňuje bezdrátový přenos dat (automatickou identifikaci) na krátké vzdálenosti (cca 20 cm) prostřednictvím elektromagnetické indukce. Předchůdcem NFC je RFID technologie, která se skládá také z tagů, čtecího zařízení a middleware. NFC je často zakomponováno do chytrých mobilních zařízení. Přenosová rychlost je velmi malá (stovky kilobitů za sekundu). Výhodou je možnost obousměrné komunikace. V porovnání s iBeacon má NFC technologie menší dosah. IBeacon také nevyžaduje vlastní interakci zákazníka. Umožňuje analyzovat jeho pohyb a případně navigovat do konkrétní sekce. Beacon umožňuje individuální zacílení na zákazníka (nabídky na míru, video, přivítání v obchodě).

NFC technologie je využívána v oblasti platebních, věrnostních karet, elektronických jízdenek a vstupenek, zobrazení informací o produktu, odkazu na slevy či stránky. Obě vymoženosti umožňují obousměrnou komunikaci a platbu prostřednictvím chytrého mobilního zařízení s nutností instalace příslušné aplikace. Nutností je ovšem podle autora IS ochrana dat získaných prostřednictvím obou technologií (iBeacon nutná větší ochrana – větší objem získaných dat). Náklady na pořízení se odvíjejí v závislosti na použití – např. použití NFC technologie při platbách bezkontaktními kartami - nutné je pořízení tagů, čteček a softwarové aplikace, jenž bývá součástí čteček. Jedná se o levnější variantu než v případě využití iBeaconu zejména z důvodu nutnosti vývoje mobilní aplikace nutné k fungování technologie od společnosti Apple. iBeacon má v porovnání s NFC technologií větší potenciál zejména v oblasti turismu a přináší zážitek z nakupování a cestování. [9]

2.6 Porovnání zařízení OS

Systém pro určení polohy je složen ze dvou částí, a to vysílače signálu, který je statický, a přijímače s obslužnou aplikací. Je důležité, aby uživatel měl při využívání tohoto systému co největší komfort a nepotřeboval u sebe mít další zařízení. A proto se použitelnost spousty technologií snížila na ty, které máme téměř vždy u sebe – chytrý mobilní telefon, tablet a další multimediální zařízení čili Wi-Fi a BLE. [1]

Bluetooth Low Energy bylo navrženo pro komunikaci s nízkou spotřebou energie. Při porovnání s Wi-Fi, které při vysílání spotřebovává 210mW, potřebuje BLE pro vysílání jen zlomek energie – 0,147mW. Díky tomu si senzory používající tuto technologii vystačí pouze s klasickou knoflíkovou baterií, která dokáže napájet senzor v některých případech až rok. [4]

Nejsemnější použití technologie iBeacon je právě skrze mobilní telefony, které mají různé operační systémy (iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry). Pro práci s technologií iBeacon se zaměřuji na první dva operační systémy, protože jsou nejvíce zastoupené. Pro ostatní to není ekonomicky zajímavé.

Mobilní telefony koncového uživatele musí být zapnuté Bluetooth. S nejnovějšími operačními systémy iOS a Android je však zařízení schopno provádět určité skenování BLE, i když je vypnuto. Zejména společnost Apple velmi tlačí směrem k tomu, aby všichni koncoví uživatelé měli Bluetooth povoleno, protože to vyžaduje velké množství příslušenství. Telefon je stále schopen používat Bluetooth pro určování polohy, pokud je vypnutý - je vypnuto pouze párování se zařízeními Bluetooth.

iOS

iOS zařízení podporují technologii iBeacon od verze 7.0 a vyšší. Nejnovější verze je iOS 13. Mobilní zařízení, které podporují iBeacon technologii na iOS jsou:

- *iPhone 4, 4s a novější,*
- *iPad (3. generace) a novější,*
- *iPad 2,*
- *iPad mini,*
- *iPod Touch (5. generace) a novější,*
- *MacBooky s OS X Mavericks*

Android

Mobilní operační systém Android zavedl podporu pro tuto technologii od verze Android 4.3. Verze nižší než Android 4.3 neobsahují standard Bluetooth 4.0. Ve verzi 4.3 lze signál od vysílačů pouze přijímat, avšak od verze 5.0 lze také signál vysílat. V dnešní době už máme

navíc aktualizaci na Android 10. Mobilní zařízení, která podporují iBeacon technologii na Android jsou např.:

Samsung:

- *Galaxy S3, S4 a S4 mini, S9 (S), S9+ (S), S10 (S), S10+ (S), S10e (S),*
- *Galaxy Note 2 a 3, Note9 (S), Note10, Note10+ (S),*

OnePlus:

- *One,*
- *7, 7 Pro, 7T, 6, 6T*

LG:

- *G3, G7 One, G8,*
- *Lexus 7, Nexus 4, 5 a 7*

Sony:

- *Xperia 1 (S), 5 (S), XZ2, XZ3*

Windows Phone

Aktuální verze je Windows Mobile 10. Windows Phone zařízení jsou podporované od verze Lumia Cyan a novější.

Hodinky

Podporovaná zařízení jsou: Pebble Watch, Samsung Galaxy Gear, Kreyos, Meta Watch

USB modul

System, který také využívá technologii iBeacon.

Moduly pro Arduino

Raspberry Pi

Raspberry Pi je označení malého počítače, který je sám o sobě nezakrytou deskou plošných spojů a jeho výkon je srovnatelný se slabším desktopovým počítačem. Přes USB k němu lze připojit klávesnici a myš. [10]



Obrázek 5: Mini PC Raspberry PI2 [10]

3 Příklady existujících řešení použití iBeaconů

3.1 Škodův palác

Škodův palác je sídlem magistrátních úředníků, kde lze vyřídit řadu věcí. Poplatky za komunální odpad, registrace psů, vyřízení Lítačky, ověřování podpisů, výpis z živnostenského rejstříku, kotlíkové dotace – to a mnoho dalšího vás zavede právě sem. Jde však o velmi rozsáhlou a spletitou budovu, kde svého úředníka občas jen stěží najdete.

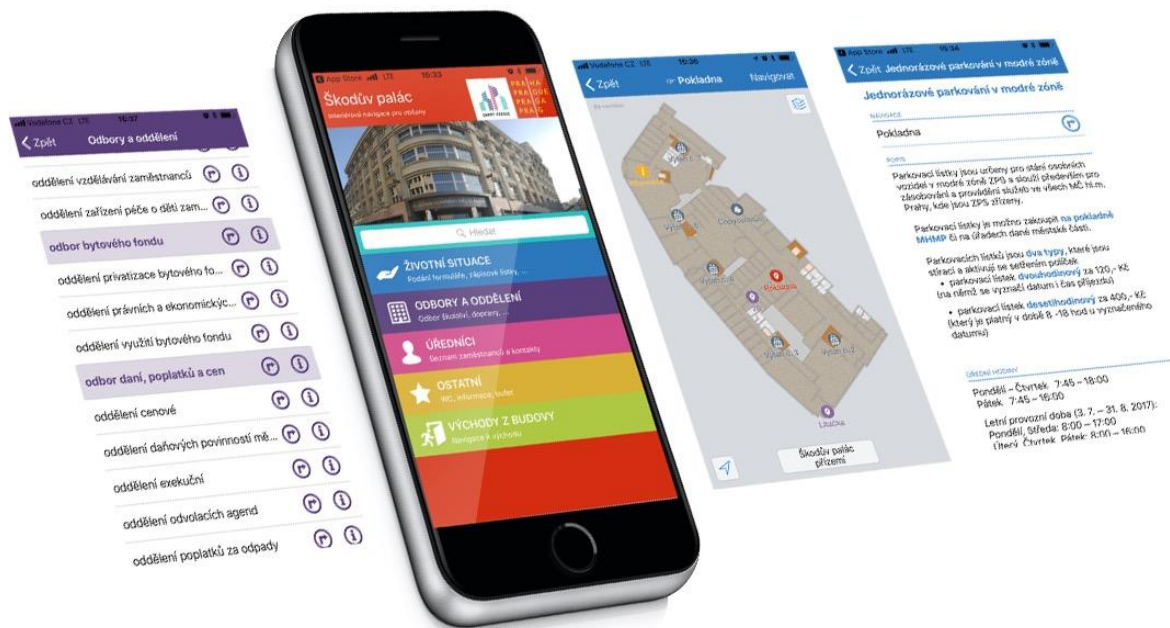
Proto byla vytvořena mobilní aplikace Škodův palác. Ta v sobě nese seznam všech přepážek, poboček a úředníků, které se v budově nacházejí, a interiérovou navigaci, jež vás k nim zavede. Hledáte-li například konkrétní oddělení, stačí ho najít v záložce *Odbory a oddělení* nebo rovnou přímo vyhledat. Aplikace vám řekne, v jaké se nachází místnosti, jaké jsou úřední hodiny a případně další doplňující informace. A pak vás do daného místa také nanaviguje.

Interiérová navigace v sobě ukrývá všech sedm pater a podle toho, v jakém se zrovna nacházíte, tak to zobrazí. Pokud máte dorazit do vyššího patra, ukáže cestu k nejbližšímu výtahu nebo schodišti. V příslušném patře pak protáhne šipku až do kýženého cíle a celou cestu vás sleduje. Tak jako klasická navigace, kterou znáte „z venku“. [11]

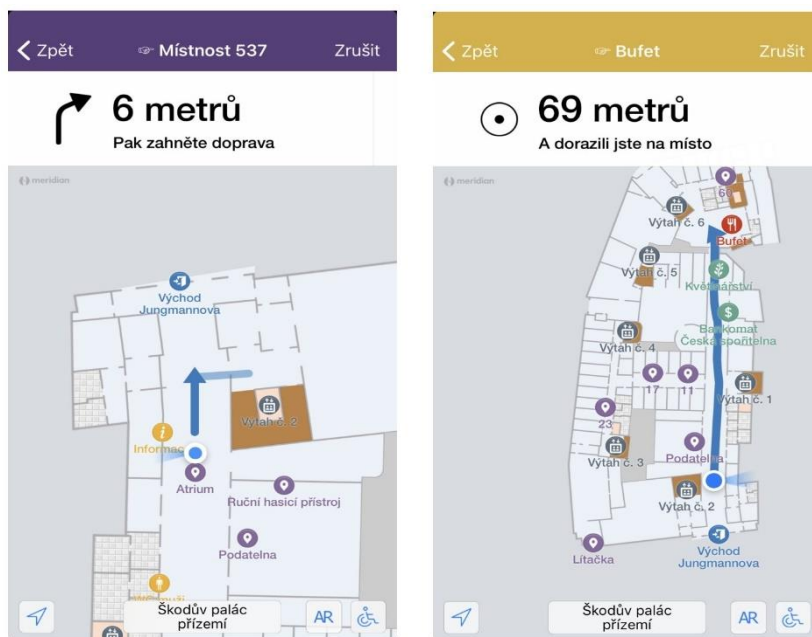
Pro účely lokalizace uživatele jsou v budově Škodova paláce fixně umístěny navigační Bluetooth vysílače Aruba Beacons společnosti Aruba Networks, dceřiné společnosti Hewlett Packard Enterprise. Vysílače byly umístěny v celkovém počtu 250 ks v jednotlivých podlažích budovy Škodova paláce. Disponují všemi požadovanými vlastnostmi a jejich design umožňuje nenápadné umístění v prostoru. Jsou napájeny interním zdrojem a během pilotního provozu nedošlo na zařízeních k žádným závadám. Stav baterií lze kontrolovat prostřednictvím administrace platformy Meridian, taktéž od dodavatele Aruba Networks, která je blíže popsána v dalším odstavci. Funkčnost a spolehlivost lokalizačních vysílačů Aruba Beacon byla vyhodnocena jako 100 %. [12]

TYPE	NAME	BATTERY	BUILDING	FLOOR	CREATED	MODIFIED
	Toalety BLE B0:91:22:48:2A:73	 100%	Škodův palác	přízemí	2017-08-15 08:14:54 am	2018-08-13 01:16:38 pm

Obrázek 6: Popis stavu vybraného vysílače Aruba Beacon v administraci Aruba Meridian [12]



Obrázek 7: Interiérová navigace ve Škodově paláci [11]



Obrázek 8: Interiérová navigace ve Škodově paláci [11]

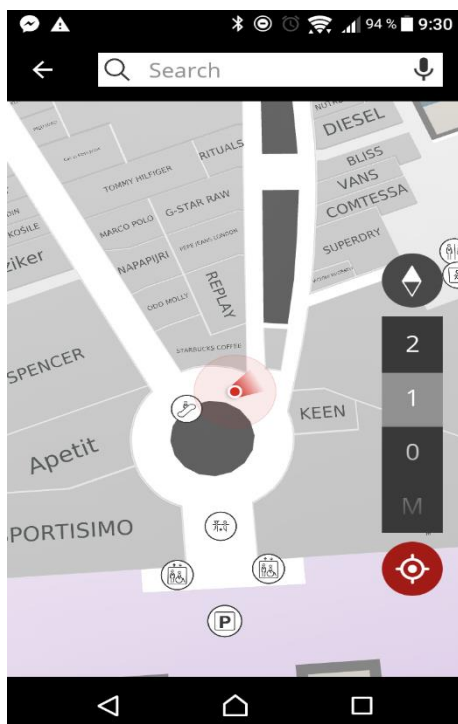


Obrázek 9: Aruba beacon umístěný na fasádě Škodova paláce [13]

3.2 Westfield Chodov

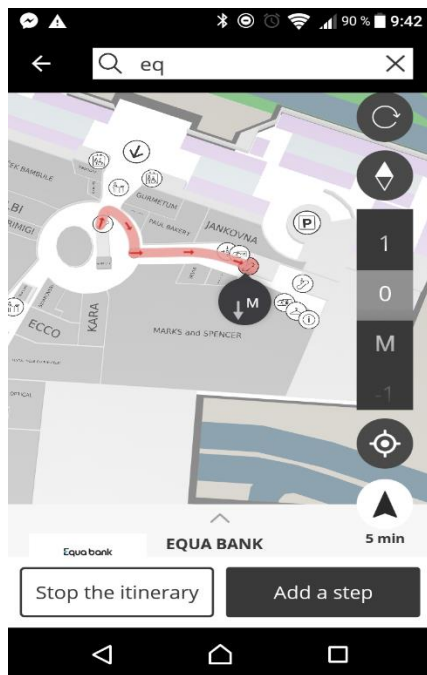
V OC Chodov je umístěno velké množství beaconů na každém patře, viz Obrázek 10, které jsou vidět pouhým okem. Jsou ve výšce cca 3 m a vzdáleny od sebe 4 m.

Pokud chcete být navigováni pomocí technologie iBeacon, musíte být připojeni na internet, buď pomocí místní Wi-Fi, která ale často vypadá, nebo využít datové připojení. Po stažení aplikace Westfield Chodov můžete najít obchod, který hledáte a nechat se navigovat. Aplikace ukazuje, v jakém patře se aktuálně nacházíte a kde přímo stojíte.

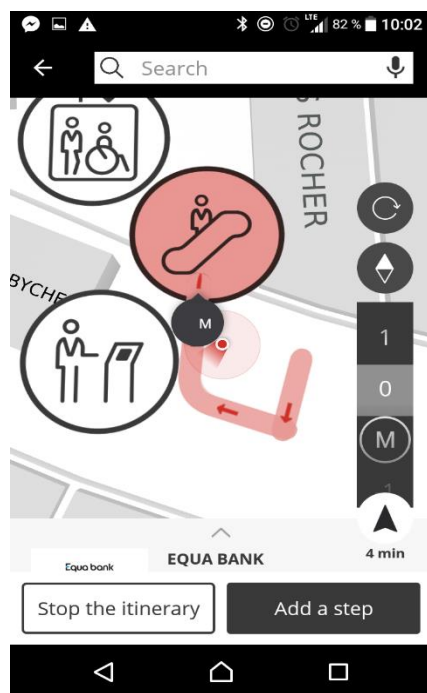


Obrázek 10: Pozice na mapě [autor]

Příklad: Chtěl jsem si vložit peníze do vkladomatu banky Equa Bank. Zadal jsem do vyhledávače „Equa Bank“ a nechal se navigovat. Bohužel k mé nevědomosti se vkladomat nachází úplně jinde než samotná banka a po několika neúspěšných pokusech s navigováním jsem nakonec byl úspěšný, i když s velkou dávkou štěstí. Podle mého názoru není navigace úplně vhodná pro starší občany nebo pro někoho, kdo nevyužívá datové přenosy, protože jsou časté výpadky kvůli slabému připojení na Wi-Fi. Navíc pozice na mapě se aktualizuje až po více než 100 m.



Obrázek 11: Navigace [autor]



Obrázek 12: Cíl navigace - vkladomat [autor]

Vylepšení

Navigace by mohla na displeji telefonu poskytovat písemné informace o tom, jak daleko je cíl, zda zatočit doleva/doprava, zda jet výtahem nebo využít eskalátory. Tím by byla přívětivější a bylo by jednodušší najít cíl. Za kladné hodnotím mapu centra, která je velmi přehledná.

3.3 Muzeum Grévin v Praze

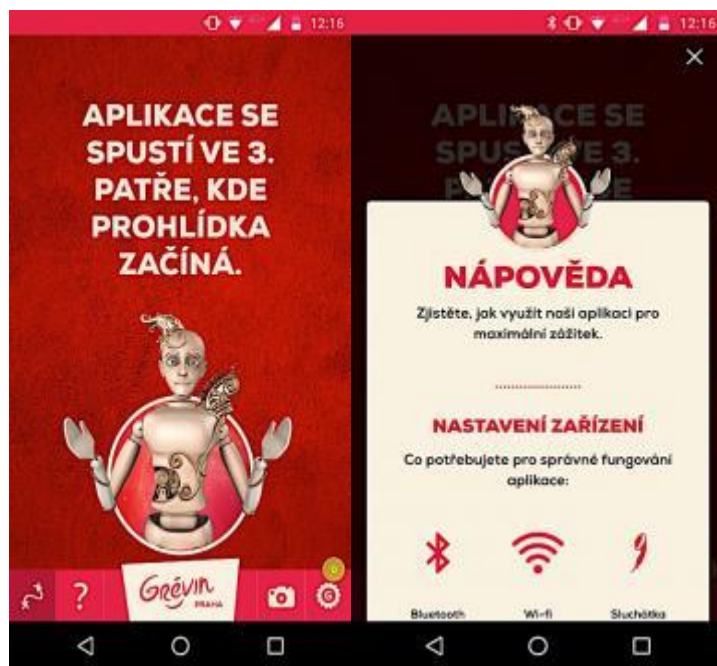
S novou aplikací Grévin Praha, za kterou stála agentura Havas Digital Prague, už prakticky nepotřebujete živého průvodce. Stačí vám pouze chytrý telefon nebo tablet v ruce (+ připojit sluchátka, pokud ani nechcete číst) a v případě zájmu o další informace (ať už o prohlídce, nebo třeba dalším zábavném obsahu) pouze mrknout na obrazovku. [14]

Jelikož již Muzeum Grévin nefunguje, konkrétně od 6. 3. 2018 a na jeho místě je jiné zábavní centrum, tak jsem nemohl aplikaci vyzkoušet osobně. Šlo o první aplikaci v ČR využívající technologii iBeacon v zábavním průmyslu¹.

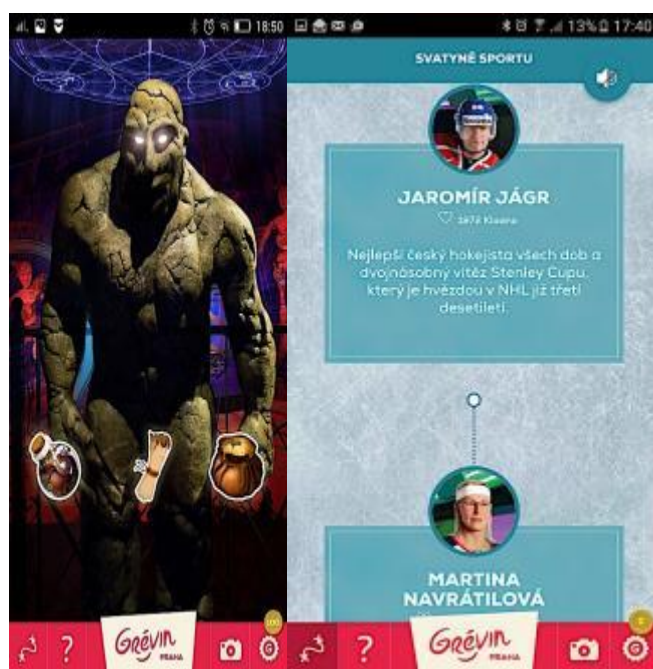
Telefon vyhodnotí, který maják je nejbližší a na základě toho zobrazí na displeji informace o dané figuríně nebo jiný obsah.

V celém muzeu bylo instalováno kolem 80 majáků, konkrétně od společnosti *Estimote*, každý s cenou zhruba 500 Kč. Množství představovalo největší problém při spouštění řešení. Některé majáky totiž byly velmi blízko u sebe a jejich signál ze všesměrových antén také snadno procházel i sádkovými zdmi, kterými byly jednotlivé místnosti oddělené. Dosah signálu přitom byl kolem 70 metrů. Vývojáři tak museli připravit softwarové i hardwarové stínění, které zabezpečovalo, že se vždy zobrazí obsah na základě nejbližšího iBeaconu. Došlo tak k rozdělení majáků na místnosti a blacklistování všech iBeaconů mimo aktivní místnost. Vývojáři také museli přijít se stínícími tělesy ve tvaru kužele kolem iBeaconů tak, aby se signál šířil pouze do určitého směru. [15]

¹ Byla dokončena v roce 2016



Obrázek 13: Technologie iBeacon v Muzeu Grévin [14]



Obrázek 14: Technologie iBeacon v Muzeu Grévin [14]



Obrázek 15: Estimote beacon umístěný v Muzeu Grévin [14]

3.4 ZDAR4Y

Město Žďár nad Sázavou je prvním městem v Česku, které spustilo automatický systém turistického průvodce (2017). Stačí k němu jen chytrý telefon a nainstalovaná aplikace.

Novátorský systém provádění městem funguje obdobně jako QR kódy, jen bez nutnosti jejich načítání. Na dvaceti místech ve městě (nejčastěji na lampách pouličního osvětlení) jsou umístěné malé iBeacon vysílače, na které upozorňuje i informační cedulka.

Turista se smartphonem si do mobilu nainstaluje aplikaci ZDAR4U a ve chvíli, kdy se k vysílači přiblíží na deset až patnáct metrů, aplikace ho zazvoněním sama upozorní na místo, kde se nachází – a nabídne mu informace o dané lokalitě. Ty tvoří fotografie, videa a psané slovo, které je vedle češtiny dostupné v angličtině, němčině, francouzštině a čínštině.

Návštěvníci města tak mohou získat podrobnosti o méně známém parku Farská humna, žďárských náměstích, Staré radnici a Regionálním muzeu, ale i o nedalekém hraničním zemském kameni Čech a Moravy nebo o Santiniho barokním poutním kostele svatého Jana Nepomuckého na Zelené hoře, který je zařazen na seznam světového kulturního dědictví UNESCO.

Na projektu, který ve Žďáru funguje jako v prvním městě v republice, se podílel kraj Vysočina a velvyslanectví Tchaj-wanu. Vysočina tak podle náměstka Vladimíra Novotného navázala na dobrou zkušenost, kterou ve spolupráci s Tchajwanci udělala už před několika lety, když zavedla projekt eAmbulance – internetového portálu, který nabízí elektronické objednávání k lékaři. [16]



Obrázek 16: Aplikace ZDAR4Y pro iBeacon [17]

3.5 Zahraniční

- *Fraport*: navigace v prostorách letiště Frankfurt. Personalizovaná navigace a průvodce letištěm podle letu konkrétního pasažéra.
- *SBB*: Zurich HBF – aplikace „the My station app“ poskytující navigaci v prostorách hlavního nádraží Curych.
- *Taiwan*: Taiwan navi project – exteriérová navigace v centrech měst s hledáním zájmových bodů a zobrazení reálného provozu v ulicích. [12]
- *Waze Beacon* – tato technologie poskytuje plynulou navigaci řidičům pod zemí, kde není možné přijímat GPS signál. Lepší viditelnost a tok dopravy na vjezdu, uvnitř i na výjezdu z tunelů znamená bezpečnější podmínky pro všechny. Waze technologie je otevřená a dostupná všem - kdokoli může implementovat řešení Waze, které tak může sloužit jak uživatelům Waze, tak všem ostatním. Díky technologii Eddystone se naše řešení snadno instaluje a funguje s veškerým hardwarem určeným pro majáky a nakonfigurovaným v Programu Waze Beacon. [18]

4 Analýza typů iBeaconů

4.1 Typy iBeaconů na trhu

4.1.1 Aruba beacons (HP)

Vlajkovým produktem produktové řady Aruba Location Services jsou Aruba Beacons. Využívají technologii Bluetooth Low Energy. Malé, nízkoenergetické vysílače, Aruba Beacons, rádiové signály 2,4-GHz v pravidelných intervalech. Majáky mohou být slyšeny a interpretovány zařízeními iOS a Android, které jsou také vybaveny mobilními aplikacemi poháněnými systémem Meridian.

Klíčové vlastnosti:

- Software konfigurovatelný buď pro orientaci podle polohy, nebo pro upozornění na blízkost
- Podpora SDK pro mobilní zařízení iOS a Android
- Podpora vzdálené správy majáku
- Snadné nasazení – není potřeba žádná úprava infrastruktury
- Instalace v libovolné velikosti / tvaru místnosti
- Pracuje uvnitř i venku
- Možnosti baterie i USB [19]



Obrázek 17: Aruba Battery-Powered Beacon & Aruba USB Beacon [19]

Tabulka 4: Parametry Aruba beacons [autor]

Životnost baterie	4 roky
Trvalý a bezúdržbový	4 roky
Operační systém	iOS, Android
Informace o stavu baterie	ano
Roční spotřeba energie	525 mAh
Napětí	3 V
Tx Power	0 dBm max
Konfigurovatelné parametry	název zařízení hladina vysílacího výkonu pro majáky
Přesnost	
- chodba	3-5 m
- openspace, kolem výtahů	horší

4.1.2 Estimote

Polský výrobce, jehož beacony se vyznačují designem ve tvaru kamene. Jedny z nejrozšířenějších beaconů vůbec, které navíc nabízejí vlastní API pro vývoj. Estimote beacony se vyznačují různými senzory, například senzor měření teploty nebo vnímání pohybu beaconu. Takže beacon dokáže vysílat data o pohybu, když se změní jeho poloha.

Tento typ je použit v jednom z největších muzeí na světě Guggenheim, dále například na stadionu Camp Nou v Barceloně.

Tabulka 5: Parametry Estimote Proximity Beacons [autor]

Bluetooth	5.0
Baterie	CR2450, CR2477
Životnost baterie	
- Výchozí	3 roky
- Maximální	5 let
Maximální Bluetooth rozsah	100 m
Cena (4 ks)	99 \$
Aplikace	ano
Optimální konfigurace vysílacího výkonu	4 dBm, perioda 500 ms
Senzory	Teplota (0-50°C) Akcelerometr Okolní světlo

Tabulka 6: Životnost baterie z hlediska čipové sady [20]

Chipset	Adv.interval	CR2032	CR2450	CR2477
Nordic	100 ms	1,1 měsíce	2,8 měsíce	4,5 měsíce
Nordic	645 ms	5,4 měsíce	13,9 měsíce	22,4 měsíce
Nordic	900 ms	11 měsíců	28,7 měsíce	46,3 měsíce

Tabulka 7: Životnost baterie Estimote beacon v měsících (pouze odhad za předpokladu ideální účinnosti baterie [20])

	100 ms	645 ms	900 ms
0 dBmw	4	14,6	27,2
-12 dBmw	5	21,4	32,3
-20 dBmw	5,6	22,8	35,6



Obrázek 18: Struktura iBeacon od firmy Estimote [14]



Obrázek 19: Proximity Beacons od firmy Estimote [autor]

4.1.3 Wireless BLE ibeacon modul NRF51822

Tabulka 8: Parametry Wireless ibeacon [autor]

Platforma	iOS, Android
Baterie	CR2477
Životnost baterie	2 roky
Čip	Nordic nRF51822
Dosah	70 m
Kompatibilita	iOS, Android
BLE	4.0/5.0
Cena (1ks)	10 \$
Konfigurovatelné parametry	TX Power, frekvence vysílání, UUID atd.



Obrázek 20: Estimote Beacons type Bluetooth 4.0 Module nRF51822 Chipset iBeacon with Silicon Case [20]

4.1.4 iBKS 105

Zcela první maják kompatibilní s iBeacon™ a Eddystone™ (UID, URL, TLM, EID) současně. iBKS 105 je maják Bluetooth Low Energy založený na čipové sadě Nordic Semiconductors nRF51822. Je nákladově efektivní a spolehlivý, to jsou hlavní důvody pro nasazení majáku. Tento model lze připevnit na jakýkoli povrch pomocí oboustranné nálepky.

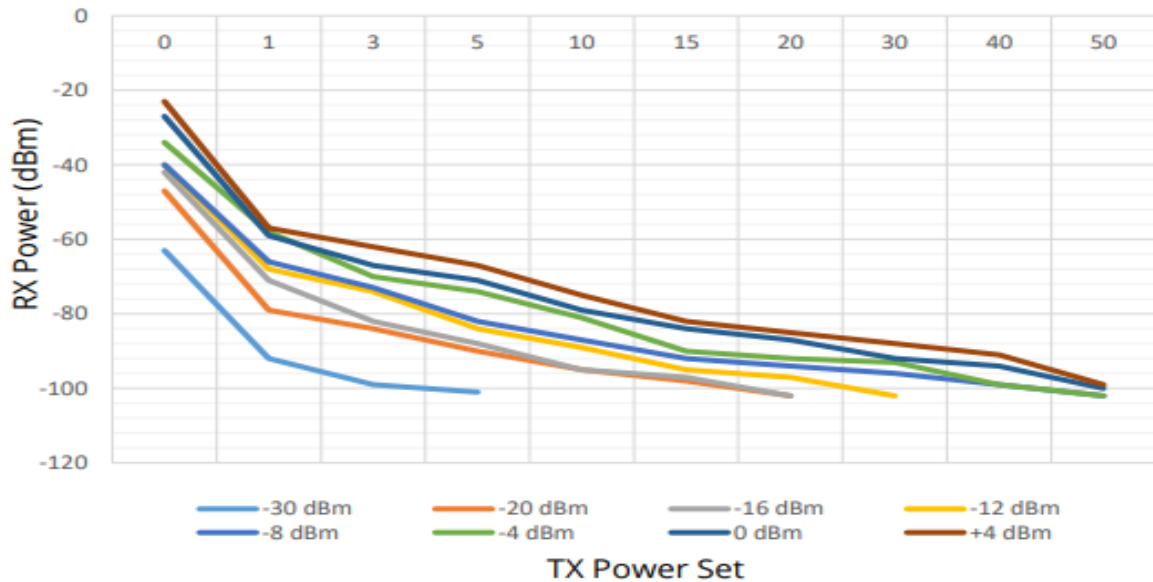
Tabulka 9: Parametry iBKS beacons [autor]

Baterie	CR2477
Životnost baterie	30 – 46 měsíců
Maximální Bluetooth rozsah	100 m
Cena (3 ks)	50 €
Kapacita baterie	1000 mAh
Webové rozhraní	ne

Tabulka 10: RX Power přijaté v porovnání se vzdáleností pro všechny konfigurovatelné TX Power [21]

RX Power (dBm) vs Distance								
Distance (m)	-30	-20	-16	-12	-8	-4	0	+4
0	-63	-47	-42	-40	-40	-34	-27	-23
1	-92	-79	-71	-68	-66	-58	-59	-57
3	-99	-84	-82	-74	-73	-70	-67	-62
5	-101	-90	-88	-84	-82	-74	-71	-67
10		-95	-95	-89	-87	-81	-79	-75
15		-98	-97	-95	-92	-90	-84	-82
20		-102	-102	-97	-94	-92	-87	-85

30	-102	-96	-93	-92	-88
40		-99	-99	-94	-91
50		-102	-102	-100	-99



Obrázek 21: RX Power vs Distance (m) [21]



Obrázek 22: iBKS 105 [21]

4.1.5 MOKOSmart beacons

Kompatibilní s iBeacon a Eddystone (UID, URL, TLM) současně. Všechny parametry tohoto produktu mohou být upraveny pomocí konfigurace APP. Čipová sada s extrémně nízkou spotřebou energie řady nRF52.

Tabulka 11: Parametry H2 Location Beacon [autor]

Baterie	CR2477, nRF52
Životnost baterie	2 roky

Maximální Bluetooth rozsah	100 – 150 m
Kapacita baterie	1100 mAh
Cena	8 \$
Platforma	Android i iOS
Schopnosti	Voděodolnost

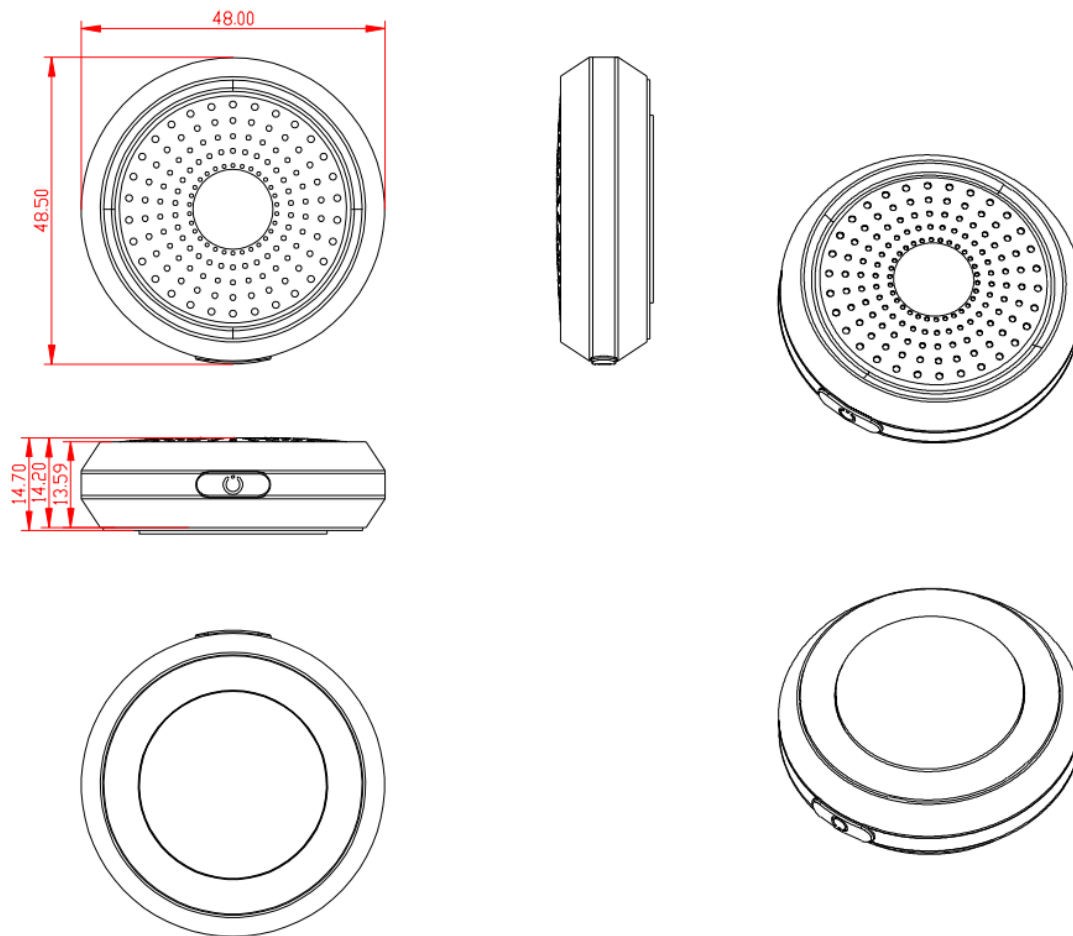
H2



Obrázek 23: H2 Location Beacon [22]

Tabulka 12: Životnost baterie (měsíce) při kapacitě 1100 mAh [23]

Tx Power	100 ms	200 ms	300 ms	400 ms	500 ms	1000 ms
+4 dbm	7	13,5	17,5	23	32	58
0 dbm	8	16	20	27	39	60+
-4 dbm	10,5	20,5	23	30	44	60+
-12 dbm	11	22	27	32,5	46,5	60+
-30 dbm	12	23	28	36	50	60+



Obrázek 24: Struktura H2-iBeacon [23]

4.1.6 Kontakt beacons

Polský výrobce, jehož beacons mají podobnou konfiguraci s Estimote beacons. Dále mají stejné úrovně nastavení intenzity signálu. Podporuje protokol Eddystone i iBeacon.

Aplikace umožňuje uživateli sledovat *stav baterie*.

Tabulka 13: Parametry Kontakt beacons [autor]

Baterie	CR2477
Životnost baterie	24 měsíců
Maximální Bluetooth rozsah	70 m
Kapacita baterie	2000 mAh
Cena (3 ks)	66 \$
Kompatibilita	iOS, Android

Tabulka 14: Životnost baterie Kontakt beacon (pouze odhad za předpokladu ideální účinnosti baterie) [20]

	100 ms	645 ms	900 ms
0 dBmw	4,5	25,2	30
-12 dBmw	5,4	24,3	32,1
-20 dBmw	5,9	33,1	35,7



Obrázek 25: Smart beacon SB16-2 [20]

4.1.7 Radius Networks

Firma Radius Networks, která se zabývá iBeacony a bezdotykovými řešeními, vyvinula specifikaci AltBeacon.

RadBeacon Dot je plně samostatný Bluetooth Smart™ přibližovací maják využívající technologii iBeacon™, AltBeacon™ a Eddystone™, implementovaný v odlehčeném balení napájeném z baterie.

Prostředí vhodné spíše pro iOS.

Pomocí bezplatných nástrojů Radius Networks, včetně aplikace RadBeacon Config, máte neomezenou možnost konfigurovat svůj RadBeacon pomocí libovolných identifikátorů, které preferujete, a také upravit frekvenci vysílání a výkon. [24]



Obrázek 26: RadBeacon Dot (Configurable) [24]

4.1.8 FEASYCOM

Tabulka 15: Parametry BP103 ibeacon [autor]

Model	FSC – BP103
Interval	100 – 1280 ms
Verze Bluetooth	5.0
TX power	5 dBm (max)
Rozsah výkonu	-23 dBm ± 5 dBm
Podporovaný systém	iOS 7.0+, Android4.3+
Rozsah přenosu	≥ 80 m (otevřený prostor)
Typ baterie	CR2032 (260 mAh)
Životnost baterie	7 měsíců
Cena (1ks)	16 \$
Protokoly	IBeacon, Eddystone, AltBeacon
Konfigurace	Jméno zařízení, heslo, režim připojení, Tx Power, RSSI a interval



Obrázek 27: TI CC2640 [25]

4.1.9 JAALEE

Tabulka 16: Parametry iB003-N-77 [autor]

Typ	maják
Rozsah	70 m
Typ baterie	Panasonic CR2477, čip: nRF51822 Nordic Semiconductor
Kapacita baterie	1000 mAh
Schopnosti	voděodolnost

Funkce	Senzor pohybu, akcelerátor, snímač teploty, vibrátor a 90 dB bzučák
Cena	10 \$ / 1 ks
Náklady na dopravu	60 \$
Možnosti nastavování	Tx Power (4 - -40 dBm), perioda vysílání (100 ms – 10 s), UUID, Major, Minor, Measured Power Value, název zařízení
Hlášení stavu baterie	Ano (Android, iOS)



Obrázek 28: JAALIE Beacon iB003-N-77 [autor]

4.2 Zhodnocení iBeaconů z hlediska váhových kritérií

4.2.1 Popis parametrů – přiřazení vah jednotlivým parametrům

Parametry pro iBeacon a jejich nastavování hrají velkou roli pro správný výběr rozmístění v určitém objektu. Je důležité říci, že jeden parametr má vliv na ostatní. Každému parametru dávám váhu a hodnotám přiřadím bodová ohodnocení. Uvádím zde i parametry, se kterými v multikriteriální analýze nepočítám.

Vysílací výkon:

(VV)

Nastavení vysílacího výkonu určuje, jak moc bude signál vysílán vaším majákem. To se měří v dBm (decibel-milliwatts). Tento parametr je pro mě zásadní z hlediska jeho nastavování. Nordický chipset má 8 výkonnostních úrovní vysílacího výkonu. Maximální vysílací výkon nordického nRF51822 je +4 dBm, se kterým by dosah signálu mohl dosáhnout 50 až 100 m (liší se v závislosti na prostředí a provedení antény). Minimální vysílací výkon je -32 dBm, s nímž je dosah signálu asi 2 m v normálním provedení antény. Při nižším vysílacím výkonu je signál ve svém rozsahu stabilnější.

Čím vyšší hodnota Tx Power, tím je vysílaný signál silnější. iBeacon tím má větší dosah a přesnost, ale menší výdrž baterie.

Čím vyšší výkon, tím i ve finále budu potřebovat méně iBeaconů, tzn. dám iBeacony dál od sebe.

Tabulka 17: Výdrž baterie (dny) na 1000 mAh pro baterii CR2477 [31]

Tx Power	Advertising interval					
	100 ms	200 ms	400 ms	500 ms	1000 ms	2000 ms
+4 dBm	108	210	396	481	844	1357
0 dBm	130	250	466	564	969	1513
-4 dBm	143	274	508	612	1040	1598
-8 dBm	146	280	518	624	1057	1618
-12 dBm	152	291	536	645	1087	1652
-16 dBm	155	298	548	659	1106	1675
-20 dBm	157	300	552	664	1113	1683

-30 dBm	158	302	556	668	1119	1690
---------	-----	-----	-----	-----	------	------

Tabulka 18: Očekávaná životnost majáku (dny) pro baterii CR2450 v závislosti na nastavení výkonu a reklamního intervalu [31]

Tx Power	Advertising interval				
	50 ms [short]	200 ms	600 ms	1000 ms	2000 ms [long]
+4 dBm [high]	26 dní	104 dní	300 dní	1,3 roku	2,3 roku
-4 dBm [normal]	35 dní	140 dní	1 rok	1,7 roku	3 roky
-30 dBm [low]	40 dní	160 dní	1,2 roku	1,9 roku	3,3 roku

- Chipset: **Nordic Semiconductor nRF51822**
 - Interval 100 ms znamená, že signál je vysílán každých 100 ms (nebo 10krát za jednu sekundu). Interval 1000 ms znamená vysílání 1krát za sekundu. Vyšší interval 500 ms znamená, že signál je vysílán pouze dvakrát za sekundu, což znamená menší vybití baterie pro maják. To znamená, že se zvyšujícím se intervalem vysílání se prodlužuje také životnost baterie majáku.
- ⇒ **Perioda vysílání má mnohem větší dopad na životnost baterie než výkon Tx Power.**
- Dosah se snižuje, pokud jsou mezi majákem a přijímačem překážky.

Dosah signálu:

10 %

(DS)

Uvádí se v metrech. Síla signálu by měla být přímo úměrná vzdálenosti.

<0 – 10 m> ... 1 bod;

<10 – 20 m> ... 2 body;

<20 – 30 m> ... 3 body;

<30 – 40 m> ... 4 body;

<40 – 50 m> ... 5 bodů;

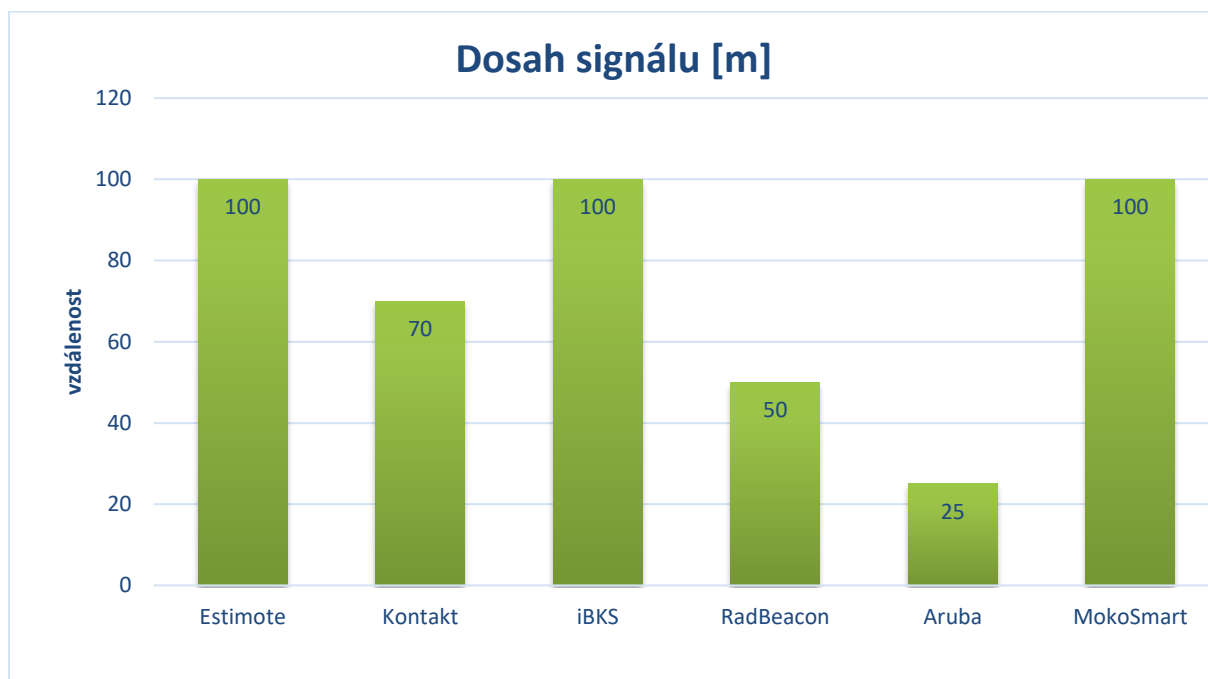
<50 – 60 m> ... 6 bodů;

<60 – 70 m> ... 7 bodů;

<70 – 80 m> ... 8 bodů;

<80 – 90 m> ... 9 bodů;

> 90 m ... 10 bodů.



Graf 1: Koeficienty dosahu signálu iBeaconů [autor]

Hlášení stavu baterie: 15 %

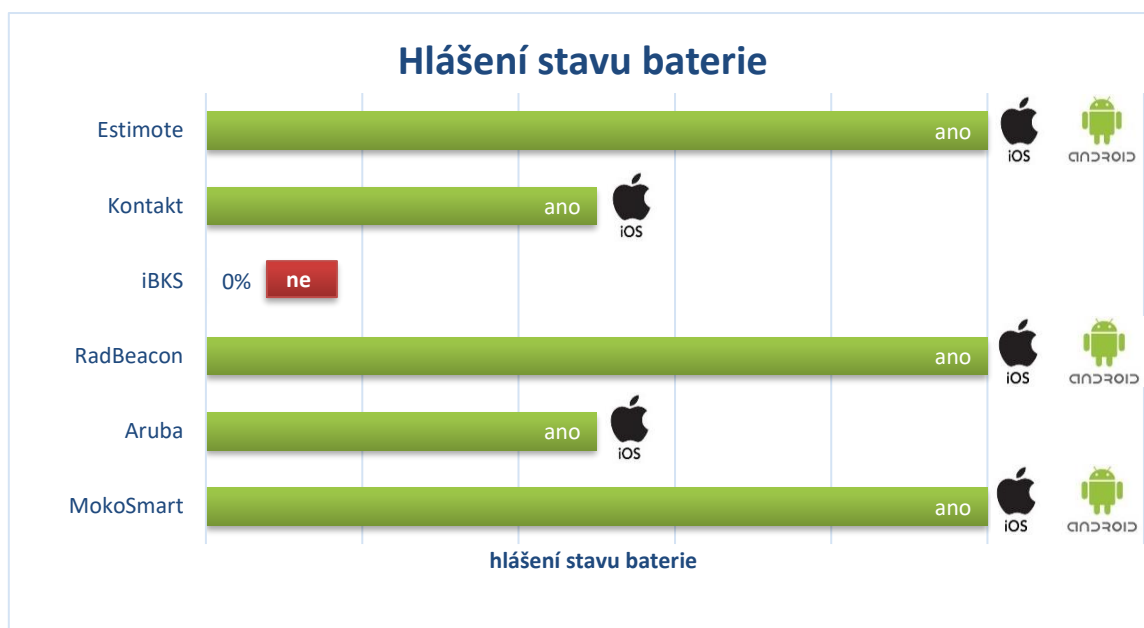
(SB)

Stav baterie, tedy hlášení v aplikaci, kolik ještě baterie zbývá tzn. životnost, je pro mě a konečného uživatele velmi důležitá věc, abychom byli schopni ji měnit včas. Proto ji přisuzuji takovou váhu. Dále záleží na tom, zda je stav baterie hlášen na platformě Android i iOS. S tím souvisí koeficient.

Hlásí stav baterie pro iOS, Android ... 10;

Hlásí jen pro 1 OS ... 5;

Neuvedeno (nevím, zda hlásí) ... 0.



Graf 2: Koeficienty stavu baterie iBeaconů [autor]

**Životnost baterie:
(ŽB)**

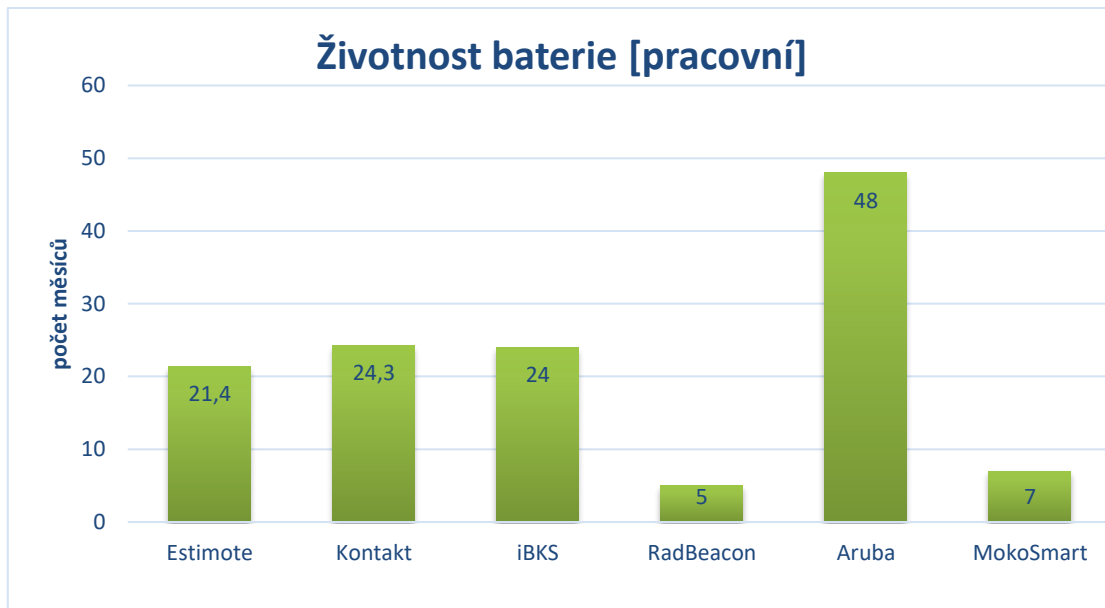
20 %

Parametr životnost baterie mě zajímá kvůli výměně baterií, aby uživatel přibližně věděl, za jak dlouho má baterii vyměnit. Nicméně i tento parametr bývá u některých zobrazen v aplikaci. Souvisí to s používáním iBeaconů a nastavením dalších parametrů, především vysílacího výkonu a periody vysílání.

< 1 rok ... 1 bod;

<1 – 3 roky> ... 5 bodů;

> 3 roky ... 10 bodů.



Graf 3: Koeficienty životnosti baterie iBeaconů [autor]

Kapacita baterie:

10 %

(KB)

Kapacita baterie se udává v mAh. Je lepší mít baterii s dvojnásobnou kapacitou (tedy CR2477), která nám zajistí delší provozování než baterii s nižší kapacitou, která by se musela dříve vyměnit.

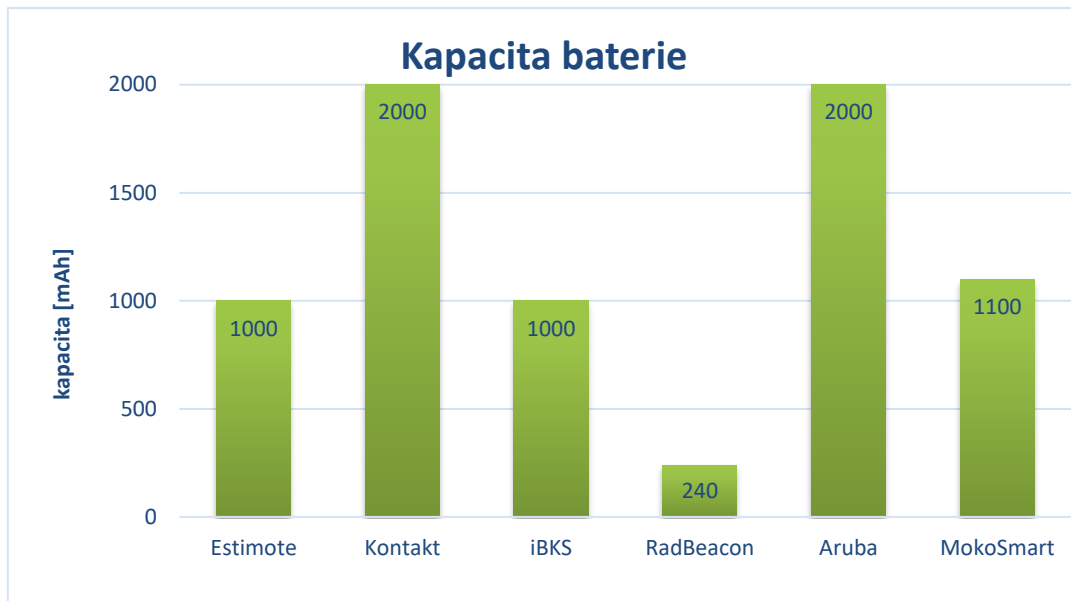
<0 – 250 mAh> ... 1 bod;

<250 – 500 mAh> ... 3 body;

<500 – 750 mAh> ... 5 bodů;

<750 – 1100 mAh> ... 8 bodů;

<1100 – 2000 mAh> ... 10 bodů.



Graf 4: Koeficienty kapacity baterie iBeaconů [autor]

Platforma:

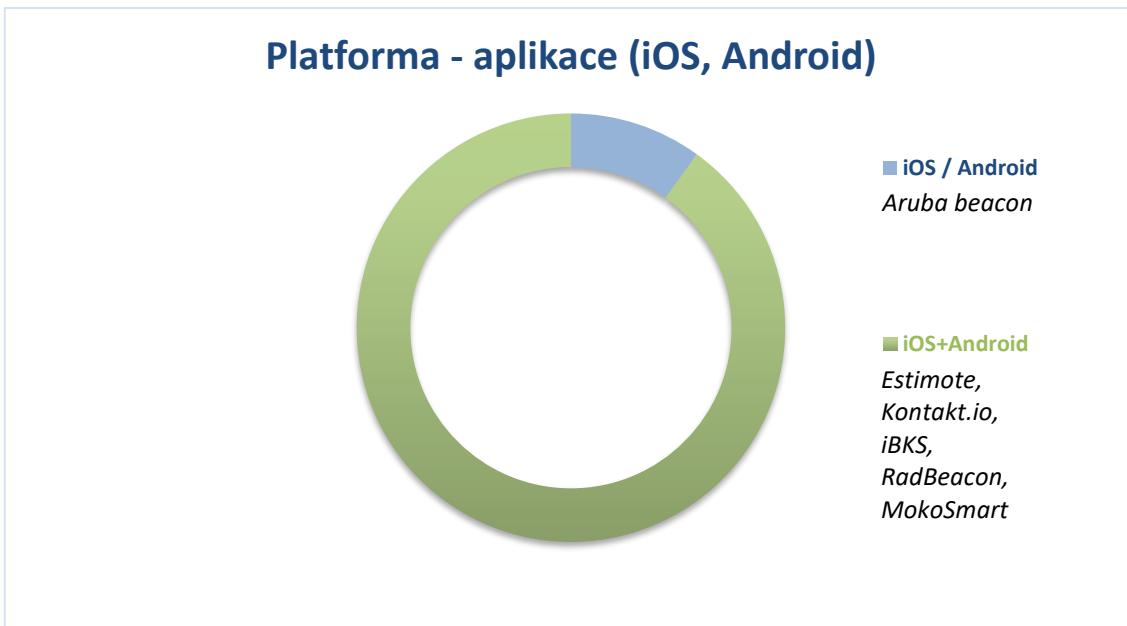
5 %

(P)

Hraje také roli, protože poskytuje k iBeaconu vývojové nástroje a do budoucna se nad ni může vyvíjet nějaká aplikace, proto je uživatelsky přívětivější, když bude podpora jak pro iOS, tak i pro Android. Pro Windows Phone to není ekonomicky zajímavé, proto to řeším pouze pro iOS a Android.

Pouze 1 OS (platforma) ... 5 bodů;

iOS, Android ... 10 bodů.



Graf 5: Koeficienty platformy iBeaconů [autor]

Požizovací cena: 15 %

(PC)

Požizovací cena hraje velkou roli při pořízení iBeaconů. Jelikož se udává cena za několik kusů, při analýze bylo potřeba stanovit cenu pro 1 iBeacon.

Počet bodů je nepřímo úměrný pořizovací ceně:

<0 – 200 Kč> ... 10 bodů,

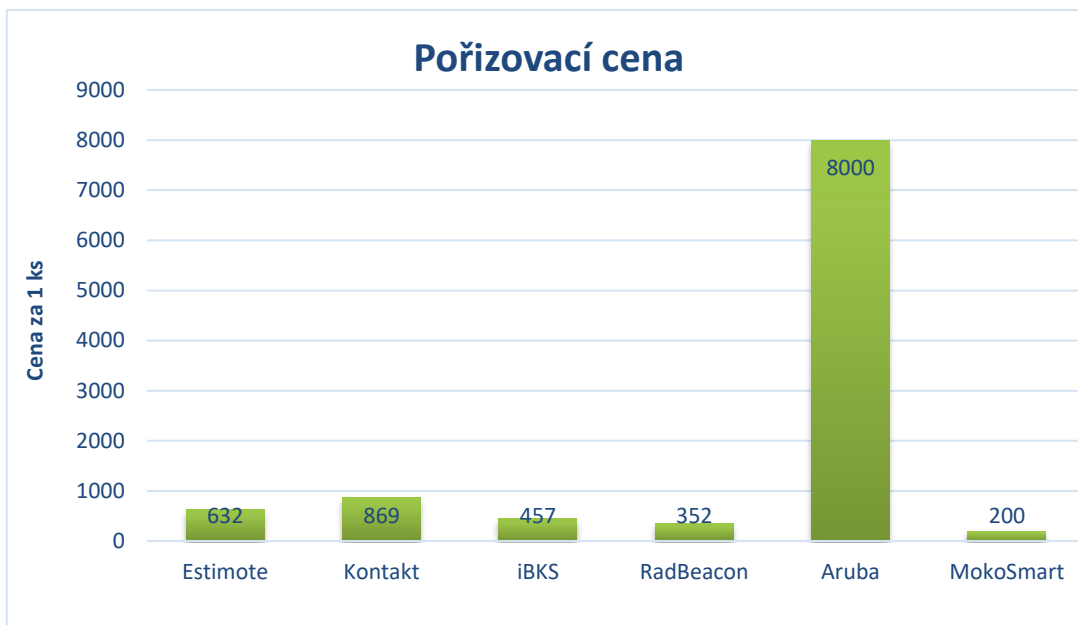
<200 – 400 Kč> ... 8 bodů,

<400 – 600 Kč> ... 6 bodů,

<600 – 800 Kč> ... 4 body,

<800 – 1000 Kč> ... 2 body,

> 1000 Kč ... 1 bod.



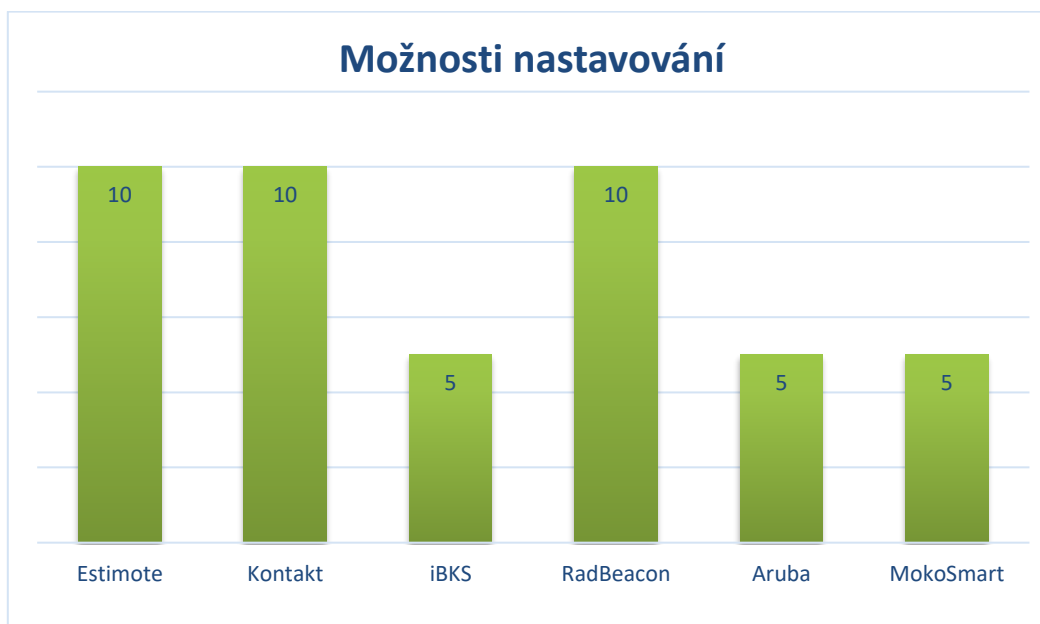
Graf 6: Koeficienty pořizovací ceny iBeaconů [autor]

Možnosti nastavování: 25 %

Pro moji práci z hlediska nastavení iBeaconů jsou nejdůležitější tyto parametry: vysílací výkon a perioda vysílání. Pokud se dají nastavit navíc další kritéria, tak k tomu také přihlédnu.

Vysílací výkon + perioda vysílání ... 10 bodů;

Pouze VV / PV ... 5 bodů.

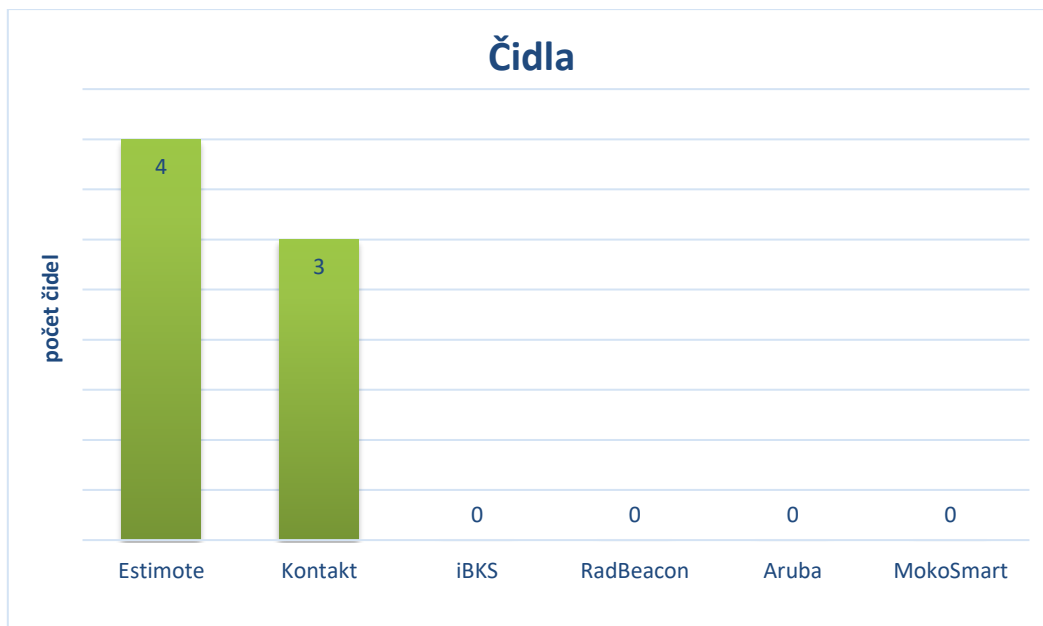


Graf 7: Koeficienty pro nastavování iBeaconů [autor]

Čidla: 0,1 %

Pro další práci s iBeacony je i tento parametr důležitý, i když mu nepřikládám váhu. Pouze Estimote beacony mají kromě základních nastavení i další, které jsou velmi užitečné: teplota, tlak vzduchu, světlo atp.

1 čidlo ... 1 bod.

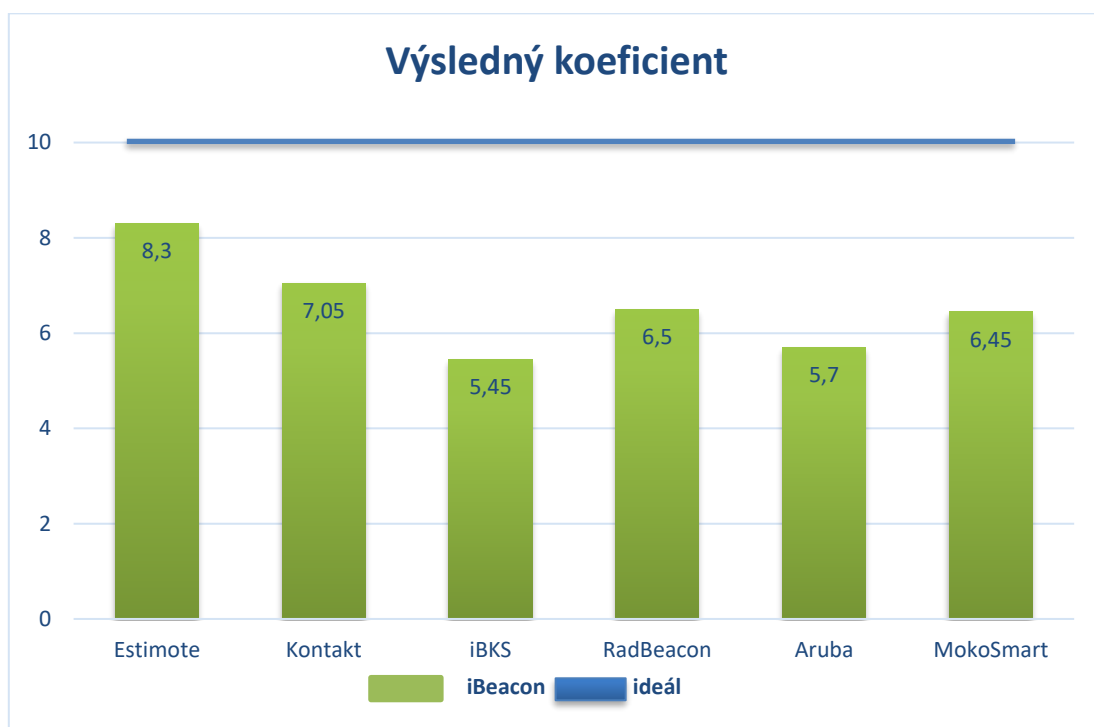


Graf 8: Koeficienty čidel iBeaconů [autor]



Graf 9: Váhy jednotlivých koeficientů [autor]

4.2.2 Vícekriteriální analýza



Graf 10: Výsledný koeficient výsledku porovnávání [autor]

5 Návrh metodiky implementace iBeaconů pro orientaci v prostoru

Nejprve je nutné identifikovat různé situace, s nimiž se může uživatel setkat v městském prostředí a dopravním prostředku a následně vytvořit metodická doporučení pro rozmístění iBeaconů pro možnou orientaci v prostoru za pomoci těchto zařízení, které by někdo, kdo bude řešit tuto problematiku pomocí iBeaconů měl zohlednit a měl s tím počítat pro jakýkoliv typ budovy (půdorysu), resp. dopravního uzlu.

5.1 Navigace uvnitř budovy

- Potřebujeme velké množství iBeaconů s co největším pokrytím
- Analyzovat prostory:
 - Zjistit velikost místností
 - Rozmístění nábytku
 - Tloušťka stěn
- Přesně spočítat, kolik iBeaconů budeme potřebovat, abychom pokryli signálem potřebné prostory

Pro pokoje

Záleží na tom, čeho chcete dosáhnout. Obvykle pro místnost je jeden maják dostačující, aby mohl navigovat do místnosti nebo spouštět na základě toho oznámení. Můžete se také rozhodnout umístit majáky do chodeb mimo místnost, pokud je vyžadována pouze navigace do této místnosti.

Pro chodby

Nejlepší je umístit majáky na strop každých 10-15 metrů. Pokud je však nemůžete položit na strop, položte je na zeď. Položte jeden maják vlevo, druhý vpravo a opakujte postup. Nezapomeňte vždy na křižovatku umístit jeden maják. Přesnost je lepší, když jste blízko majáku, a tento typ umístění je důležitý pro navigaci.

Otevřené prostory

V takových prostorech, kde musíte umístit mnoho majáků, aby efektivně pokryly celé místo, se do obrazu dostanou faktory jako interference. Hrajte se silou signálu, abyste snížili překrytí. Nejlepší praxí pro taková místa je vytvoření symetrické mřížky majáku pokrývajících celé místo. Hustota mřížky bude definovat přesnost umístění.

Jako nejlepší postup se doporučuje, aby vzdálenost mezi jednotlivými majáky byla mezi 10 m a 20 m. Pokud jsou majáky vzdálené 10 m, poskytnete vám přesnost okolo 2 m. 20 m poskytnete přesnost 5 m.

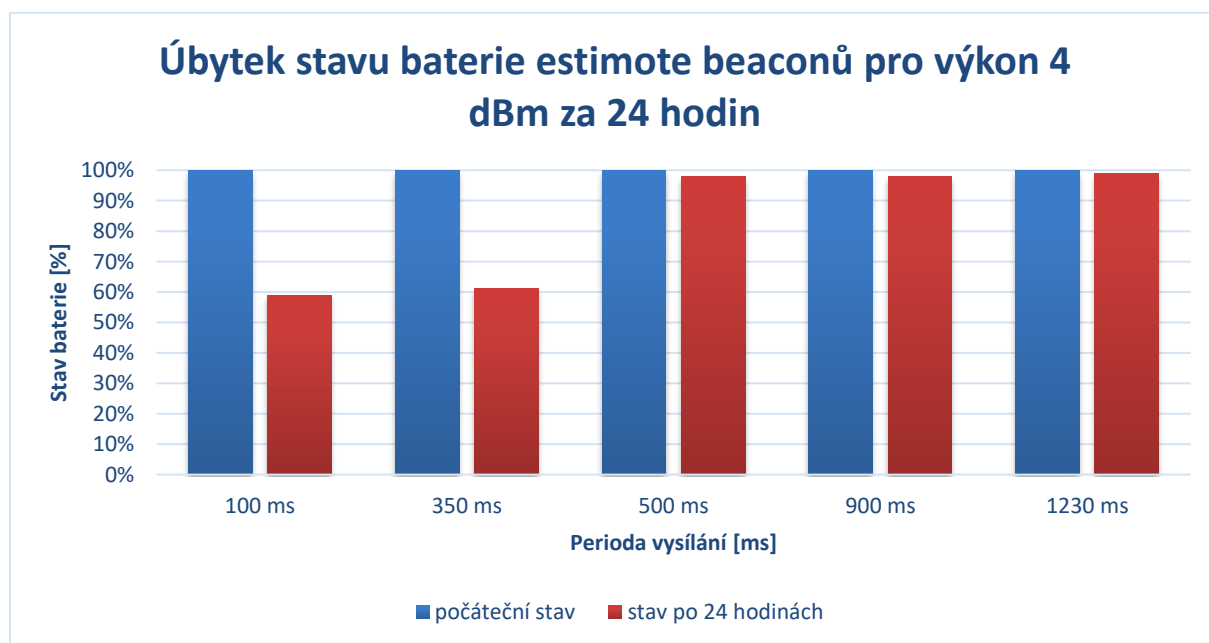
5.2 Vlastní testování Estimote beaconů

5.2.1 Úbytek stavu baterie

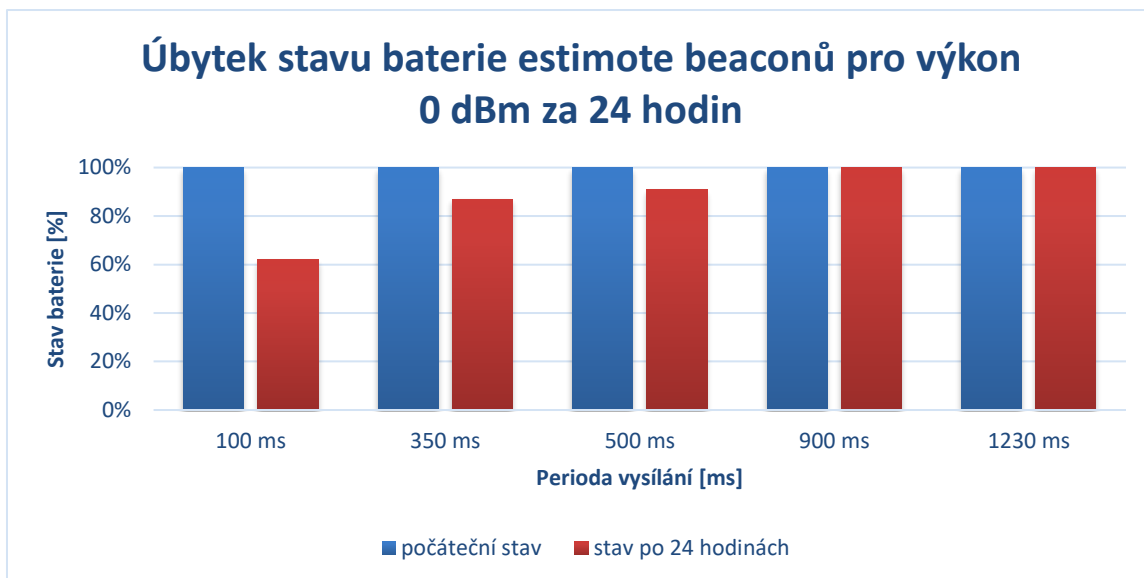
Průběh měření

Měření jsem prováděl pomocí aplikace Estimote, která je volně ke stažení na Google Play a Apple Store. Periody vysílání jsem zvolil 100 ms, 350 ms, 500 ms, 900 ms a 1230 ms. Tyto periody se nejčastěji používají pro nastavení iBeaconů. Testoval jsem pro daný vysílací výkon jednotlivé periody. Vysílací výkon lze nastavit od +4 dBm do -40 dBm. To nám dává 200 testování, které jsem provedl. Periodu vysílání od 100 do 10 000 ms. Testoval jsem po dobu 24 hodin a sledoval úbytek stavu baterie. Měřeních bylo pro každou periodu vysílání 5 proto, abych eliminoval nějaké výkyvy. Zobrazuji průměrnou hodnotu z těchto 5 měření, přičemž jsem nezahrnul výkyvy (extrémy), které znamenaly, že po 24 hodinách měla baterie ještě více energie než na počátku.

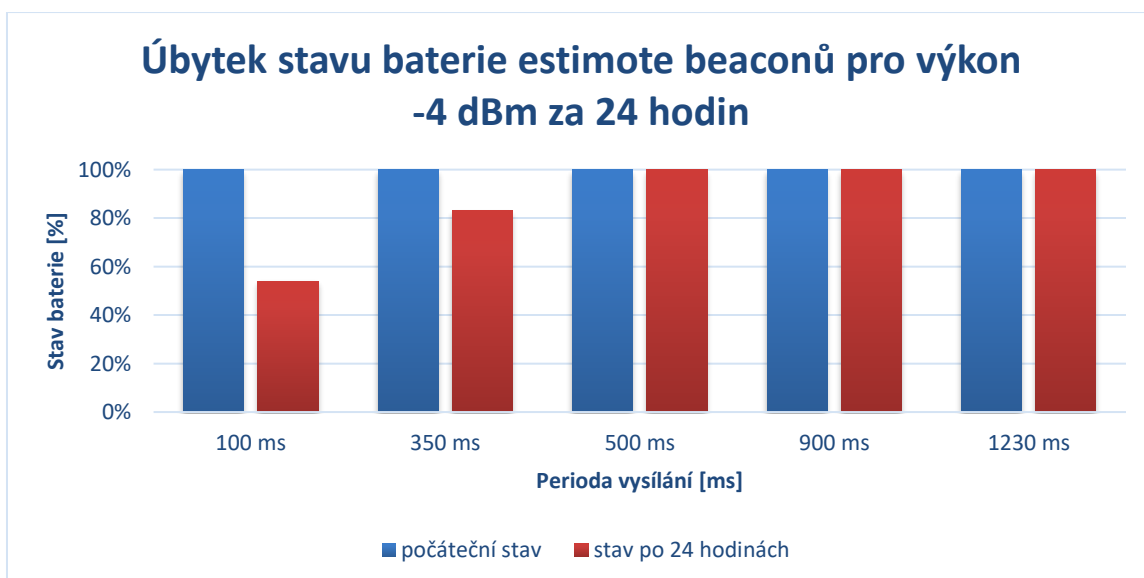
Na základě těchto a dalších měření jsem mohl vypracovat metodická doporučení pro rozmístění a nastavení iBeaconů.



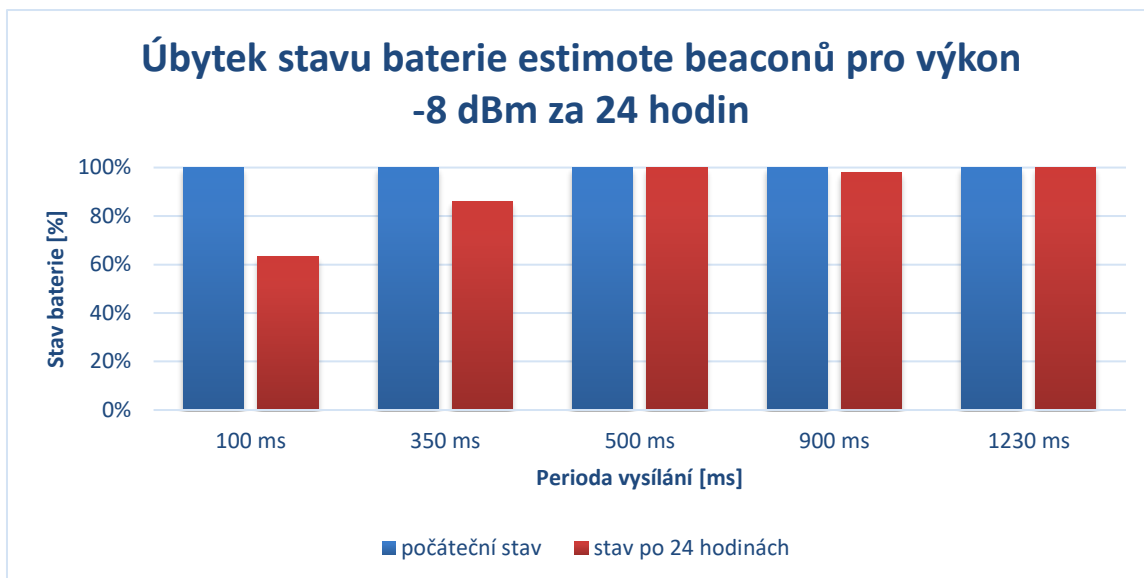
Graf 11: Úbytek stavu baterie pro výkon 4 dBm [autor]



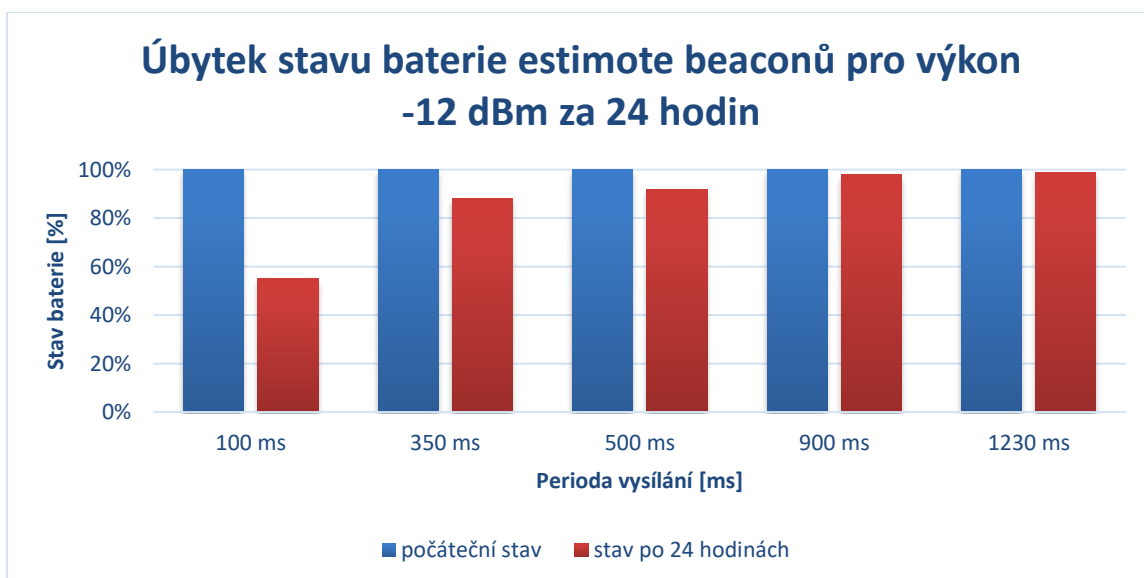
Graf 12: Úbytek stavu baterie pro výkon 0 dBm [autor]



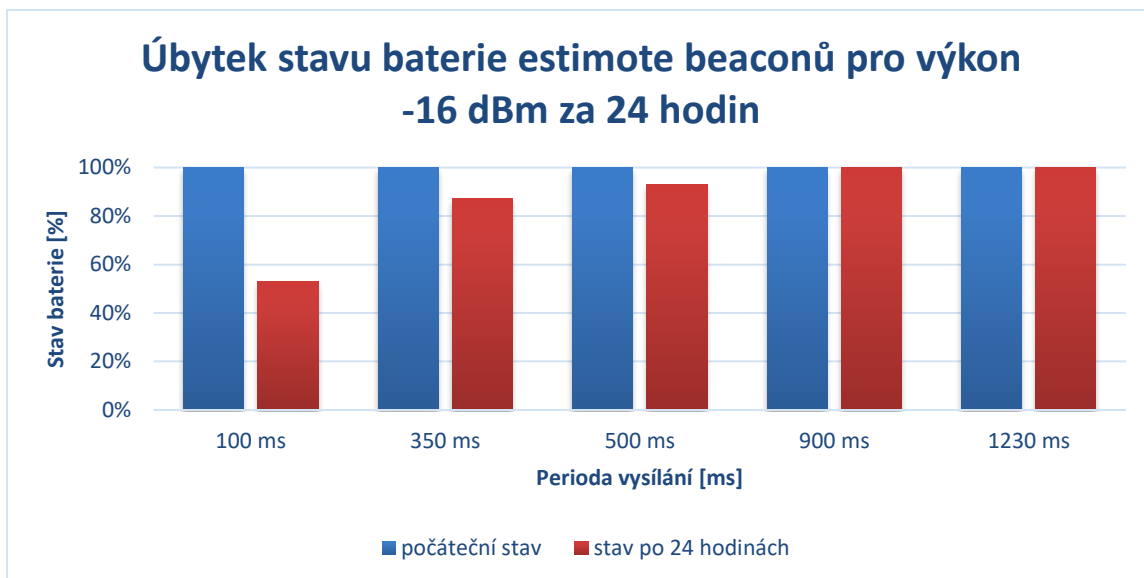
Graf 13: Úbytek stavu baterie pro výkon -4 dBm [autor]



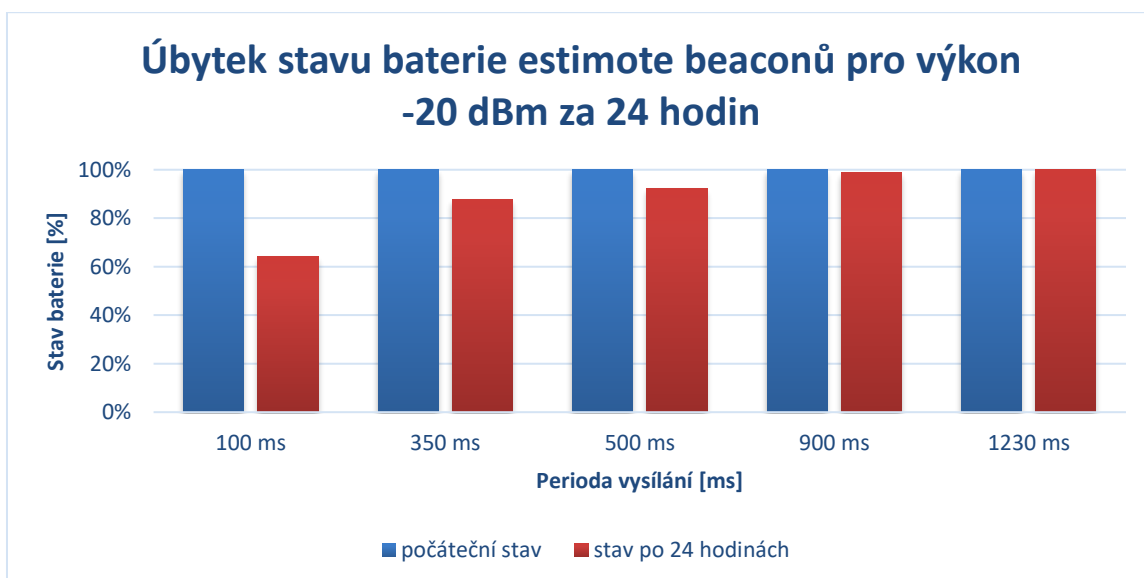
Graf 14: Úbytek stavu baterie pro výkon -8 dBm [autor]



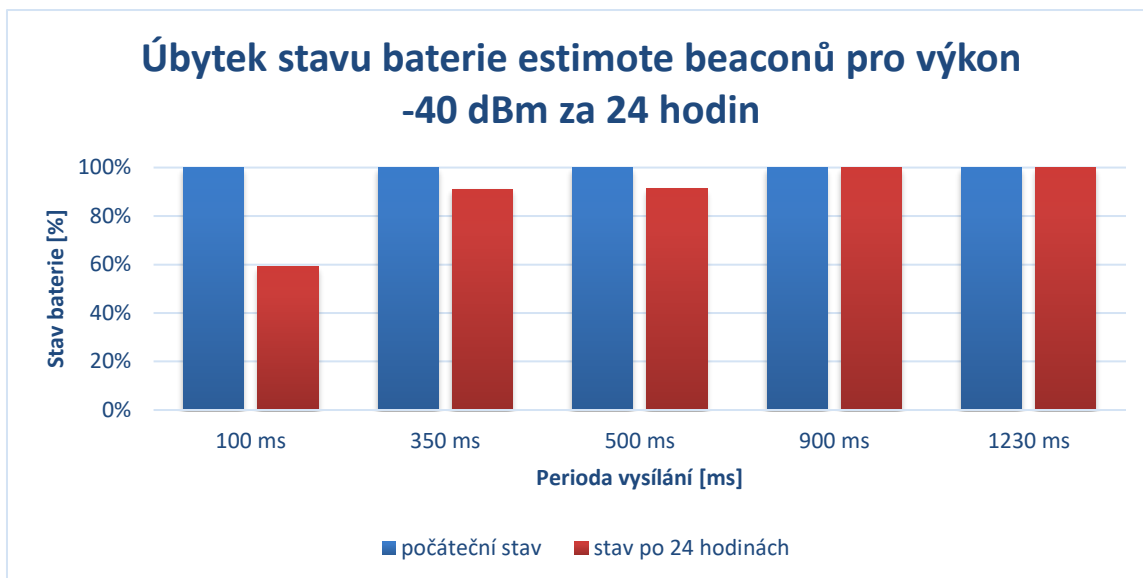
Graf 15: Úbytek stavu baterie pro výkon -12 dBm [autor]



Graf 16: Úbytek stavu baterie pro výkon -16 dBm [autor]



Graf 17: Úbytek stavu baterie pro výkon -20 dBm [autor]



Graf 18: Úbytek stavu baterie pro výkon -40 dBm [autor]

5.2.2 Testování uvnitř budovy

Základní informace o testování:

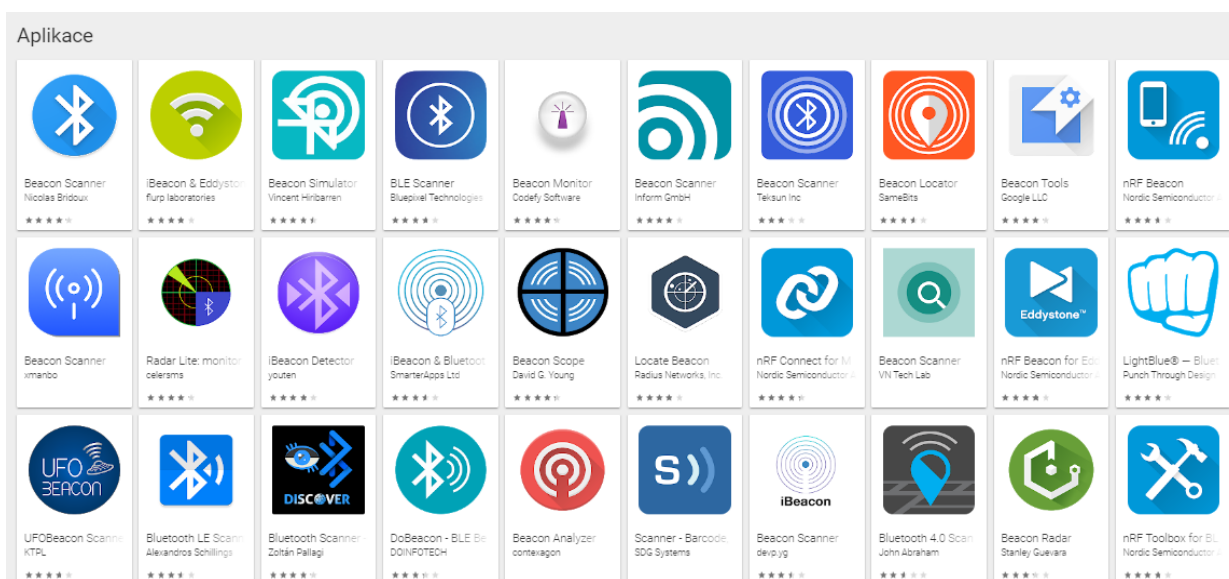
Přijímače: mobilní telefon Sony Xperia E5 & Lenovo A7000-a

Operační systém: Android 6.0 (Marshmallow)

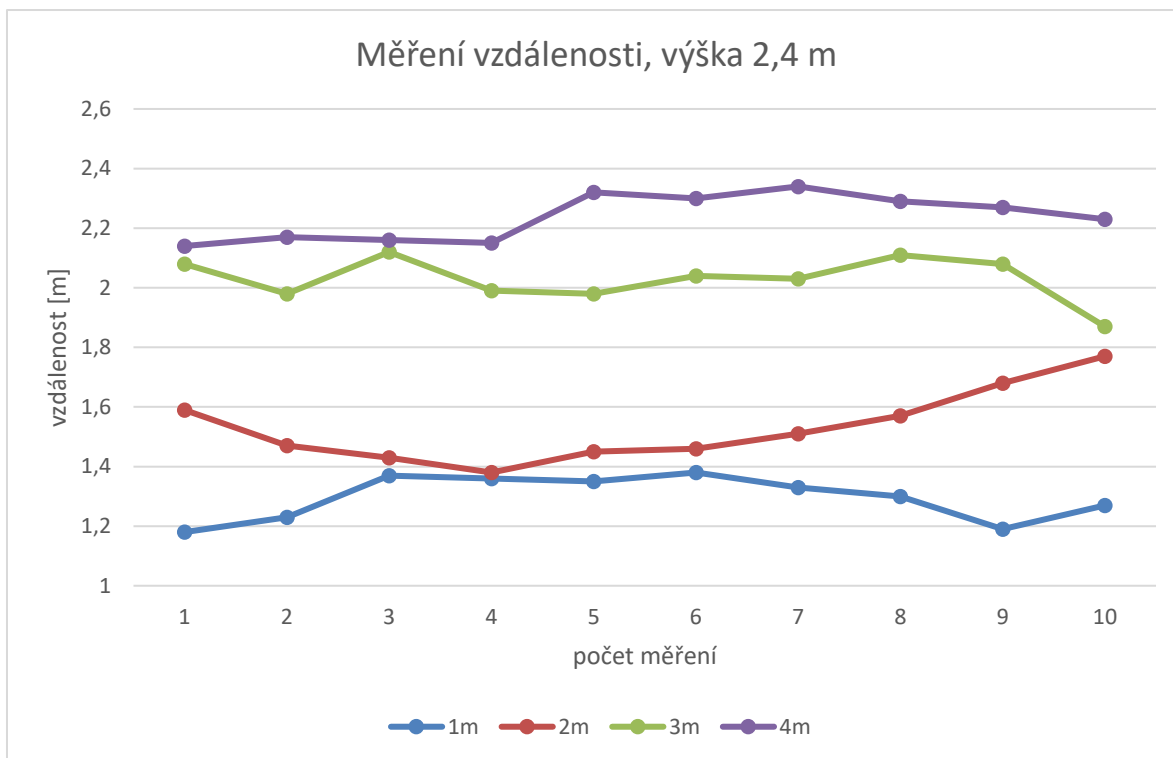
Výška iBeaconu: 2,4 m

Místnost: 3,5 x 4 m

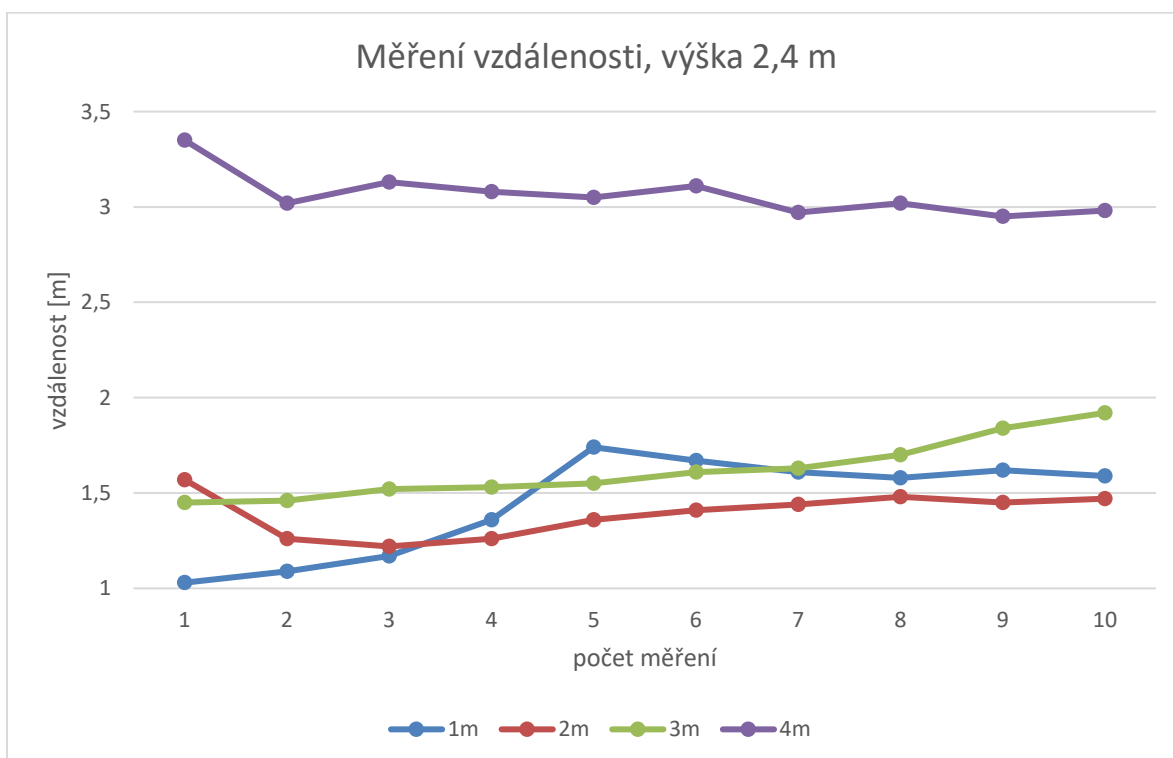
K tomuto testování jsem využil několik aplikací pro testování iBeaconů, které jsou volně ke stažení na App Store a Google Play, viz Obrázek 29.



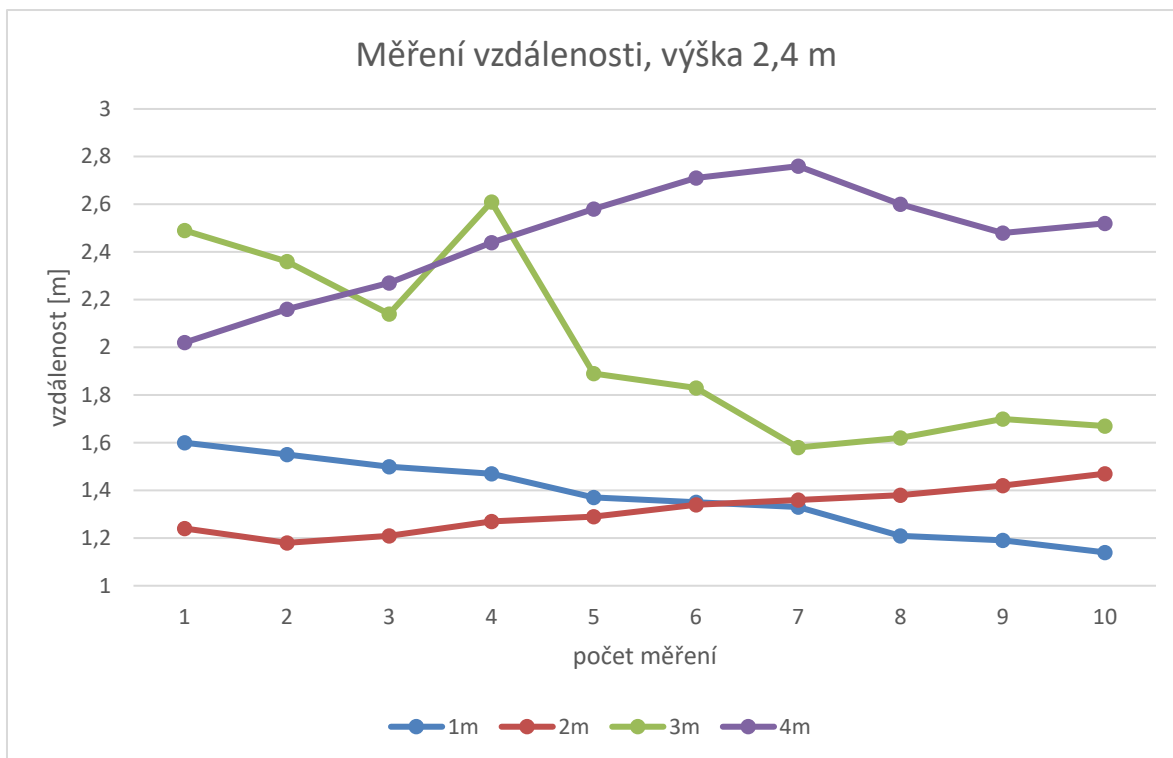
Obrázek 29: Aplikace pro testování iBeaconů [Google Play Store]



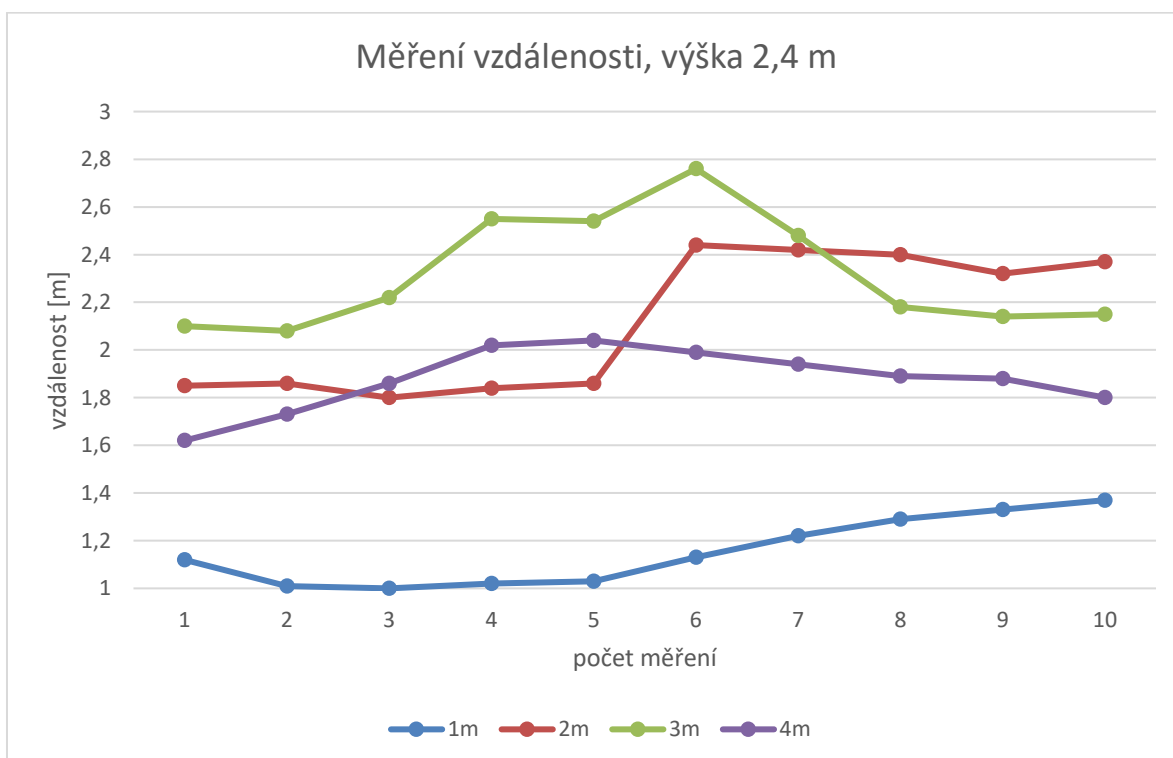
Graf 19: Měření vzdálenosti pomocí Beacon Scanner [autor]



Graf 20: Měření vzdálenosti pomocí Locate Beacon [autor]



Graf 21: Měření vzdálenosti pomocí Beacon Scanner 2 [autor]



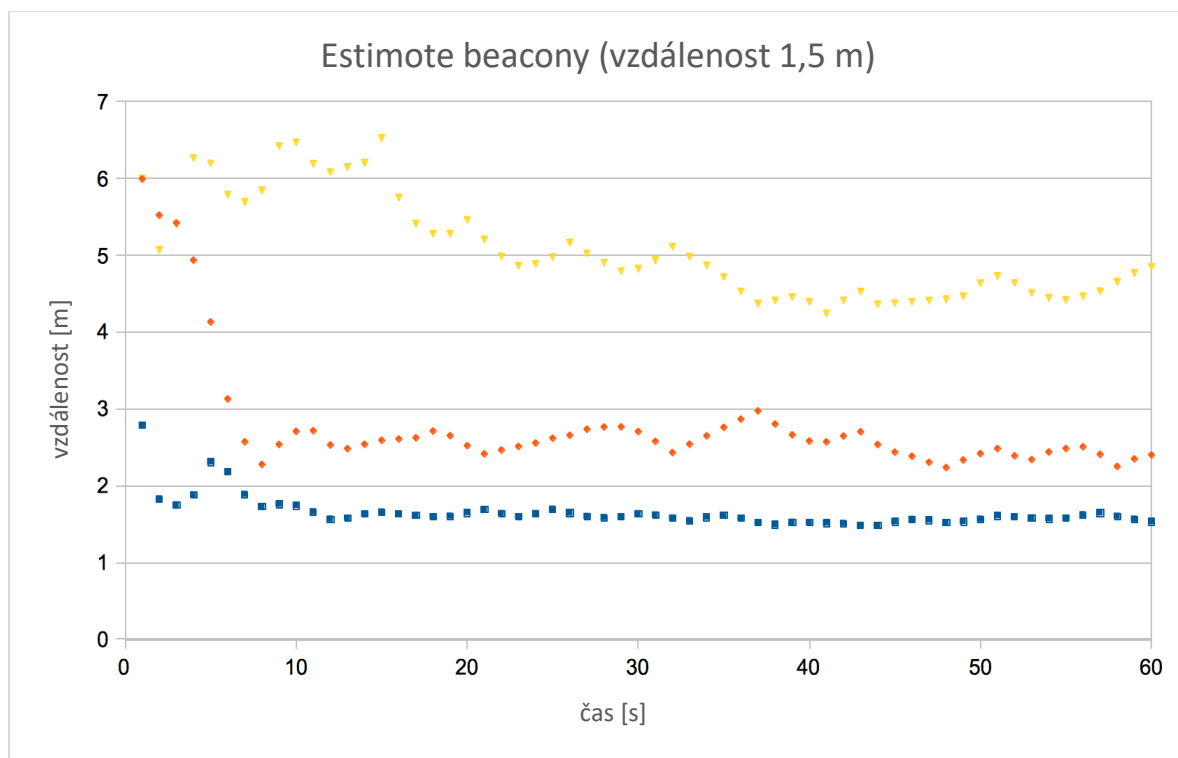
Graf 22: Měření vzdálenosti pomocí Beacon Analyzer [autor]

5.3 Experimenty

5.3.1 Experiment číslo 1 – Přesnost ve vzdálenosti 1,5 m

Na následujícím obrázku je vidět kolísání přesnosti ve vzdálenosti 1,5 m od beaconu po dobu 60 sekund.

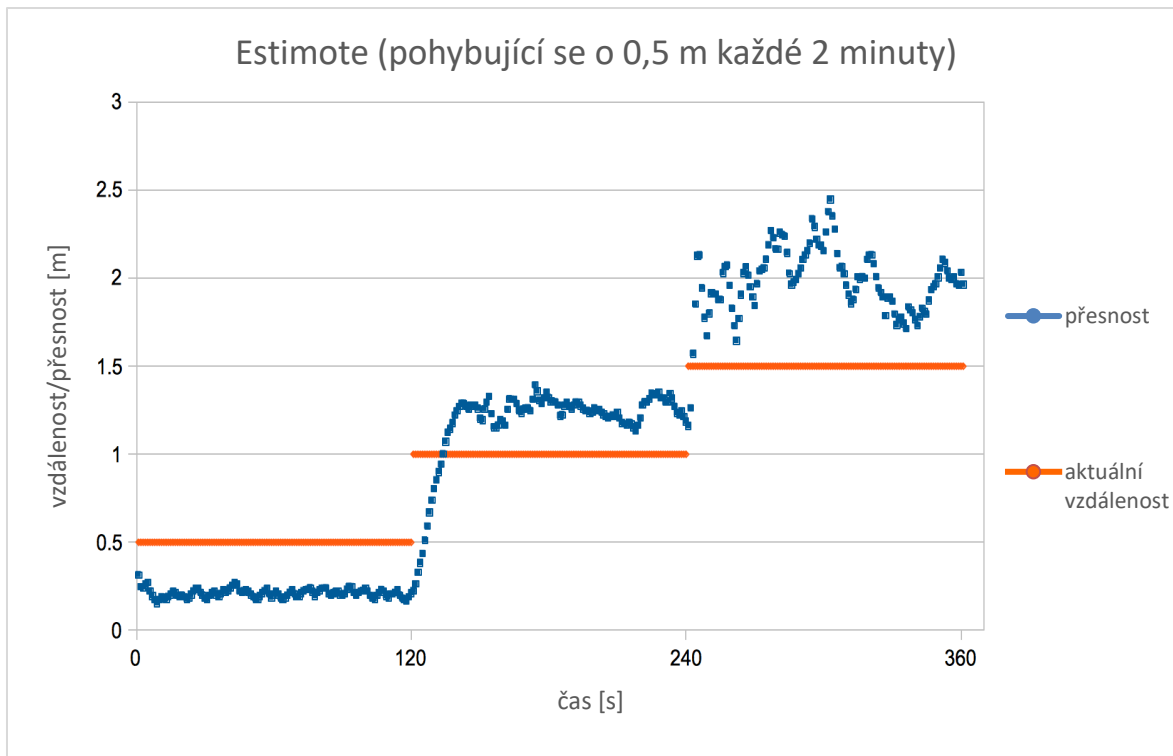
Majáky Estimote se mění od maxima 6,52 m až po 1,48 m. Největší přesnost se dosahuje, když jsme od beaconu do 2 m, naopak poté přesnost kolísá. Tyto měření jsem následně využil pro metodická doporučení pro rozmístění a nastavení iBeaconů.



Graf 23: Kolísání přesnosti Estimote beaconů [autor]

5.3.2 Experiment číslo 2 – Přesnost vs vzdálenost

Další obrázek představuje testování, kdy jsem každou minutu posunul maják o 50 cm dozadu, a přitom zaznamenával přesnost. Pokud je přesnost stejná jako vzdálenost, pak bych očekával, že uvidím nějakou korelaci se skutečnou vzdáleností, kterou má telefon od majáku.



Graf 24: Kolísání přesnosti při posouvání o 0,5 m [autor]

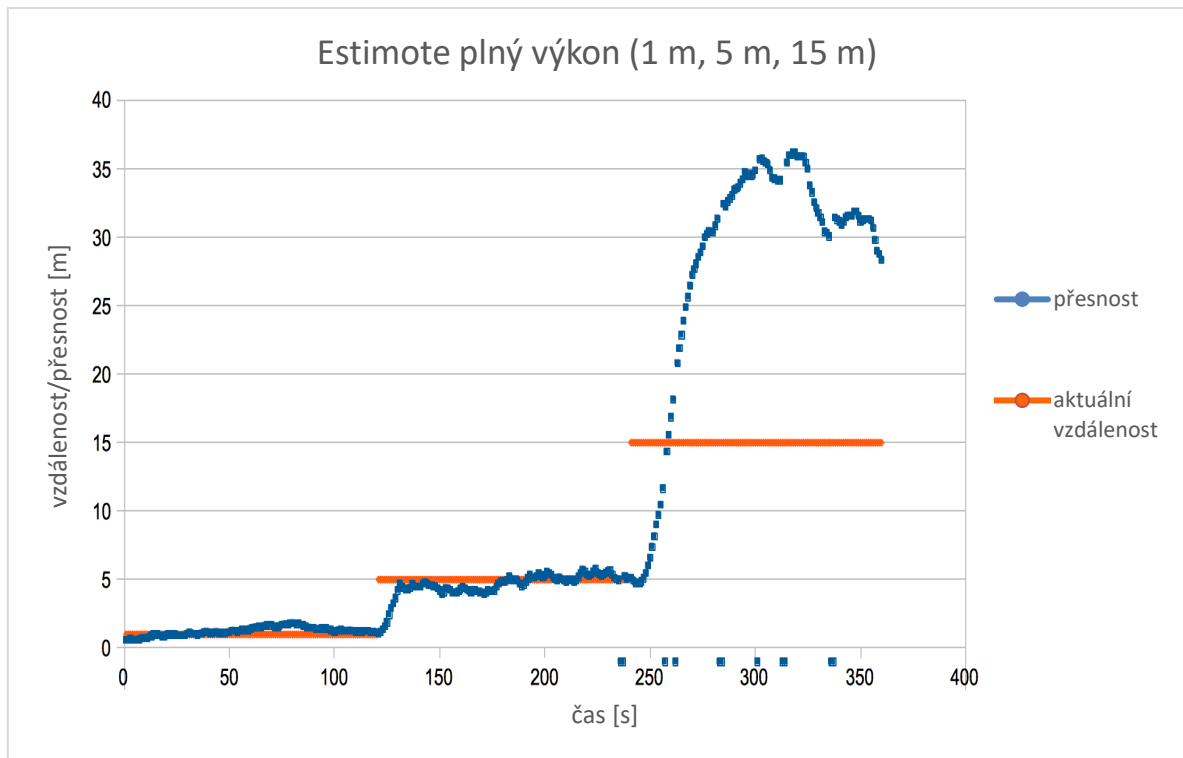
Na první pohled se zdá, že přesnost skutečně připomíná vzdálenost. Při 0,5 m je však přesnost nižší než vzdálenost a při 1,5 m byla přesnost vyšší oproti vzdálenosti.

Rozhodl jsem se prodloužit vzdálenost na 8 m, abych zjistil, zda se přesnost stále zvyšuje se vzdáleností, nicméně v průběhu 80 sekund přesnost majáku hlásila pouze přesnost 3,87 m – asi 4,13 m před 8 m. To nám vyvrací tvrzení, že přesnost představuje vzdálenost.

Přesnost se zlepší, čím blíže jsme k majáku a naopak.

5.3.3 Experiment číslo 3 – Úroveň výkonu

S maximálním výkonem (pro Estimote beacon +4 dBm) jsem provedl podobný experiment jako ten předchozí, kde jsem vykreslil přesnost v různých vzdálenostech. Posuzoval jsem tentokrát vzdálenosti 1 m, 5 m a 15 m.

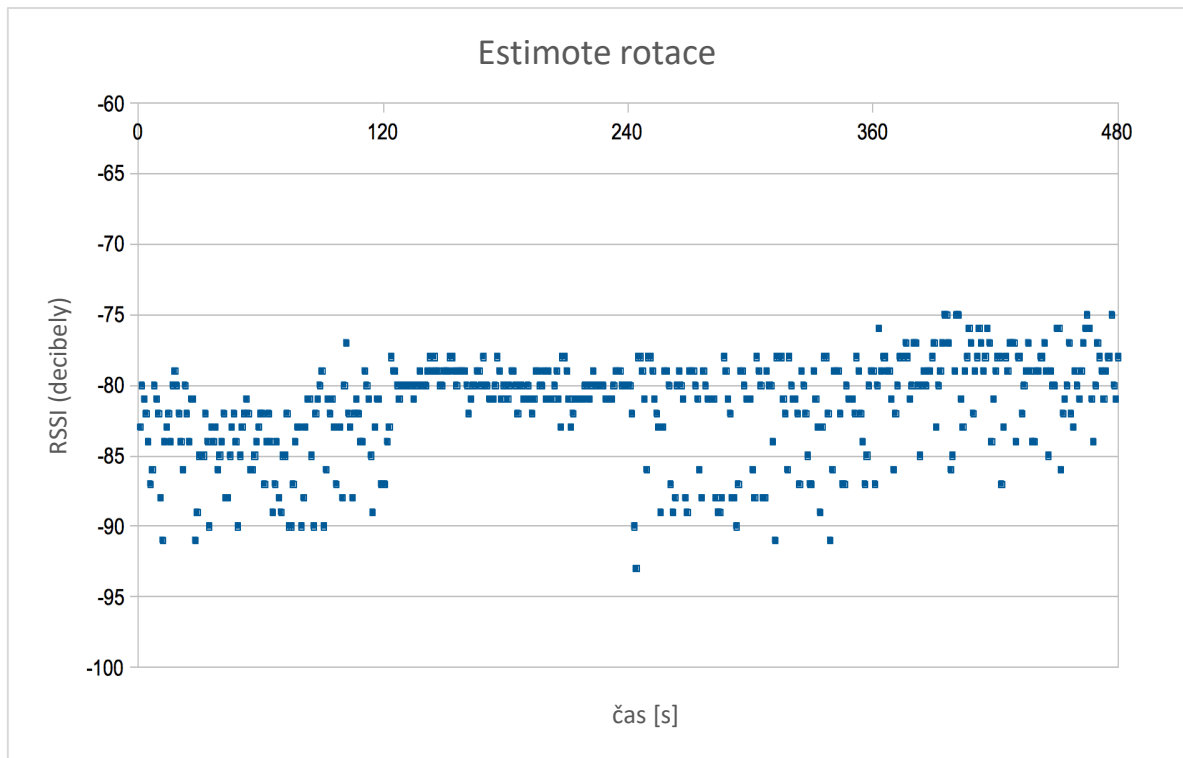


Graf 25: Maximální výkon v různých vzdálenostech [autor]

Tady je vidět, že je tu velmi blízký vztah mezi přesností a vzdáleností mezi 1 a 5 m. Měření začalo kolísat na 15 m, nicméně v této vzdálenosti byly stoly a počítače zakrývající cestu, takže se to dalo očekávat. Z toho vyplývá, že by měl být beacon dobrou viditelnost do okolí.

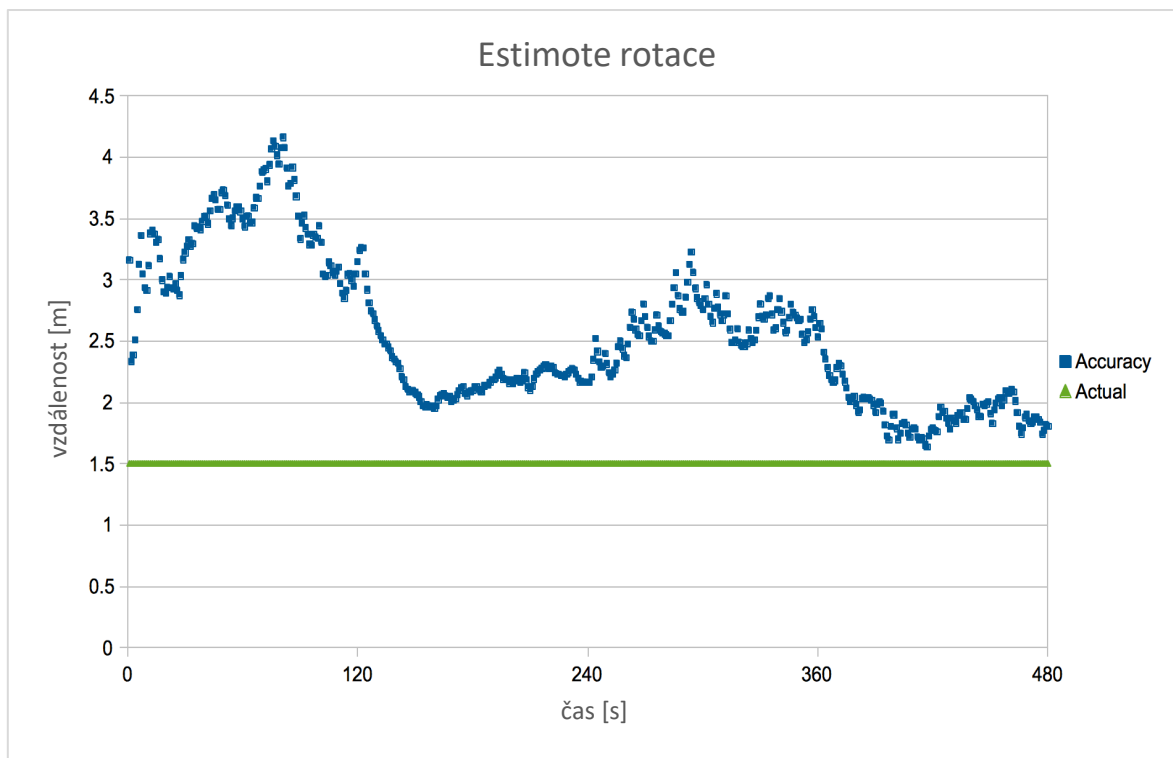
5.3.4 Experiment číslo 4 – Rotace majáku

V tomto testu jsem vyzkoušel účinky rotace na svých majácích. Každých 120 sekund byly majáky otáčeny o 90 stupňů, a pokud by orientace hrála roli ve výkonu majáku, očekával bych, že uvidím změnu síly signálu majáku v různých orientacích.



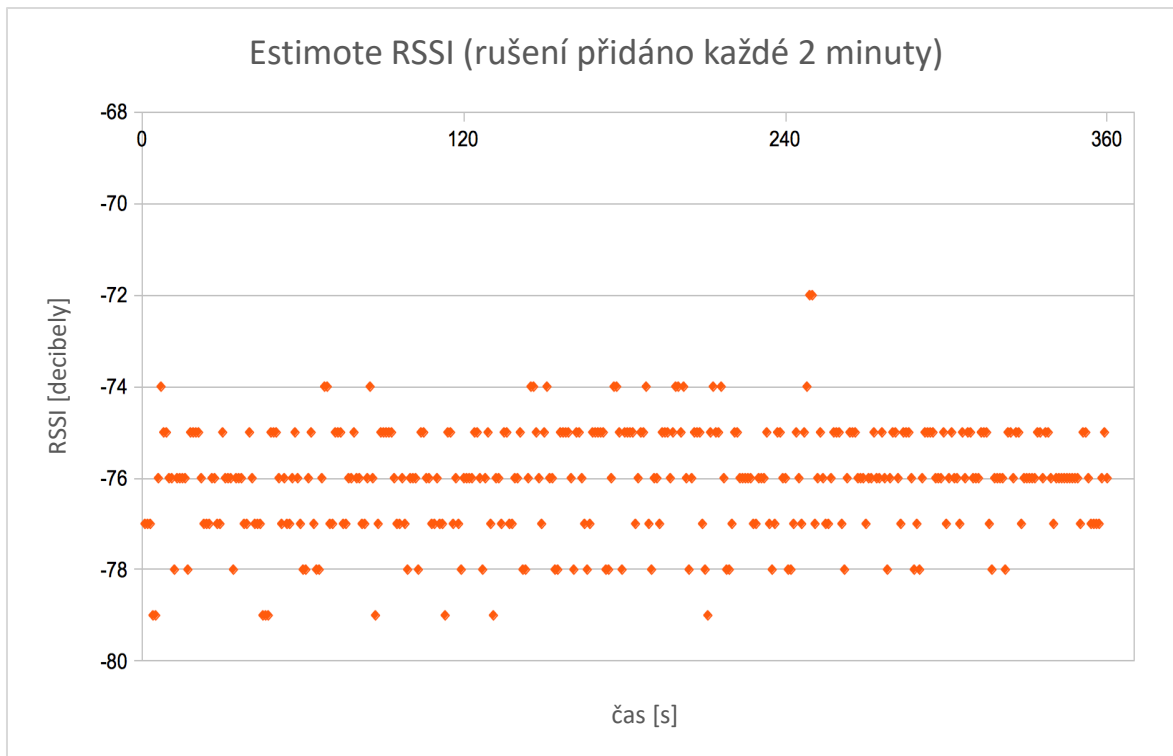
Graf 26: Rotace majáku a změna síly signálu [autor]

Z tohoto grafu je zřejmé, že orientace majáku způsobovala změny síly signálu. Všimněte si, že mezi 120 a 240 sekundami (při rotaci o 90 stupňů) byla síla signálu majáku zvýšena a také mnohem vyrovnanější. Do jaké míry to mění přesnost, je vidět z následujícího grafu, který je přesně časově stejný jako předchozí graf, ale ukazuje vypočítanou přesnost.



Graf 27: Rotace estimate beaconů v čase při vzdálenosti 1,5 m [autor]

Zajímala mě ještě otázka, zda má nějaký dopad blízké seskupení beaconů. Je možné, že jsou-li majáky umístěny příliš blízko u sebe, mohly by se navzájem rušit? Abych to mohl vyzkoušet, rozhodl jsem se začít zaznamenávat sílu signálu pro jeden maják. Potom jsem každé dvě minuty přidal nový maják vedle stávajícího. Pokud by došlo k rušení, očekával bych výraznou změnu síly signálu původního majáku.

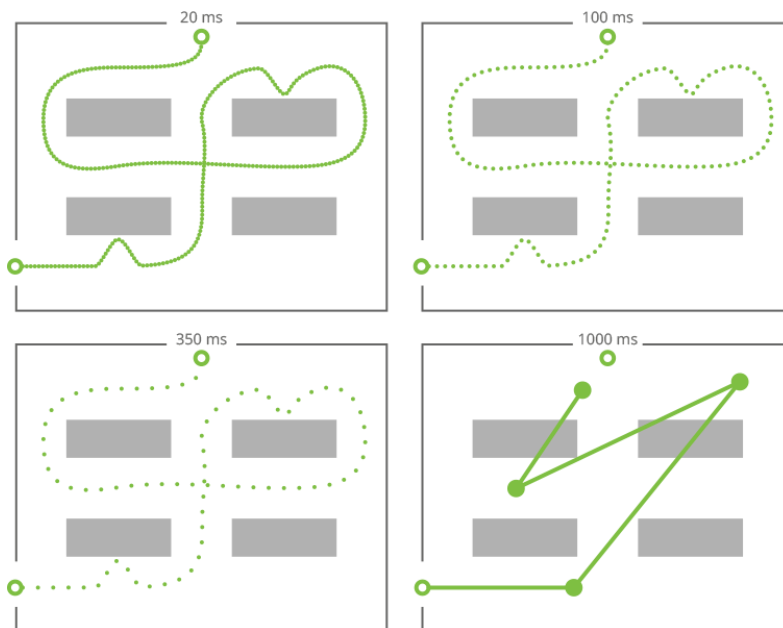


Graf 28: Vliv síly signálu při blízkém seskupení 3 iBeaconů [autor]

Z tohoto grafu vidíme, že mezi šesti minutami nedochází ke změně síly signálu. Ve skutečnosti jsou průměrné síly signálu -76,34, -75,92, -75,88. Po přidání konečného majáku máme maximálně -72 dBm signálů. Docházím k závěru, že u tří majáků nedochází k rušení.

5.3.5 Experiment číslo 5 – Vliv periody vysílání na přesné orientování

Na následujícím obrázku procházím místo se čtyřmi policemi. Cesta je stejná pro všechny čtyři případy. Jediným rozdílem je nastavení intervalu, který používají majáky v místě instalované ke sledování cesty. Každá tečka na mapě představuje vysílání signálu, které se používá k určení přesné polohy během cesty.



Obrázek 30: Rozdíl v nastavení periody vysílání [autor]

Jak je vidět, tak není příliš velký rozdíl v přesnosti orientování mezi nastavením 100 a 350 ms. S intervalem 1000 ms přesnost orientování výrazně klesá a nemůžu přesně říct, jakou cestou půjdu.

5.4 Návrh metodiky za pomoci získaných informací u přestupu Florenc B na Florenc C

Pro dopravní uzel stanice metra Florenc jsem si vybral přestup z dolní stanice B do horní stanice C, na který navrhuji metodická doporučení, které následně použiji na jiný přestup v rámci stanice metra Florenc a návazného autobusového terminálu.

Než jsem dělal metodická doporučení, tak jsem si vybral tuto trasu, detekoval jsem skupiny osob a sdružil jsem je do podskupin, protože například běžný člověk může mít stejnou trasu jako nevidomí, ale zase vozíčkář má jinou trasu. Samozřejmě platí, že pro navigaci nevidomého potřebuji iBeacony v menší vzdálenosti, musí být podél vodící linie, a i aplikace pro nevidomé musí mít jiné komentáře pro pohyb a pro orientaci, než které se budou zobrazovat pro skupinu osob vozíčkáři a pro běžnou populaci.

Pokud se chce člověk dostat z nástupiště stanice metra B na nástupiště stanice metra C, musí použít schodiště / výtah do přestupní stanice, kde po několika metrech přijde k eskalátorům a ty ho vyvezou do další přestupní chodby dlouhé cca 40 m vedoucí k posledním eskalátorům pro přestup. Poté se člověk již nachází na nástupišti stanice metra C Florenc.

Metodická doporučení, která vycházejí z expertní analýzy:

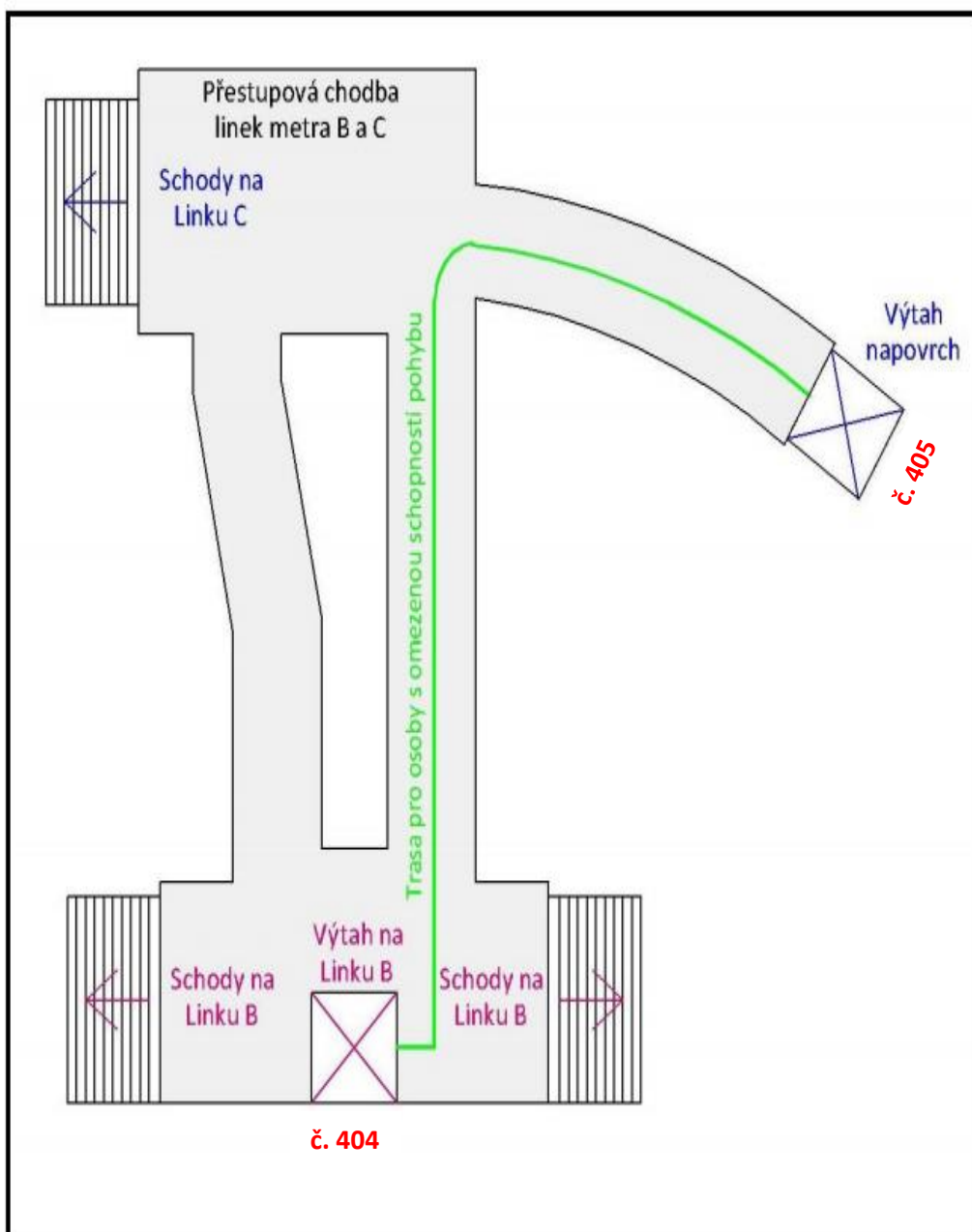
Pro nástupiště je dobré rozmístit iBeacony nad hlavy lidí ve výšce cca 3 až 4 m. Pro přesnost orientování 1-3 m je vhodné umístit iBeacony každých 10 m. Na nástupiště dlouhé 110 m umístit 11 iBeaconů na každé straně ideálně vždy do mezery ne proti sobě. Před vstupem na schodiště a do výtahu musí být umístěn iBeacon a při opouštění také. Jelikož máme schodiště na každé straně nástupiště a výtah vede do mezipatra přestupní chodby, postačí nám 3 iBeacony: 1 na začátku schodiště na obou stranách a 1 na začátku přestupní chodby, kam vyjedeme výtahem č. 404.



Obrázek 31: Výtah č. 404 [autor]



Obrázek 32: Mezipatro přestupní chodby linek B a C [autor]



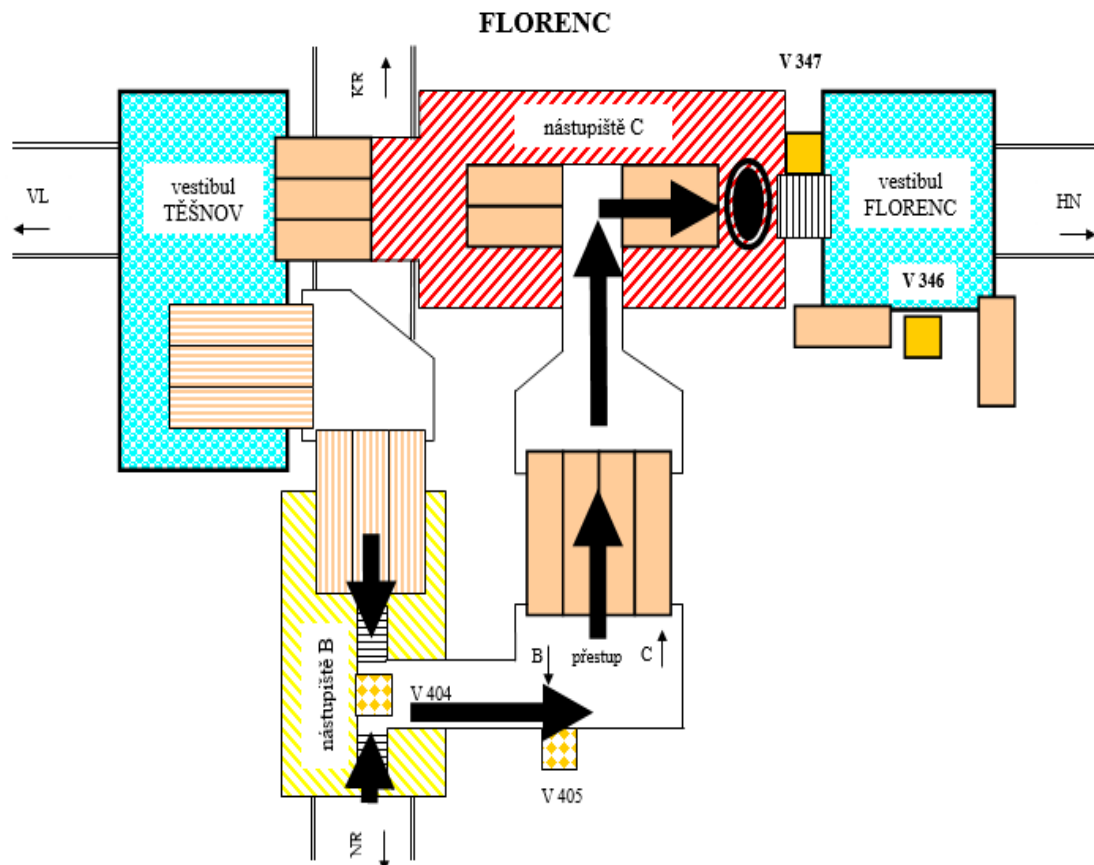
Obrázek 33: Současná trasa pro OOSPO v přestupní chodbě linek B a C stanice Florenc s vyznačením výtahů [autor]

V přestupní chodbě pro zmiňovanou přesnost stačí 4 iBeacony vždy 2 na každé zdi. Ideálně na ohyb chodby a další 7-10 m vedle. Zase jsou 2 přestupní chodby, proto se nám to násobí. Poté zase před vstupem na eskalátory, doprostřed (protože jsou dlouhé, tak aby byl zajištěn signál) a při opouštění. V přestupní chodbě zase stačí 4 iBeacony. Snažit se dát opět na ohyb chodby. Poté zase před vstupem na eskalátory a při opouštění. Celkově bych tedy navrhol 42 iBeaconů pro přestup metro B – metro C Florenc.

Počet iBeaconů: 42

Nastavení iBeaconů:

- **Vstup/výstup do/z vestibulu:** 100 ms, +4 dBm,
- **Nástupiště:** 350 ms, 0 dBm,
- **Schodiště, výtah:** 350 ms, 0 dBm,
- **Přestupní chodba:** 350 ms, -4 dBm,



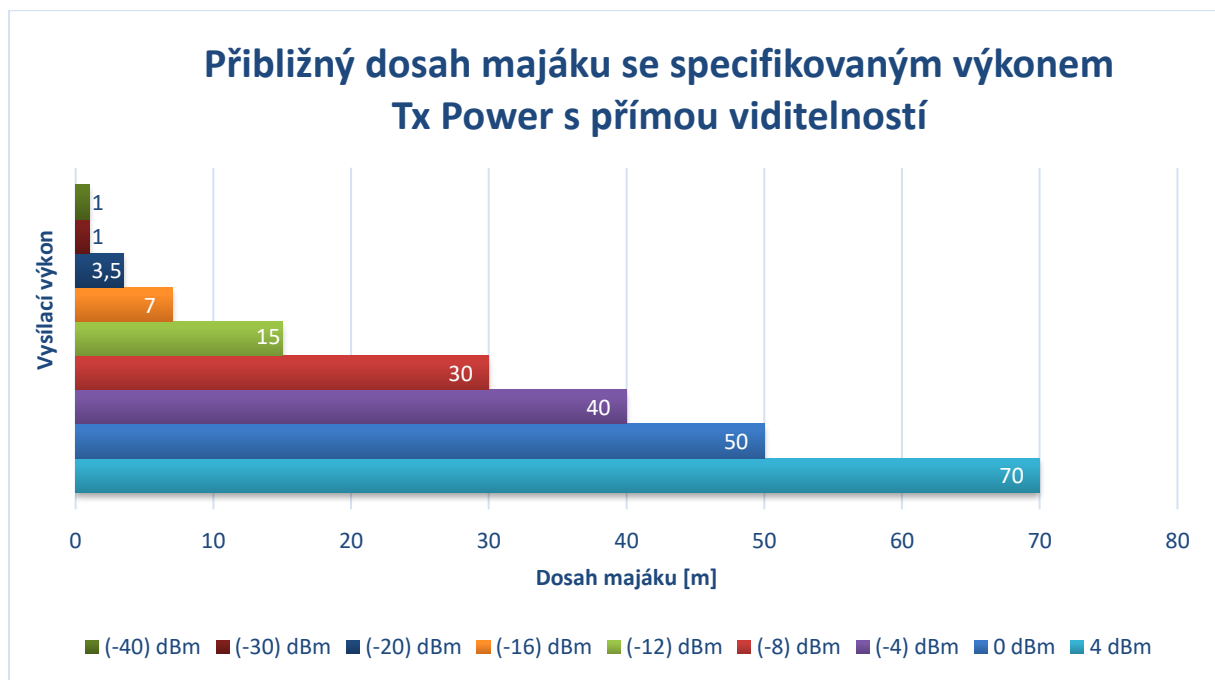
Obrázek 34: Situační schéma stanice metra Florenc [autor]

Ukázal jsem takovýto systém za použití iBeaconů na jedné trase a kolik to zhruba zabere iBeaconů. Proto můžu nyní expertně říct, že kdybychom to chtěli osadit v celém terminálu, tak bude potřeba zhruba 140 – 200 iBeaconů s nějakou nepřesností.

5.5 Metodická doporučení pro nastavení

Tabulka 19: Perioda vysílání [autor]

Perioda vysílání ²	Popis
100 ms (10x / 1 s)	Spolehlivější na detekci, snižuje životnost baterie beaconu, vysoká stabilita signálu
250-400 ms ⁽³⁾	Vyvážené, střední spolehlivost detekce a životnosti baterie. Dobré pro přesné umístění v interiéru.
700 ms	Lepší pro životnost baterie, snižuje se spolehlivost detekce, přes 700 ms způsobuje velké problémy se stabilitou signálu
1000 ms (1x / 1 s)	Nejlepší pro životnost baterie, méně spolehlivá detekce majáku. Přesnost určování polohy výrazně klesá.



Graf 29: Dosah majáku v závislosti na výkonu [autor]

- Po testování bych nastavil maximální TX Power a periodu vysílání 100 ms pro majáky umístěné u vchodu do daného místa. Důvodem je to, že se s těmito majáky spojí co nejvíce lidí. V tomto případě budete možná muset obětovat životnost baterie, abyste získali co největší možný dosah.

² Perioda vysílání je důležitější než vysílací výkon z hlediska vybití baterie.

³ Doporučuji nastavení intervalu mezi 250 – 400 ms pro většinu nasazení. Nižší výkon než v tomto intervalu rychle vybití vaši baterii a vyšší interval může mít problémy s výkonem kvůli nestabilitě signálu.

- Konfigurace beaconů se provádí přes webové rozhraní a speciální mobilní aplikaci. Výchozí konfiguraci je možné objednat přímo u výrobců, to je užitečné zejména při větším nasazení. Jinak se dají nastavit uživatelem jako v mém případě, kde je popsána optimální i maximální konfigurace Estimote beaconů.
- Čím nižší nastavíte periodu vysílání, tím více energie maják časem spotřebuje, a tím větší je i spotřeba baterie. Pokud chcete delší výdrž baterie, nejlepší je prodloužení periody vysílání. Získáte však horší přesnost. Vztah je lineární. Například, pokud změníte hodnotu například z 200 ms na 100 ms, tak vybijete baterii za zhruba poloviční čas.
- Pokud nastavíte 100 ms doporučených společností Apple, tak moje zkušenost je taková, že v systému iOS dostanete detekci téměř vždy do 5 sekund.
- Aby bylo dosaženo maximální přesnosti, je nutné kalibrovat vysílací výkon a periodu vysílání pro každý maják individuálně a poté, co byl nastaven do požadované polohy.
- Když vyměníte iBeacon, musí mít stejné nastavení jako starý. Proto je nutný dobrý inventář a jasný přehled. Dokonalým příkladem je projekt The 'iBeacon Brooklyn museum', ve kterém se na ploše 4,65 ha rozmístilo nejméně 150 majáků a nefungovalo to podle plánu.
- Dle mého experimentálního měření jsem došel k závěru, že u tří majáků nedochází k rušení a síla signálu se téměř nemění.

5.5.1 Vlastní nastavení iBeaconů

Každý maják má své vlastní výchozí hodnoty Tx Power a interval (periodu) vysílání. Po několika testováních jsem došel k závěru, že každý iBeacon, respektive sadu iBeaconů je potřeba nastavit jinak. Sadou myslím skupinu iBeaconů o stejném výkonu a periodě vysílání, které budou umístěny po několika kusech v daném místě. Například jiné bude nastavení v intravilánu a jiné v extravilánu. Pro jednotlivá prostředí jsem zde vypsal různé konfigurace:

Maximální konfigurace

- **Vysílací výkon:** +4 dBm
- **Perioda (interval vysílání):** 100 ms ... 10 vysílání/s

⇒ Při tomto nastavení ovšem dochází k radikálnímu úbytku stavu baterie, takže je potřeba nastavit jiný výkon nebo interval pro daný iBeacon/sadu.

Obvyklá konfigurace

- **Vysílací výkon:** -12 dBm
- **Perioda (interval vysílání):** 350-900 ms

Pro *vnitřní umístění* je doporučená konfigurace:

Doporučená konfigurace

- **Vysílací výkon:** -20 dBm
- **Perioda (interval vysílání):** 100 ms / 150 ms ... přibližně 10 vysílání/s

Optimální konfigurace pro místnost

- **Vysílací výkon:** -8 dBm
- **Perioda (interval vysílání):** 300 ms ... 3,3 vysílání/s

Po zmíněném testování úbytku stavu baterie a zkoumání, jaká kombinace výkonu a periody bude nejlepší, jsem došel k závěru, že optimální konfigurace Estimote beaconů pro dopravní uzel bude takováto s tím, že na některých místech budu měnit konfiguraci:

Optimální konfigurace pro dopravní uzel

- **Vysílací výkon:** +0 dBm
- **Perioda (interval vysílání):** 350 ms ... 2,9 vysílání (signály) / s

⇒ Zjistil jsem, že 350 ms nabízí ideální rovnováhu mezi stabilitou signálu a životností baterie pro naše beacony.

5.6 Metodická doporučení pro rozmístění

- Jsou nutné plány pro každé patro budovy, kde bude instalace probíhat.
- Začněte **umístěním jednoho majáku v každém rohu místnosti**. Pokud je vaše místnost ve tvaru čtverce větší než dosah signálu majáku, potřebujete mezi majáky více majáků, aby byla zajištěna přesnost umístění 1-2 m. Pokud pracujete s jinými místnostmi než čtvercového tvaru, doporučuji vám také se podívat na mapu půdorysu a naplánovat tam pozice majáku. Ujistěte se, že majáky jsou blíže než dosah jejich signálu od sebe. Pokud jste například nastavili výkon na 30 m, preferovaná maximální vzdálenost je 20-25 m, aby se zajistilo přesnější umístění.
- Detekce ibeaconu v mobilním zařízení může v nejhorším případě trvat až 6 vteřin. V místech, kde je rychlost detekce kritická (např. vstup/výstup do/z vestibulu), je vhodné umístit naráz více beaconů pro zkrácení detekčního času.
- Signál Bluetooth je nejčastěji **blokován lidmi** (extrémně vysoké vlastnosti útlumu), **kovy, vodovodním vedením, omítkou, betonem, sádrokartonem, Wi-Fi sítěmi nebo neprůstřelným sklem**. Tyto materiály mají vysoký potenciál rušení a signál se může odrážet, proto je dobré na to dát pozor. Signál může být také rušen jinými zařízeními pracujícími na stejném frekvenčním spektru jako majáky - 2,4 GHz, což je stejné spektrum, jaké používají kanály Wi-Fi 802.11. Pokud jsou majáky nainstalovány v místnosti se spoustou sítí Wi-Fi (například na veletrhu), může dojít k určitému rušení. Problém však lze vyřešit vyhnutím se kanálům 2, 3, 4, 13 a 14 při konfiguraci sítě Wi-Fi. Místo toho použijte kanály 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11 a 12.
- Z předchozího doporučení vyplývá, že by se ibeacony měly umístit **do výšky asi 2,5 m nad zemí, max. 4 m** nebo na **nízké stropy**. Ve výšce 5 m a více jsou signály oslabeny a měli byste zvýšit výkon.
- Beacons by se měly umístit **do jedné výšky**. Neumísťujte je za kovové předměty anebo jiné překážky, jinak bude užitečnost majáku spíše nulová! Pokuste se vytvořit přímou viditelnost mezi majákem a telefonem uživatele.
- Pro navrhovanou přesnost **1-3 m** je nutné instalovat maják každých **7-10 m**.
- Beacons se snažíme rozmísťovat po perimetru budovy a vykrývat místa se **slabším signálem**. Jako optimální umístění majáků se jeví pozice **ideálně ve středu půdorysu místnosti**.
- Neumísťte více beaconů s **různými vysílanými hodnotami** blízko sebe (i z druhé strany zdi).
- Majáky používejte pouze v oblastech, kde je vyžadována orientace.

- **Poloha beaconu** (svisle/vodorovně): umístit beacon do svislé polohy, při testování se mi to osvědčilo a doporučuje to i výrobce Estimote. Nejeftivnější umístění pro optimální šíření signálu je svislé, s malou tečkou směřující nahoru. Nemělo by se s beacony otáčet. Instalace majáků na stropy také funguje dobře.
- **Poloha uživatele mobilního zařízení vůči beaconu:** ideální poloha je, aby uživatel stál čelem k beaconu a držel mobilní zařízení v ruce před sebou
- **Natočení mobilního zařízení:** zjistil jsem, že natočení mobilního zařízení nemá vliv, protože mobilní zařízení mají vestavěnou všesměrovou anténu. Natočení je důležité pro orientaci: v mobilním zařízení používáme elektronický kompas, který nás naviguje.
- Pokud jsou majáky velmi blízko u sebe, tak jejich signál ze všesměrových antén snadno prochází např. sádkartonovými zdmi, které mohou oddělovat některé místnosti. Dosah signálu iBeaconu je přitom kolem 70 m. Je potřeba připravit softwarové i hardwarové stínění, které zabezpečí, že se vždy zobrazí obsah na základě nejbližšího iBeaconu. Poté dojde k rozdělení majáků na místnosti a blacklistování všech iBeaconů mimo aktivní místnost. Doporučil bych **stínící tělesa ve tvaru kužele kolem iBeaconů** tak, aby se **signál šířil pouze do určitého směru**.
- **Dosah beaconu:** pokud je vzdálenost větší než 15 m, přesnost velmi klesá. Nad 15 m by se měla použít triangulace.
- Dle experimentálních měření z Graf 25 jednoznačně vyplývá, že Estimote beacony při plném výkonu (4 dBm) je dobré používat do vzdálenosti 10 m, poté přesnost výrazně klesá, takže je dobré na delší vzdálenost použít jiný typ beaconu např. Location.
- Pokud budeme používat iBeacony pro orientování ve venkovním prostředí (jako v tomto případě pro přestup), tak je obtížné je někde umístit. Je potřeba využít např. lampy veřejného osvětlení nebo dopravní značky. Poté musí být nastaven větší výkon (0 dBm, +4 dBm), protože se předpokládají delší vzdálenosti.
- Pokud umístíte majáky např. do obchodu, je dobré umístit maják hned vedle obchodu (např. na stěnu výlohy). Jakmile zákazník s chytrým zařízením a aplikací vstoupí nebo opouští váš obchod, notifikace se spustí. Kromě tohoto scénáře existuje několik dalších okolností, kdy budete chtít použít tyto informace. Pokud máte **budovu s více patry**, doporučuji **přidat jeden maják poblíž začátku schodiště, eskalátoru, plošiny a výtahu a druhý poblíž jeho konce**. Chytré zařízení totiž nerozumí rozdílům mezi samotnými podlahami, a proto je důležité umístit maják ihned po změně podlahy. To vám poskytne nejlepší přesnost a zrychlí přechod podlahy v aplikaci. Pokud jsou schody příliš dlouhé, možná budeme potřebovat další maják uprostřed.
- Na stanici veřejné dopravy je doporučeným místem pro instalaci majáku **informační tabulka**.

- Pro přesnost **1-3 m**, doporučuji **jeden maják na 50 m²**. Pro oblast **>100 m²**, která by umožňovala přesné orientování, doporučuji provést trilateraci, takže 3-4 majáky by byly optimální. Trilaterací lze dosáhnout přesnosti až 1-2 m. Pro plochu kolem **1000 m²** doporučuji zvážit použití 8-15 majáků.
- Na letišti doporučuji umístit iBeacony na tyto místa: **vstupy, odbavovací pulty, brány, místa pro reklamaci zavazadel, parkovací zóny**.
- V otevřených prostorech, kde musíte umístit mnoho majáků, aby efektivně pokryly celé místo, se do obrazu dostanou faktory, jako je rušení. Hrajte se silou signálu, abyste omezili překrývání. Nejlepší praxí pro taková místa je vytvoření symetrické mřížky majáku pokrývající celé místo. Hustota mřížky bude definovat přesnost umístění. Jako nejlepší postup se doporučuje, aby vzdálenost mezi jednotlivými majáky byla mezi 10 a 20 m. Pokud jsou majáky vzdálené 10 m, poskytnou vám přesnost okolo 2 m. 20 m poskytnou přesnost 5 m.
 Otevřený prostor s umístěním majáků ve vzdálenosti 10 m od mřížky:
 S takovým nastavením může být plocha 10 000 m² pokryta buď 121 majáky (11 x 11) nebo 36 majáky (6 x 6) v závislosti na potřebné přesnosti.
 Pokud je však umístění příliš velké a je třeba nainstalovat tisíce majáků, které se nemusí ukázat jako nákladově efektivní, vyhledejte nejlepší místa, jako jsou místa vstupu a výstupu.
- Pro každý systém v závislosti na majácích BLE je nutné v prostředí správně nainstalovat a nastavit majáky.

5.7 Trasy

Trasy z vestibulu Florenc C na ÚAN Praha-Florenc:

Tato kapitola pojednává o jednotlivých trasách z vestibulu Florenc C na autobusové nádraží, které budou vhodně osazeny iBeacony. Jedná se o součást metodických doporučení.

Detekoval jsem si trasy, kudy lidé chodí a vzal jsem v potaz, že lidé volí různé trasy v závislosti na tom, jak potřebují. Rozdělil jsem si lidi do těchto skupin:

A) Osoba bez omezení schopnosti pohybu a orientace:

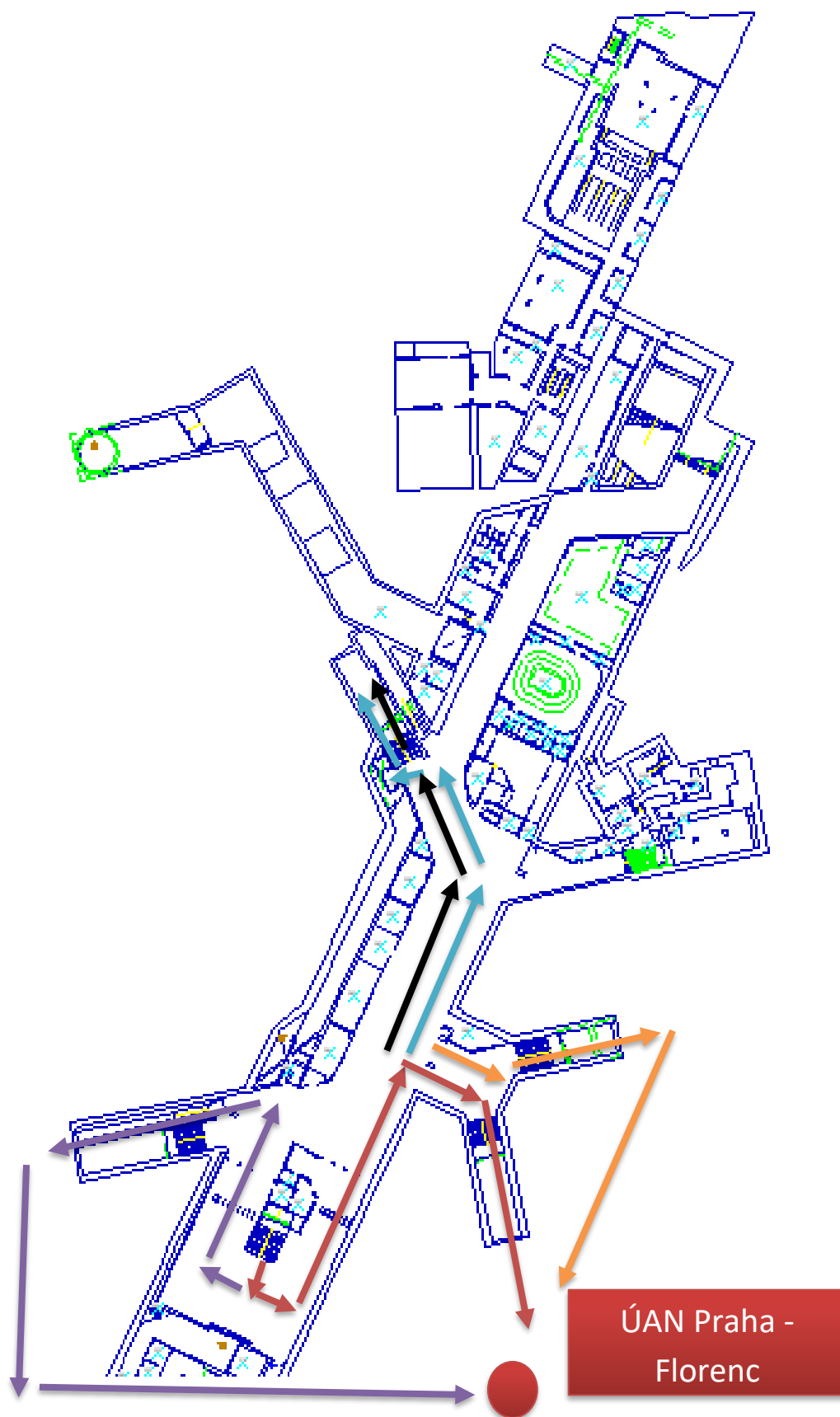
Při zachycení signálu v nějakém místě jsem mu schopen slovně velmi rychle popsat, kudy má jít.

B) Osoba s omezenou schopností pohybu a orientace:

Komplikovanější. V případě větší vzdálenosti nebude osoba s omezenou schopností pohybu a orientace vědět, jestli jde dobře.

Do popisu se musí dát bližší informace, více detailů. Na cestě budou záchytné body, míst s iBeaconem bude více. Bude jiná trasa než pro osoby bez omezení.

Díky tomu, že jsem detekoval všechny trasy, tak vím, kolik a na jaká místa budu vhodně rozmísťovat iBeacony. Je to důležité z toho důvodu, že mám různé skupiny osob a ty skupiny osob můžou sdílet tu danou trasu, ale nemusí a díky tomu, že ji nesdílejí, protože mají své potřeby, tak navrhuji metodiku pro konkrétní půdorys a trasu, kde všechny tyto požadavky beru v potaz.



Obrázek 35: Trasy z vestibulu metra C Florenc k ÚAN Praha-Florenc [autor]

5.7.1 Popis tras

1. trasa (tmavě červená)

Tato trasa vede z nástupiště ke schodišti, po kterém se dostaneme do vestibulu. Pokud zahneme doleva, tak půjdeme kolem výtahu a senzorů pohybu. Asi po 20 m se nachází po pravé straně podchod ke dvěma schodištím. Pravé nás dovede nejrychlejší cestou k ÚAN Praha-Florenc. Druhé směřuje k Hudebnímu divadlu Karlín, ale také bychom se dostali k ÚAN Praha-Florenc. Tato trasa je dobrou volbou pro osoby bez zdravotního postižení a pro nevidomé.



Obrázek 36: Podchod ve vestibulu metra C Florenc [autor]



Obrázek 37: Znázorněný výstup k ÚAN Praha-Florenc [32]

2. trasa (oranžová)

Tato trasa je stejná jako předchozí s výjimkou toho, že se v podchodu můžeme rozhodnout jít doleva. Potom vyjdeme na Křížkově ulici, kde se musíme otočit a vrátit se zpátky směrem k Fakultě dopravní. Po pár metrech uvidíme po levé straně ÚAN Praha-Florenc.



Obrázek 38: Znázorněný výstup na ulici Křižíkova [32]

3. trasa (azurová)

Tato trasa vede po schodišti z nástupiště přes vestibul kolem obchodů až k výtahu č. 346, který nás vyveze na uliční úroveň. Její délka je cca 77 m. Pokud nechceme jet výtahem, můžeme vyjít i po schodišti nebo pomocí eskalátorů.



Obrázek 39: Výstup u Muzea Hl. města Prahy [32]



Obrázek 40: Výtah č. 346 a ÚAN Praha-Florenc [autor]

4. trasa (černá)

Trasa, která je vhodná pro OOSPO (vozíčkáři, maminky/tatínkové s kočárky, lidé se zavazadly apod.), protože využívá dvou výtahů č. 347 a č. 346. Jeden směřuje z nástupiště do vestibulu. Z něho se vydáme doleva a půjdeme rovně cca 50 m, poté znovu mírně doleva a po cca 27 m a celkově 77 m dojdeme k dalšímu výtahu č. 346, který nás vyveze na uliční úroveň.



Obrázek 41: Výtah č. 347 a vestibul metra C Florenc [autor]

5. trasa (fialová)

Tato trasa začíná na nástupišti metra C Florenc. Odtud se můžeme dostat pomocí schodiště nebo výtahu do vestibulu, kde zahne doprava a dojdeme k dalšímu schodišti a eskalátorům, pomocí nichž se dostaneme na povrch. Vyjdeme na Křížkově ulici a za zády můžeme vidět ÚAN Praha-Florenc, kam se dostaneme po chodníku.



Obrázek 42: Znárodněný výstup na ulici Křižíkova [32]

6 Návrh konkrétního řešení orientace v dopravním uzlu za pomoci iBeaconů

V této kapitole jsou uvedeny podrobnosti o návrhu navigačního systému, který využívá použití majáků Bluetooth jako synchronizačních bodů spolu s orientačními pokyny pro trasu v dopravním uzlu stanice metra Florenc. Pro orientaci jsem zvolil pouze sdílenou trasu z metra linky B na linku C. Pokud by někdo chtěl zvolit jinou trasu, tak může, ale tato trasa už nebude osázena iBeacony. Při návrhu metodiky v přestupním uzlu je třeba brát v úvahu i využitelnost technologie iBeacon pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace (OOSPO).

Zásadním problémem pro OOSPO v rámci uzlů je právě orientace, a to nejen pro osoby, jejichž handicap souvisí právě se schopností orientace v prostoru, ale i pro osoby s pohybovým omezením, kde je problémem neoznačení bezbariérových a bariérových tras. Pro cestujícího s jakýmkoliv handicapem je důležité kvalitní a jasné navedení na požadovanou zastávku bezpečnou, bezbariérovou a co možná nejkratší trasou.

Pro jednotlivé trasy jsem si změřil rozměry, nastavil pro každý iBeacon periodu vysílání a vysílací výkon a vytipoval si umístění. Umístění bude pouze teoretické, protože fyzicky je tam nemůžu umístit – nemám povolení, mohlo by dojít ke krádeži a také nemám tolik kusů.

iBeacony budou umístěny na strategická místa. Pro uzel Florenc je umístím na místa, která by měla být navíc upravena i pro OOSPO tam, kde to ještě není:

Klíčové body v objektu doplněné informacemi pro OOSPO:

- **vchody**...*akustický orientační majáček* nad vstupem do budovy,
- každý **ohyb chodby**,
- **na toalety**...*haptický štítek na dveřích od toalety*. Umisťuje se dvacet centimetrů nad kliku. Součástí jsou i bezbariérové toalety, které by měly být osazeny *eurozámkem*, který se odemyká *euroklíčem*, jejichž výhradním distributorem je Národní rada zdravotně postižených.
- **v blízkosti výtahu**...*doplněn Braillovým písmem*,
- **před vstupem na schodiště, eskalátory**, ... *funkční hmatový kontrast, zdrsňující pas o šířce 40 cm, haptický štítek na začátku zábradlí + zábradlí*,
- rampy .. všude **zábradlí** + *zarážka pro bílou hůl*

Klíčové body pro dopravní uzel včetně výše zmíněných:

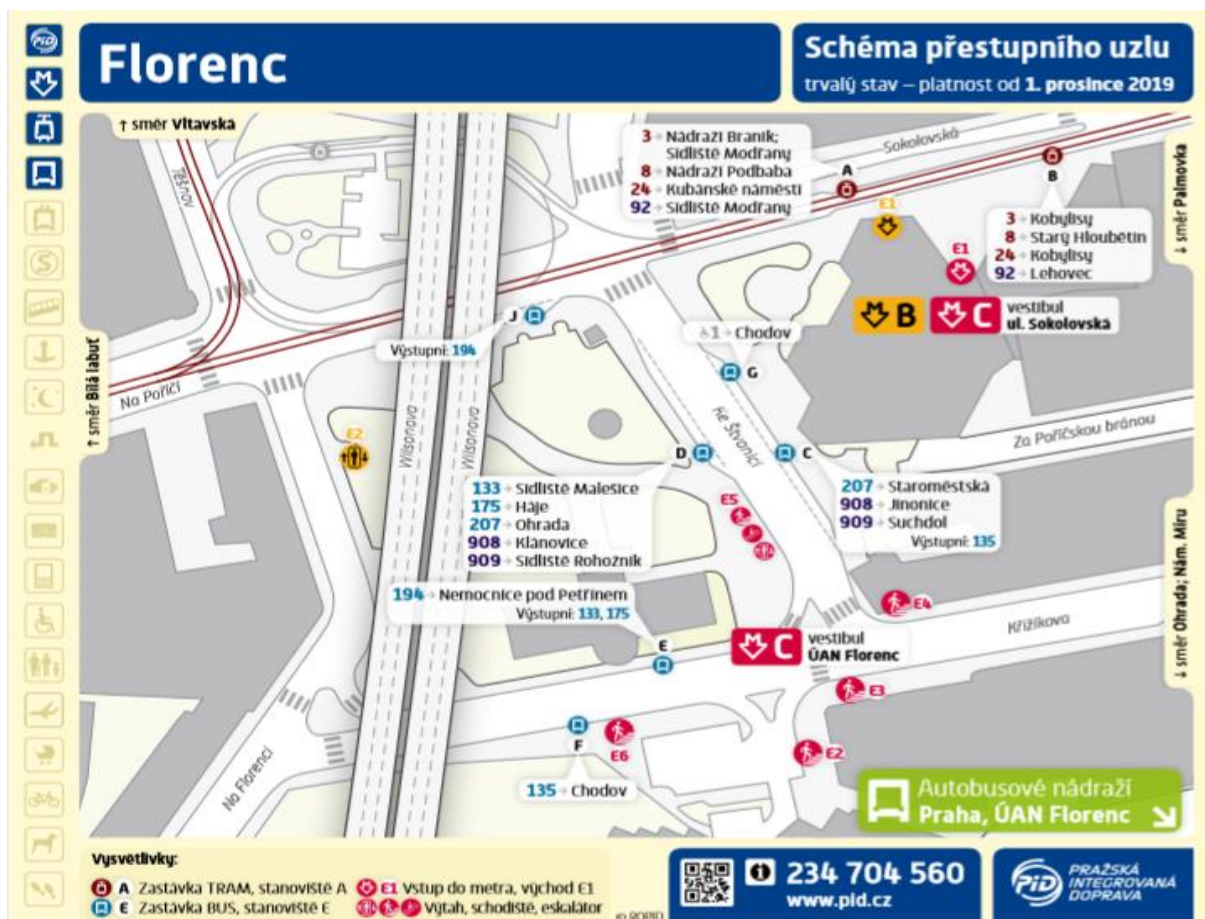
- **u přístupu na nástupiště, ...** *vodící linie, signální pás, hmatový štítek, varovný pás, vodící linie s funkcí varovného pásu (pouze železnice)*
- **k prodejnám s jízdenkami,**
- **před vstupem do metra,**
- **do vestibulu,**
- **k informačnímu okénku,**
- **před vstupem do přepravního prostoru (vestibul),**
- **u přechodu přes silnici umístěný na SSZ, ...** *vodící linie,*

6.1 Přestupní uzel Florenc

V tomto uzlu dochází ke křížení autobusových linek městské hromadné dopravy, tramvajových linek, linek metra B, C a v blízkosti se také nachází autobusový terminál pro dálkovou dopravu Ústřední autobusové nádraží Praha – Florenc.

Pro moji diplomovou práci se zaměřuji na stanici metra Florenc a návazný autobusový terminál, kam chci navigovat lidi.

Uzel je komplikovaný, a to především kvůli necentralizovanému umístění jednotlivých zastávek. Ty se totiž nachází v různých ulicích, jak je patrné z následujícího schématu.



Obrázek 43: Schéma přestupního uzlu Florenc [33]

6.1.1 Technické parametry a místnosti důležité pro rozmístění a nastavení iBeaconů

Tabulka 20: Technické parametry důležité pro rozmístění a nastavení iBeaconů [autor]

Parametry	Délka	Výška	Výška iBeaconů
Místo umístění			
Nástupiště C	92,4 m	3,25 m	3 m
Vestibul C	73,9 m	2,76 m	2,5 m
Nástupiště B			
Nástupiště B	109,5 m	4 m	3 m
Vestibul B	95 m	2,76 m	2,5 m

V následujících tabulkách jsou popsány časové údaje a údaje o vzdálenosti pro stanici metro Florenc a přilehlé Ústřední autobusové nádraží Praha Florenc. Jednotlivé trasy jsem sám procházel, měřil a zaznamenával pomocí mobilního telefonu s aplikací krokoměr a pomocí stopek.

Tabulka 21: Trasa z metro C Florenc na ÚAN Florenc [autor]

Trasa z metro C na ÚAN:	doba	vzdálenost
bezbariérově: 2 výtahy	X (2:35 min)	cca 153 m (198 kroků)
nejkratší	2:02 min	cca 104 m (135 kroků)
nejrychlejší	1:09 min	cca 89 m (115 kroků)
Sdílená trasa z B kolem McD' na ÚAN:		
bezbariérově	X	cca 228 m (296 kroků)

Nejkratší: použit 1 výtah do vestibulu a následně schodiště

Tabulka 22: Přestup z metra B Florenc na metro C Florenc [autor]

Přestup z metra B na C:	doba	vzdálenost
bezbariérově: 2 výtahy	X	X
nejkratší	2:47 min	cca 104 m (134 kroků)
nejrychlejší	1:40 min	cca 161 m (209 kroků)

Nejkratší: použit 1 výtah + eskalátory

Nejrychlejší: schody + eskalátory

- **Vestibuly**

Východní s výstupem do podchodu pevným schodištěm na výšku 4,15 m.

Západní povrchový v ulici Sokolovská s trojicí eskalátorů.

2 přímé výstupy / vestibuly:

- jižní: vede po pevném schodišti k autobusovému nádraží Florenc
- severní: po eskalátoru, který má společný povrchový vestibul s přímým výstupem z linky B

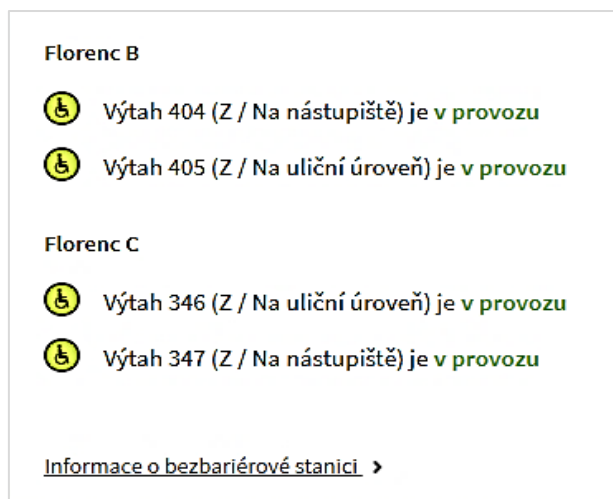
- **Výtahy**

Celkem 4 výtahy ve stanici Florenc B, C pod označením 346, 347, 404 a 405.

Č. 404: umístěn přímo na můstku, který spojuje nástupiště stanice s přestupní chodbou

Č. 405: vychází z přestupní chodby vlastní chodbou; jeho horní stanice je umístěna na křižovatce ulic *Na Florenci* a *Na Poříčí*

OOSPO, maminky (tatínkové) s kočárky, starší lidé, lidé se zavazadlem potřebují všechny 4 výtahy funkční, a proto by tato informace měla být součástí aplikace, kde uživatel rychle zjistí, zda je výtah v provozu. Data budou načítána od Dopravního podniku Praha.



Obrázek 44: Stav výtahů pro stanici metra Florenc [34]

Funkčnost výtahů mohou lidé zkontrolovat na adrese:

<https://www.dpp.cz/cestovani/bezbarierove-cestovani/stav-vytahu-a-plosin>

Vzdálenost výtahů

Výtah číslo 404 (vede z / na nástupiště linky B) je vzdálen od výtahu číslo 405 (vede z / na uliční úroveň) celkově 41 m.

Výtah číslo 347 (vede z / na nástupiště linky C) je vzdálen od výtahu číslo 346 (vede z / na uliční úroveň) celkově 77 m.⁴

Výtahy ve stanici Florenc B i C poskytují zvukovou signalizaci pro nevidomé.

- **Toalety**

Umístění: Florenc B – podchod C, který vede do vestibulu

Výhody: systém pro nevidomé, součástí je i bezbariérová toaleta a přebalovací pult

- **Přestup**

Při přestupu mezi linkou B a C musí osoby, které potřebují využívat výtah, absolvovat velmi dlouhou a složitou cestu, kdy musí dokonce opustit prostory metra a vyjet výtahem na povrch, kde překonají vzdálenost cca 160 m k dalšímu výtahu, který umožňuje dostat se na druhou linku metra.

⁴ Pro nevidomé může být vzdálenost jiná, protože jdou kolem vodící linie.

6.2 Scénáře pro přestup stanice metra C Florenc – ÚAN Florenc

Nejdříve jsem provedl průzkum v terénu, kde jsem zjistil, jaké jsou požadavky na rozmístění a na základě toho jsem navrhl rozmístění a nastavení. Sepsal jsem místa osazení iBeacony a pro ověření jsem použil přestup z vestibulu C na ÚAN Praha-Florenc. Na tomto přestupu jsem si ověřil metodická doporučení, přičemž jsem se jimi řídil a na jejich základě jsem aplikoval požadavky osob na to, abych osadil správná místa iBeacony a jednotlivé skupiny osob se dostaly z vestibulu C na Ústřední autobusové nádraží Praha-Florenc.

Udělal jsem tedy tento přestup a na následujících obrázcích bude možné vidět i rozmístění iBeaconů. Pokud bychom chtěli udělat celý terminál, tak se musí počítat s dalšími místy pro rozmístění s návazností na jednotlivé druhy dopravy:

- eskalátory na nástupiště B,
- vestibul Florenc B,
- eskalátory z C směrem k nákupnímu obchodu Billa,
- přestupní chodby mezi B a C

6.2.1 ekonomická varianta

Není tolik nákladná, protože se bude umísťovat méně iBeaconů. Nedostatečné pokrytí majáků může vést k nepřesným výsledkům polohování, proto je nastaven vysoký vysílací výkon. Toto nastavení vysílacího výkonu a periody vysílání vyplývá z expertního testování Estimote beaconů z kapitoly 5.2.

Počet iBeaconů: 34

Perioda vysílání: 200 ms

Vysílací výkon: +4 dBm (musí být vysoký, kvůli menšímu počtu iBeaconů)

Životnost baterie: cca 13,5 měsíce (rychle poklesne ze 100 % na necelých 60 % za 24 hodin)

Osazení iBeacony

Zde vybírám všechny klíčové body stanice metra Florenc, které by mohly být osazeny iBeacony. Jelikož jsem zvolil přestup z nástupiště metra linky C na ÚAN Florenc, tak tato trasa je osazena iBeacony.

Nástupiště:

- Po obvodu - 17 iBeaconů,
- U výtahu č. 347 (linka C do vestibulu) – 1 iBeacon,
- Ke schodišti u výtahu č. 347 vedoucímu do vestibulu – 1 iBeacon,

Vestibul:

- U výtahu č. 347 (linka C na nástupiště) - 1 iBeacon,
- U výtahu č. 346 (linka C na/z uliční úroveň) - 2 iBeacony,
- U schodiště vedoucího z vestibulu k ÚAN Florenc – 2 iBeacony,
- Na křižovatce ke schodišti k ÚAN Florenc – 1 iBeacon,
- Začátek schodiště k ÚAN Florenc – 1 iBeacon,
- Konec schodiště u ÚAN Florenc – 1 iBeacon,
- Po obvodu nad obchody – 1 iBeacon,
- Na začátku a na konci schodiště a eskalátorů směrem k Fakultě dopravní – 2 iBeacony,
- Na začátek a na konec schodiště směrem k divadlu Karlín – 2 iBeacony,

Venkovní prostor:

V extravilánu bude kombinován iBeacon s GPS signálem, jelikož iBeacon se hodí spíše pro indoor navigaci, kde je příjem signálu GPS špatný, naopak venkovní prostory by měly být primárně pokryty GPS signálem, který se může kombinovat s Wi-Fi signály.

- Na SSZ na křižovatku ulic Křížkova a Na Štvanici – 2 iBeacony,

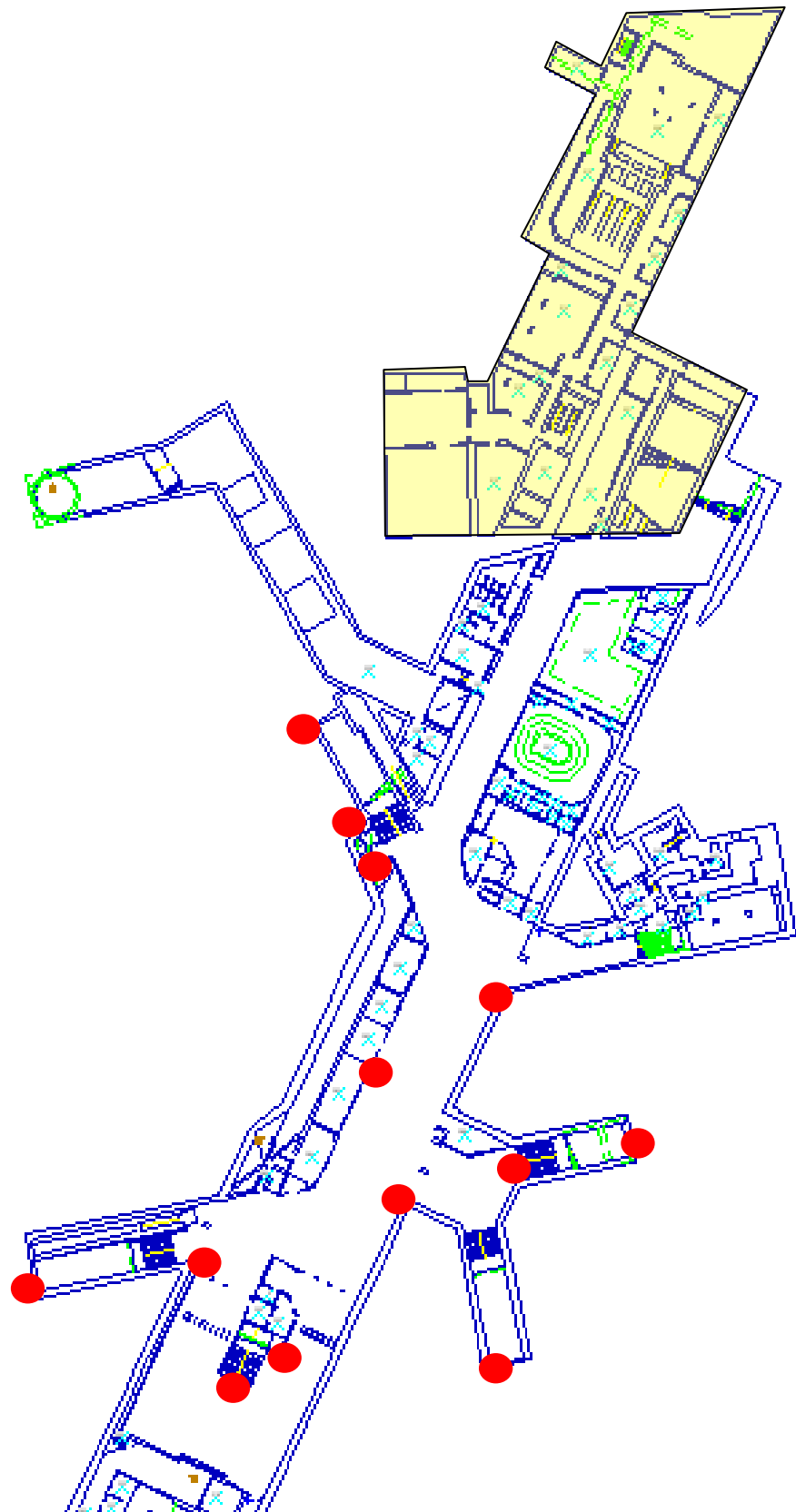


Obrázek 45: Křižovatka ulic Křížíkova a Na Štvanici [autor]



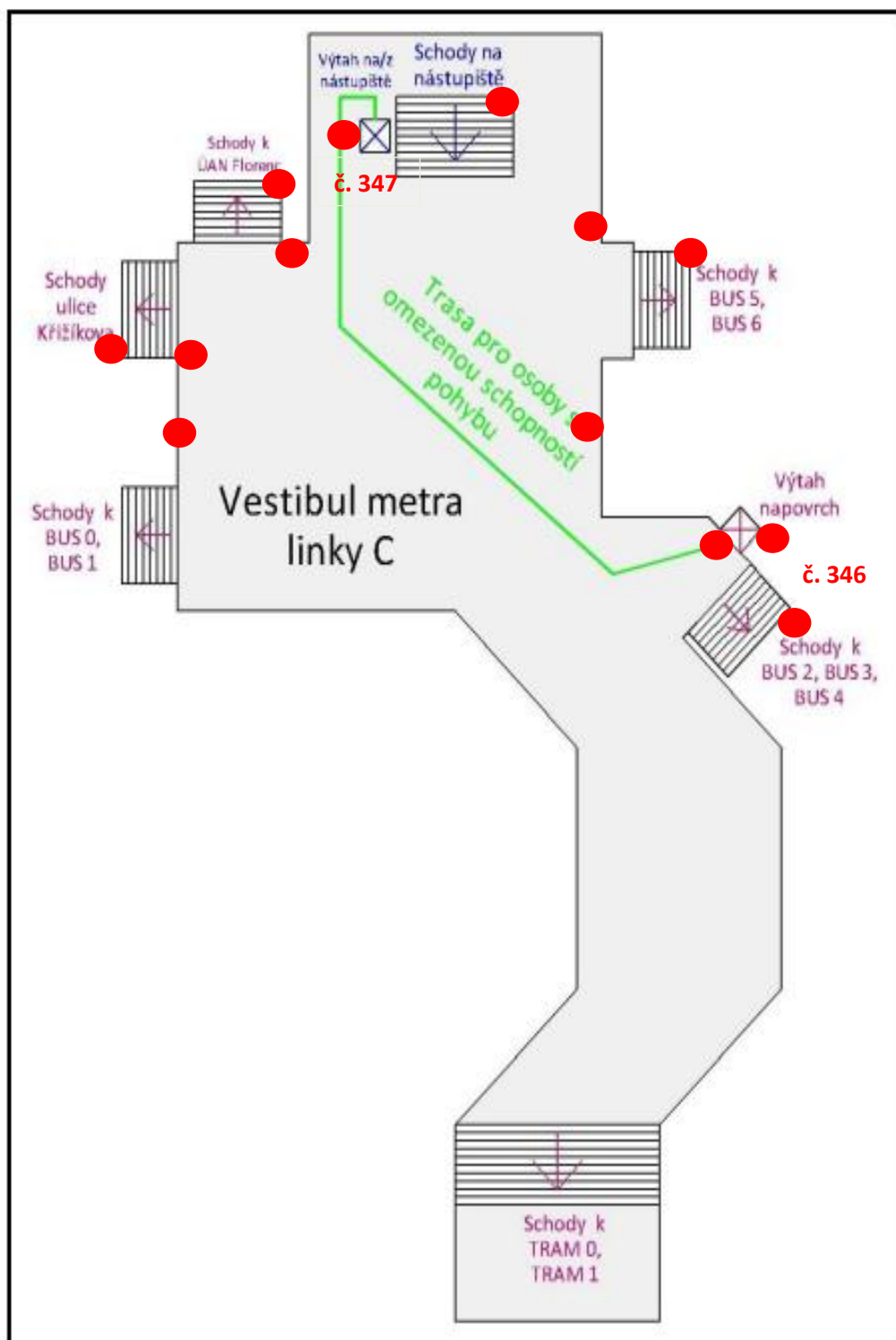
Obrázek 46: Křižovatka ulic Křížíkova a Na Štvanici [autor]

Vestibul Florenc C:



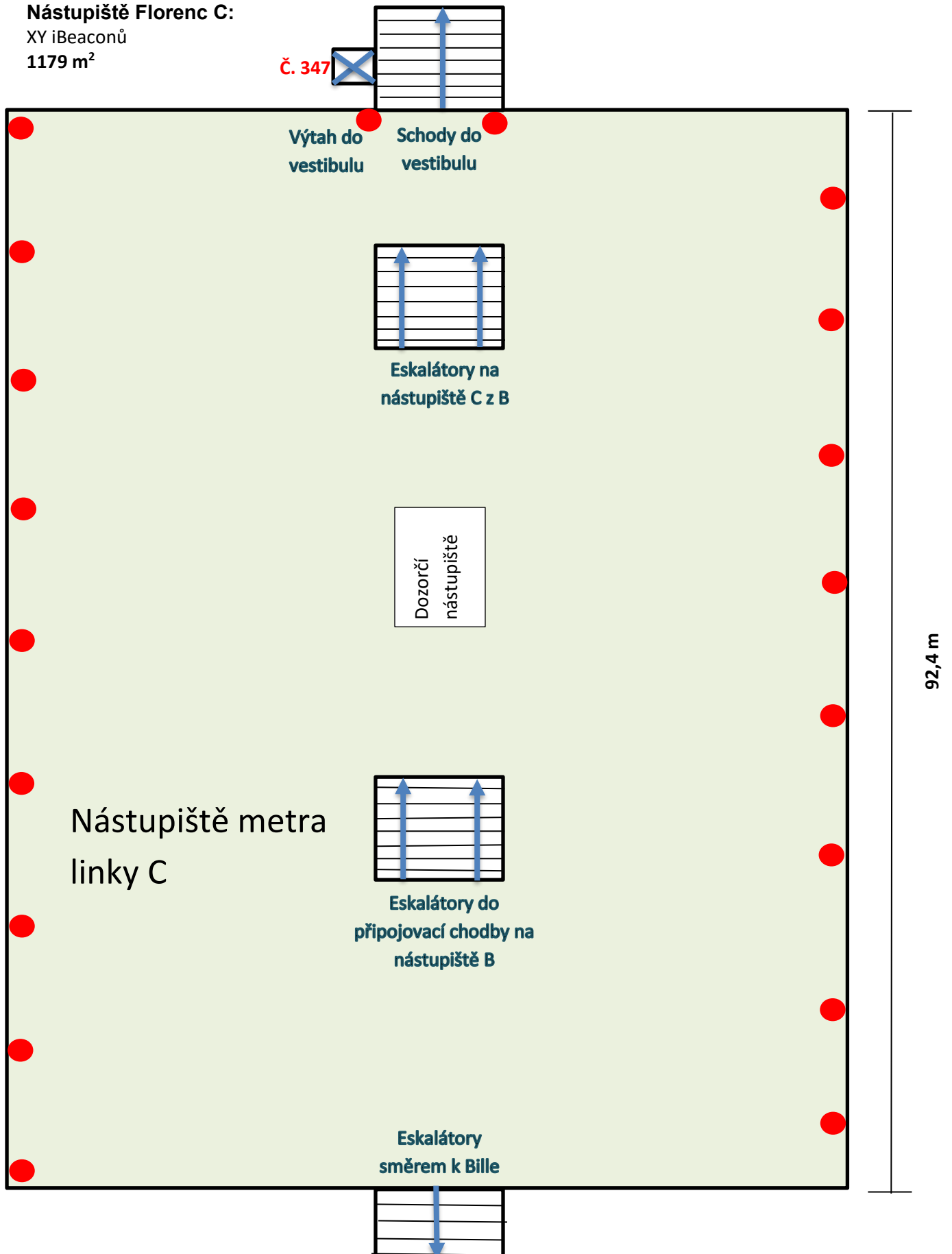
Obrázek 47: Vestibul metra linky C Florenc [autor]

Vestibul Florenc C: názornější mapa



Obrázek 48: Současná trasa pomocí výtahu ve vestibulu metra linky C Florenc (meziúroveň) [autor]

Nástupiště Florenc C:
XY iBeaconů
1179 m²



Obrázek 49: Schéma nástupiště linky metra C [autor]

6.2.2 vybalancovaná varianta

Tato varianta je ideální střední cestou. Je zde nastaven slabší vysílací výkon a vyšší perioda vysílání. Baterie v této variantě vydrží déle. Toto nastavení vysílacího výkonu a periody vysílání vyplývá z expertního testování Estimote beaconů z kapitoly 5.2.

Počet iBeaconů: 39

Perioda vysílání: 350 ms ... vyvážené, střední spolehlivost detekce

Vysílací výkon: 0 dBm ...stabilní signál

Životnost baterie: cca 20 měsíců

Osazení iBeacony

Zde vybírám všechny klíčové body stanice metra Florenc, které by mohly být osazeny iBeacony. Jelikož jsem zvolil přestup z nástupiště metra linky C na ÚAN Florenc, tak tato trasa je osazena iBeacony.

Nástupiště:

- Po obvodu - 17 iBeaconů,
- U výtahu č. 347 (linka C do vestibulu) – 1 iBeacon,
- Ke schodišti u výtahu č. 347 vedoucímu do vestibulu – 1 iBeacon,

Vestibul:

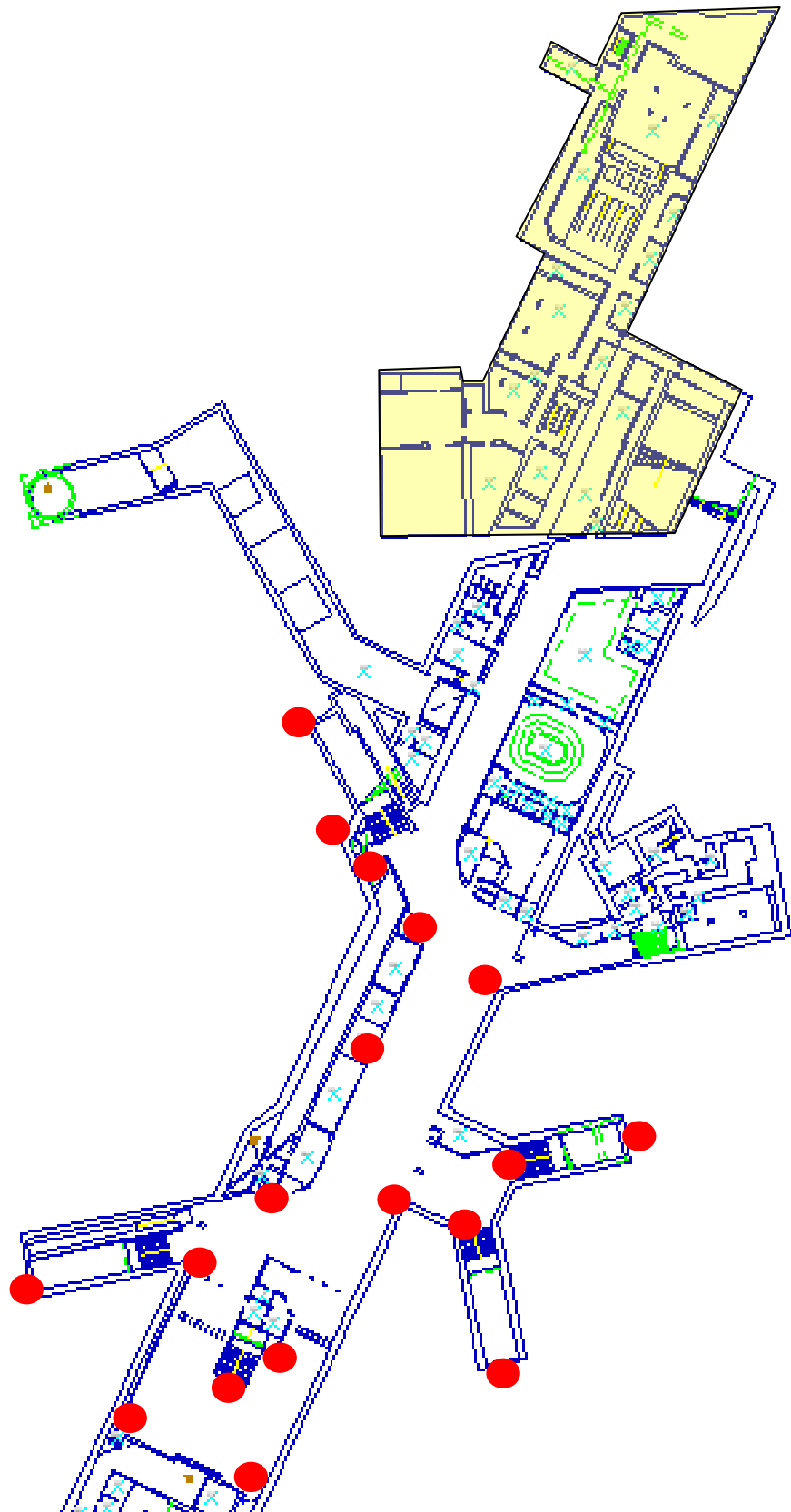
- U výtahu č. 347 (linka C na nástupiště) - 1 iBeacon,
- U výtahu č. 346 (linka C na/z uliční úroveň) - 2 iBeacony,
- U schodiště vedoucího z vestibulu k ÚAN Florenc – 2 iBeacony,
- U schodiště a eskalátorů vedoucích k Fakultě dopravní – 1 iBeacon,
- Začátek/konec přepravního prostoru – 1 iBeacon,
- Na křižovatce ke schodišti k ÚAN Florenc – 1 iBeacon,
- Začátek schodiště k ÚAN Florenc – 1 iBeacon,
- Konec schodiště u ÚAN Florenc – 1 iBeacon,
- Po obvodu zdí nad obchody,
- Rohy místností,
- Na začátku a na konci schodiště a eskalátoru směrem k Fakultě dopravní – 2 iBeacony,
- Na začátek a na konec schodiště směrem k divadlu Karlín – 2 iBeacony,

Venkovní prostor:

V extravilánu bude kombinován iBeacon s GPS signálem, jelikož iBeacon se hodí spíše pro indoor navigaci, kde je příjem signálu GPS špatný, naopak venkovní prostory by měly být primárně pokryty GPS signálem, který se může kombinovat s Wi-Fi signály.

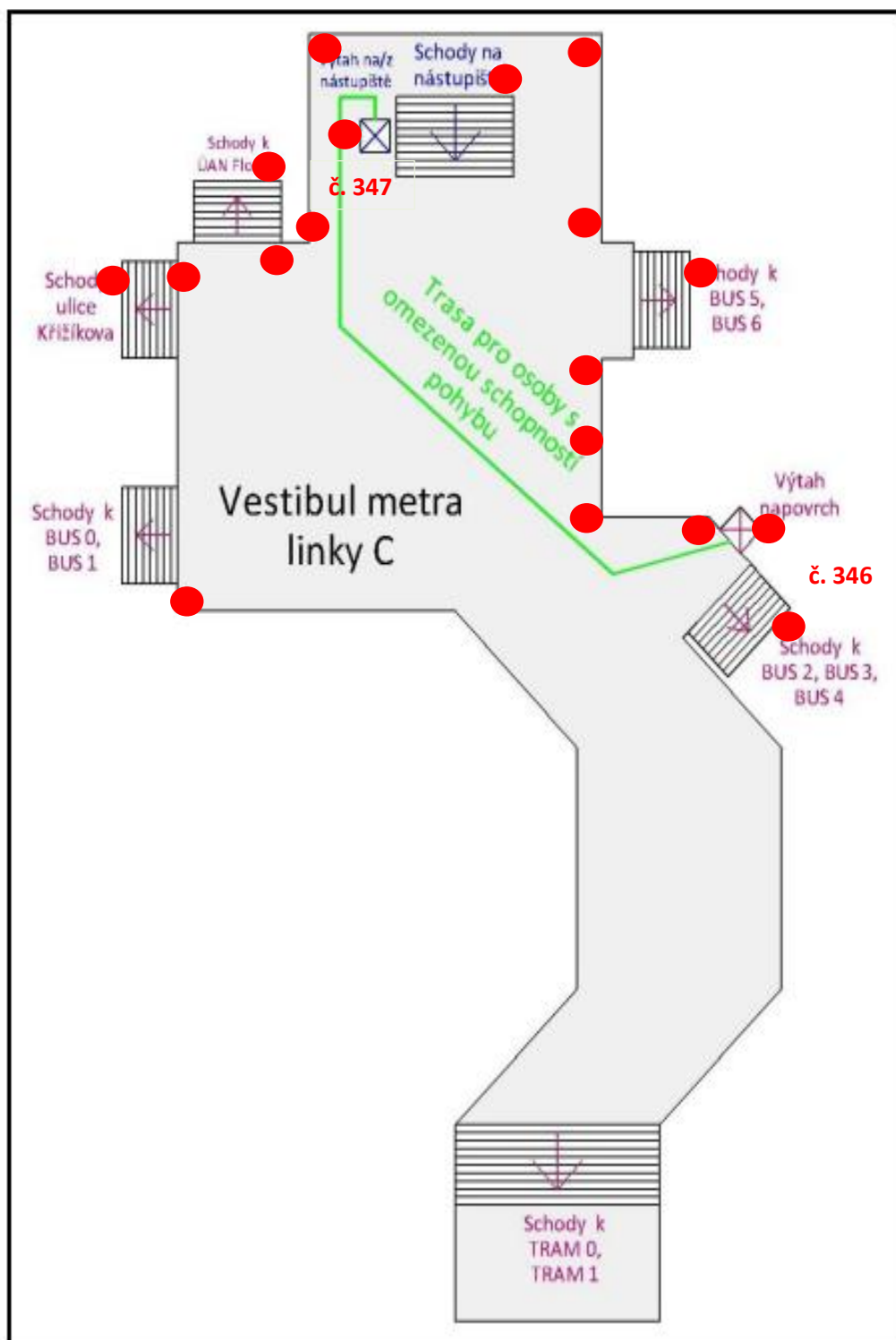
- Na SSZ na křižovatku ulic Křížíkova a Na Štvanici – 2 iBeacony,

Vestibul Florenc C:



Obrázek 50: Vestibul metra linky C Florenc [autor]

Vestibul Florenc C: názornější mapa

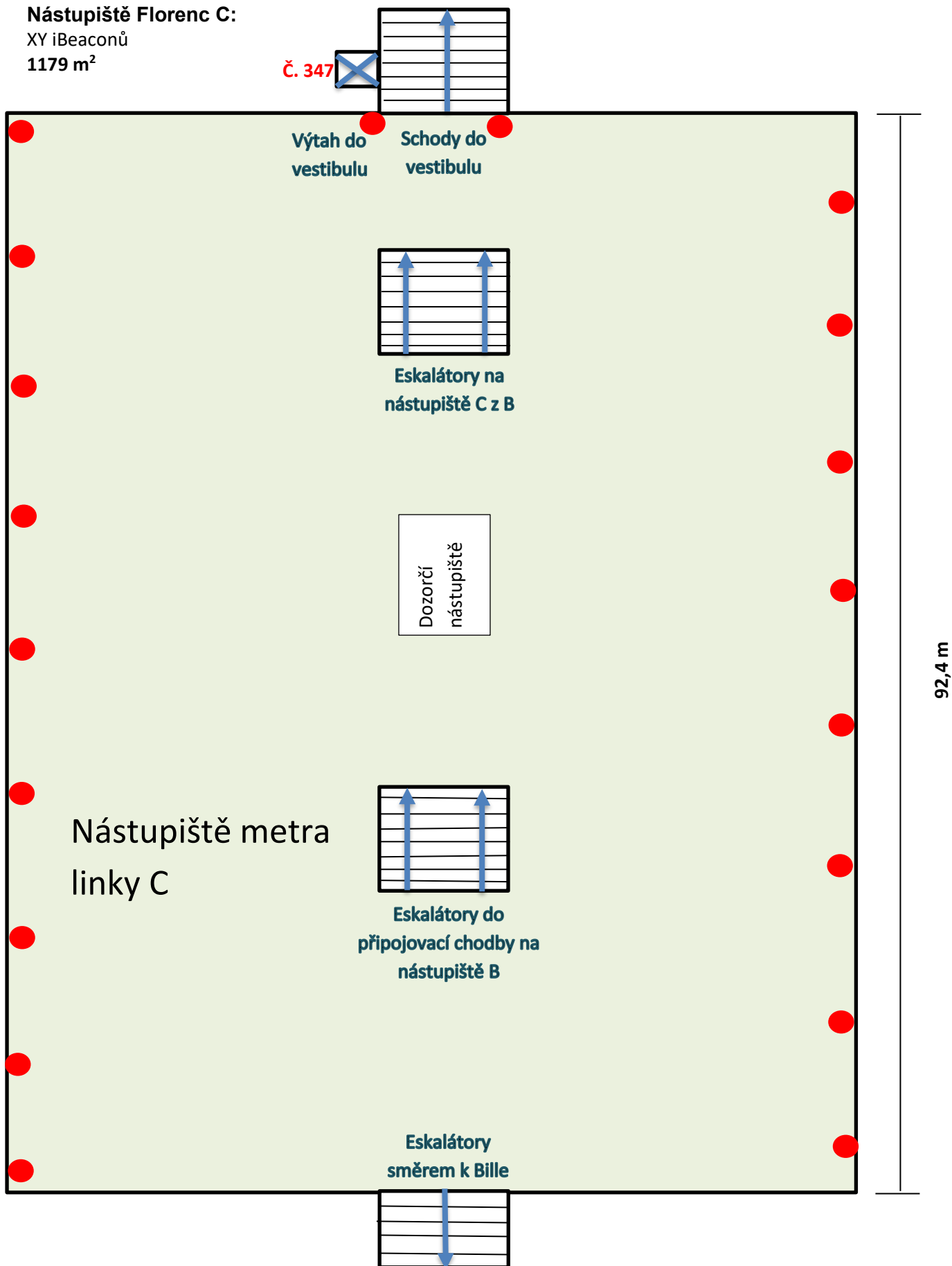


Obrázek 51: Současná trasa pomocí výtahu ve vestibulu metra linky C Florenc (meziúroveň) [autor]

Nástupiště Florenc C:

XY iBeaconů

1179 m²



Obrázek 52: Schéma nástupiště linky metra C [autor]

6.2.3 nákladná varianta

iBeacony budu rozmisťovať ďaleko častejšie a umiestnenie bude trochu iné, aby som zabezpečil čo najväčšiu presnosť orientovania. Musí sa použiť ďaleko presnejšie osadenie a dbať na to, kam je umiestniť, pretože sa ľudia OOSPO potrebujú podľa něčoho orientovať. OOSPO môžu íť klidne dlhšou cestou, ale je dôležité, aby sa bezpečne dostal z miesta A do miesta B. Lidé dostanú informáciu o tom, kde sa nachádzajú dříve a kudy majú íť. Zároveň to bude najnákladnejšia varianta, práve kvôli umiestneniu veľkého počtu iBeaconů. Nastavenie iBeaconů je zde voleno jako vyvážené, střední spolehlivost detekce a životnosti baterie. Dobré pro přesné umístění v interiéru. Toto nastavenie vysílacieho výkonu a periódy vysílanie vyplýva z expertního testování Estimote beaconů z kapitoly 5.2.

V této variantě si musíme všimnout i dalších prvků okolo, které mohou pomoci s orientací.

Počet iBeaconů: 49

Perioda vysílání: 350 ms ... vyvážené, střední spolehlivost detekce

Vysílací výkon: 0 dBm ... stabilní signál

Životnost baterie: cca 20 měsíců

Osazení iBeacony

Zde vybírám všechny klíčové body stanice metra Florenc C, které by mohly být osazeny iBeacony. Jelikož jsem zvolil přestup z nástupiště metra linky C na ÚAN Florenc, tak tato trasa je osazena iBeacony.

Nástupiště:

- Po obvodu - 21 iBeaconů,
- U výtahu č. 347 (linka C do vestibulu) – 1 iBeacon,
- Ke schodišti u výtahu č. 347 vedoucímu do vestibulu – 1 iBeacon,

Vestibul: 18 iBeaconů,

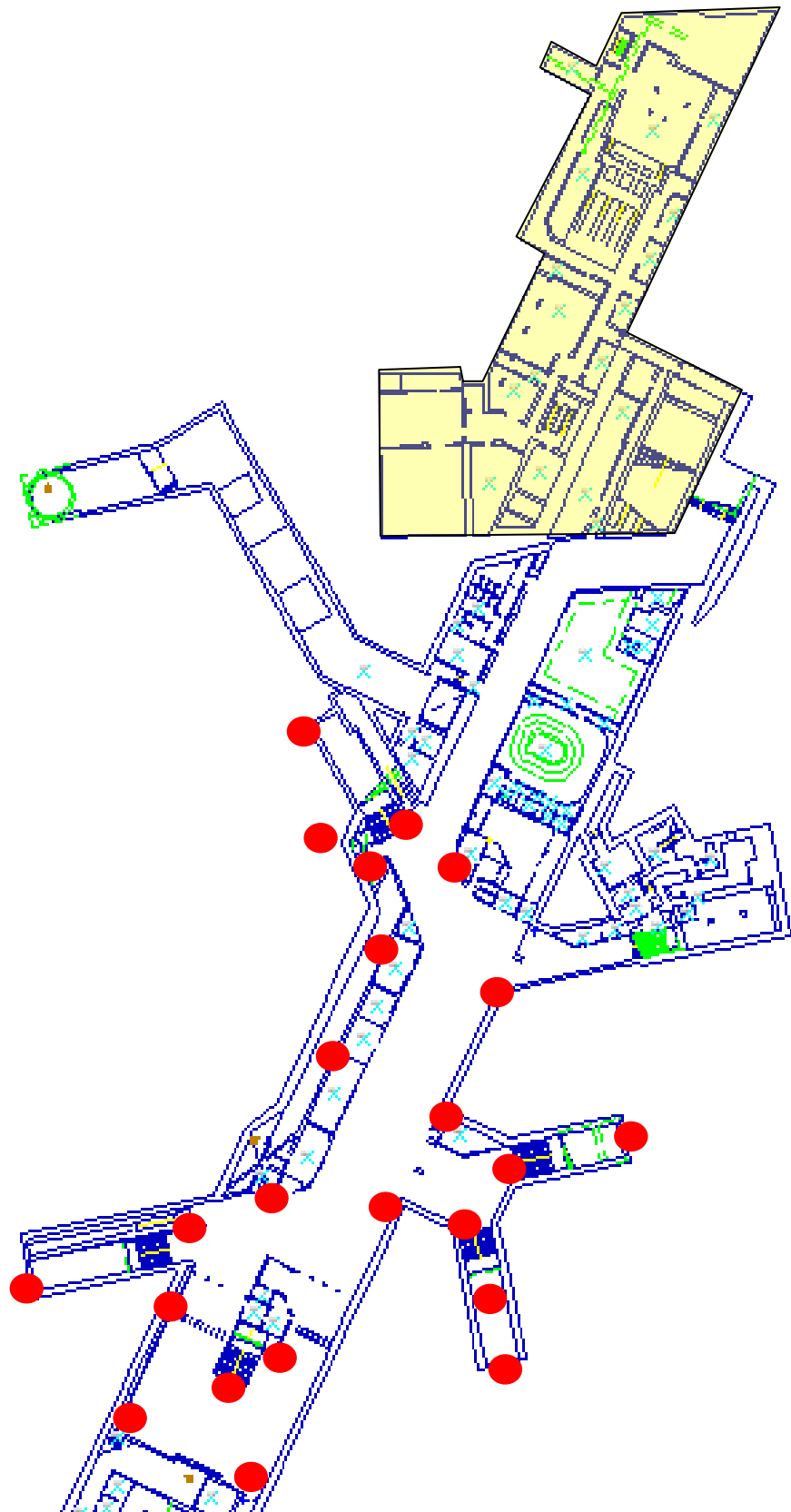
- U výtahu č. 347 (linka C z nástupiště) ve výšce 2,5 m - 1 iBeacon,
- U výtahu č. 346 (linka C na uliční úroveň) ve výšce 2,5 m - 1 iBeacon,
- U schodiště vedoucího z vestibulu podchodem k ÚAN Florenc: začátek a střed schodiště – 2 iBeacony,
- Nad schodištěm vedoucím z nástupiště – 1 iBeacon,
- Rohy vestibulu – 7 iBeaconů,
- Na křižovatce ke schodišti k ÚAN Florenc – 1 iBeacon,
- Po obvodu zdí nad obchody – 2 iBeacony,
- Na začátku schodiště a eskalátoru směrem k Fakultě dopravní – 1 iBeacon,
- Na začátek schodiště směrem k divadlu Karlín – 1 iBeacon,
- Ke schodišti a eskalátorům směrem k McD' - 1 iBeacon,

Venkovní prostor: 8 iBeaconů,

V extravilánu bude kombinován iBeacon s GPS signálem, jelikož iBeacon se hodí spíše pro indoor navigaci, kde je příjem signálu GPS špatný, naopak venkovní prostory by měly být primárně pokryty GPS signálem, který se může kombinovat s Wi-Fi signály.

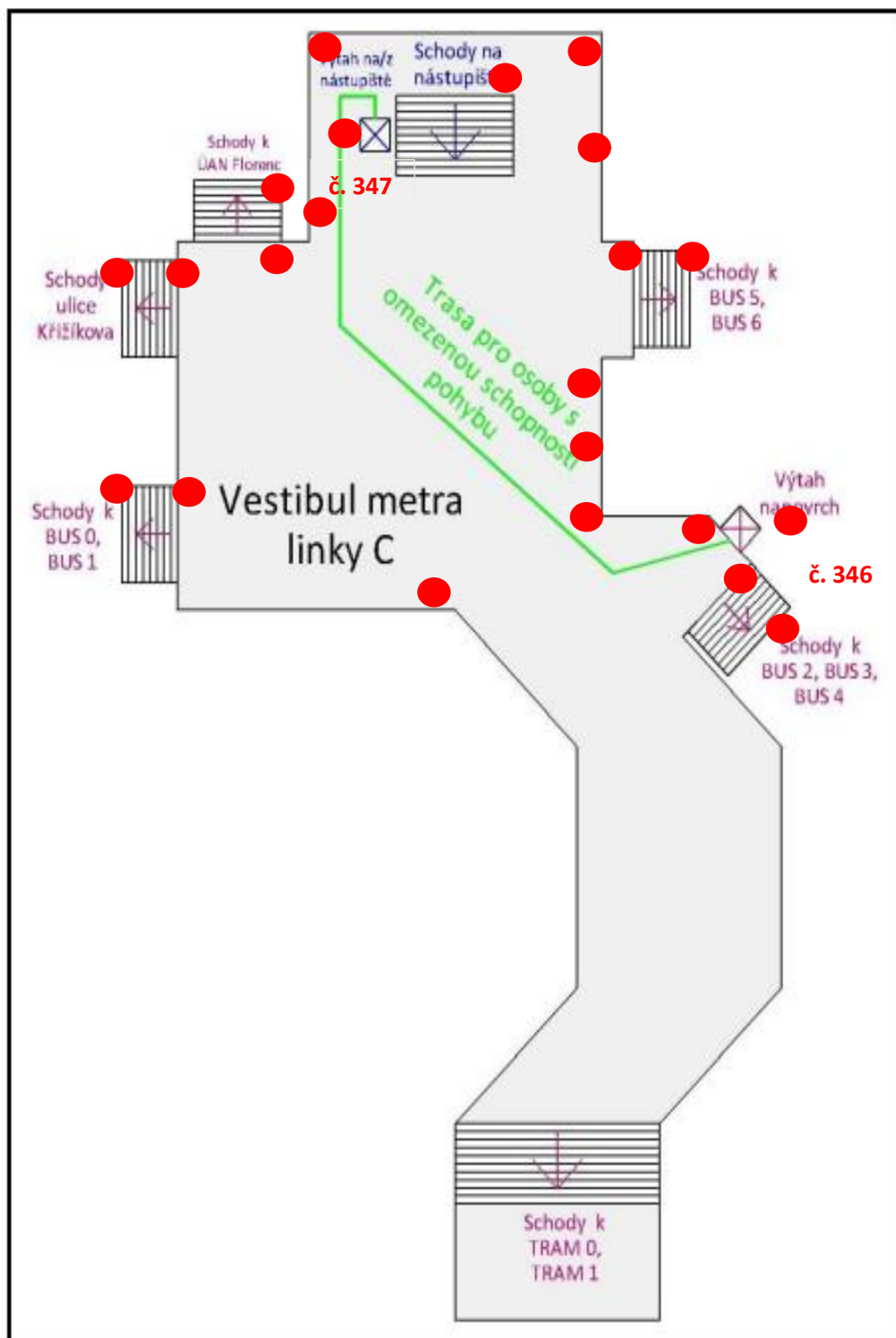
- Na SSZ na křižovatku ulic Křížíkova a Na Štvanici – 3 iBeacony,
- Konec schodiště u ÚAN Florenc – 1 iBeacon,
- Na konci schodiště a eskalátoru směrem k Fakultě dopravní – 1 iBeacon,
- Na konec schodiště směrem k divadlu Karlín – 1 iBeacon,
- U výtahu č. 346 (linka C z uliční úrovně) ve výšce 2,5 m - 1 iBeacon,
- Na konec schodiště a eskalátorů u výstupu k McD' - 1 iBeacon,

Vestibul Florenc C:



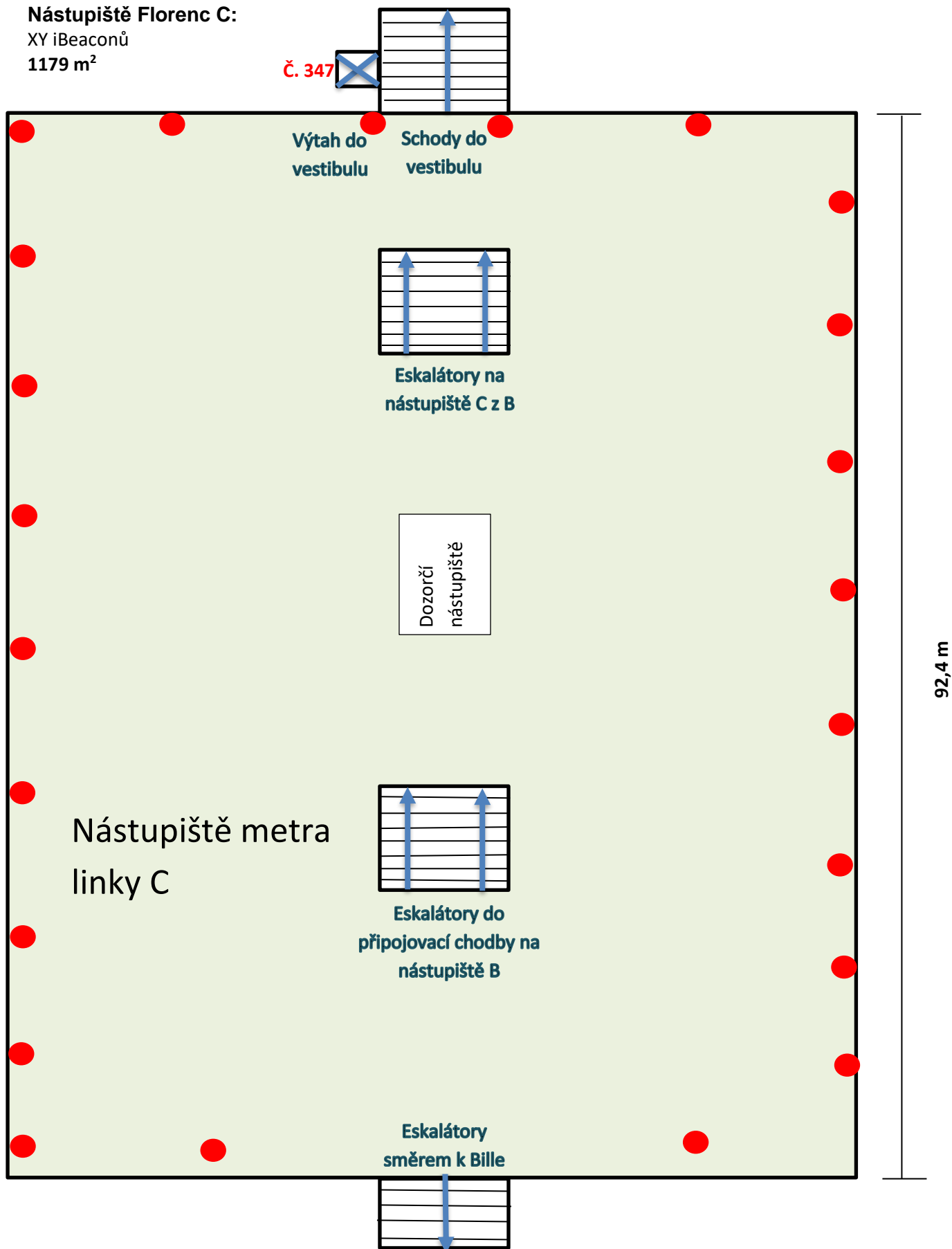
Obrázek 53: Vestibul metra linky C Florenc osazený iBeacony [autor]

Vestibul Florenc C: názornější mapa



Obrázek 54: Současná trasa pomocí výtahu ve vestibulu metra linky C Florenc (meziúroveň) [autor]

Nástupiště Florenc C:
XY iBeaconů
1179 m²



Obrázek 55: Schéma nástupiště linky metra C [autor]

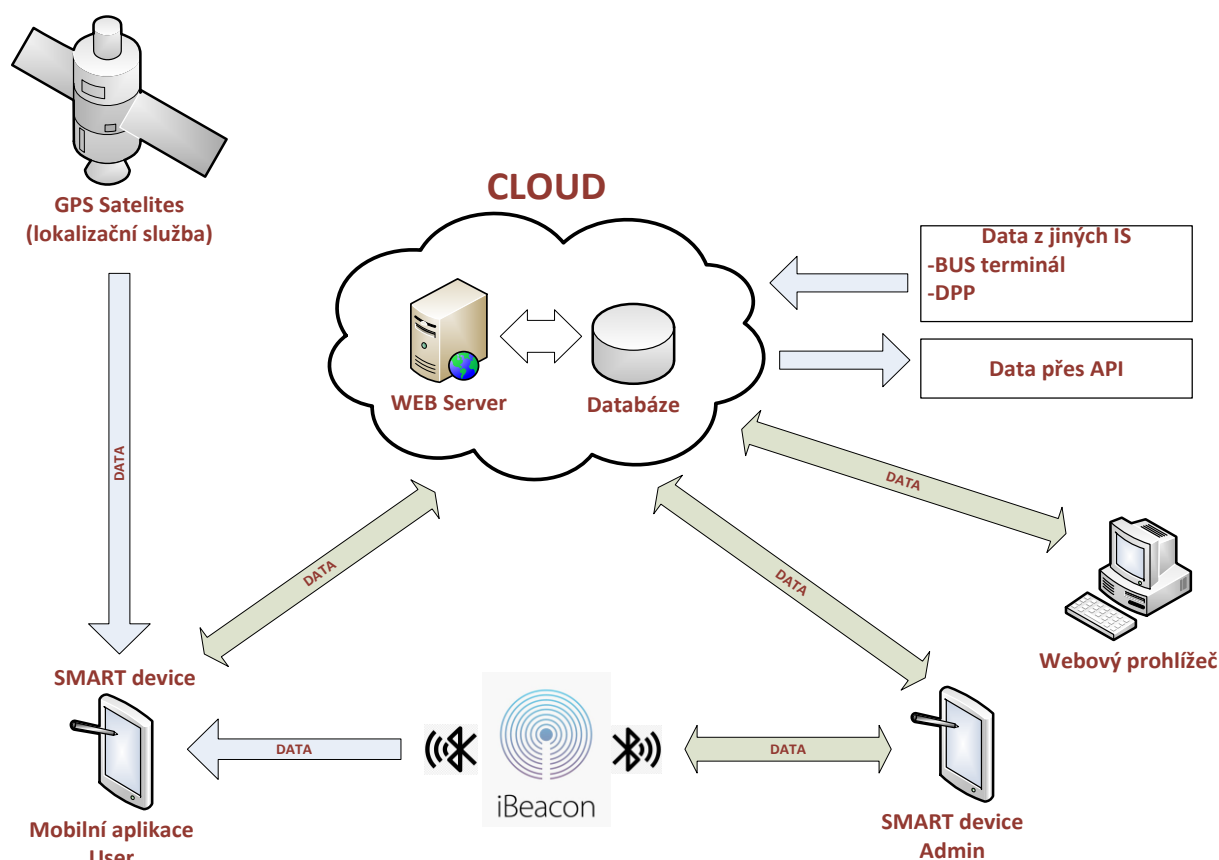
7 Schématický návrh IS pro využití iBeaconů k orientaci v prostoru

V této části práce popisují teoreticky návrh informačního systému pro využití iBeaconů k orientaci v prostoru v dopravním terminálu.

Takovýto IS bude univerzální, to znamená, že když tento IS vyvinu a nasadím na jednom terminálu/přestupním uzlu, tak ho budu moci použít i pro jiný terminál/přestupní uzel a už ho nebudu muset vyvíjet znovu pro každý terminál/přestupní uzel zvlášť, protože už bude existovat. Když budu mít jiný terminál/přestupní uzel, kde bude jiný půdorys, tak pouze rozmístím iBeacony, vhodným naprogramováním IS se další terminály/přestupní uzly můžou modulárně přidávat do této aplikace, ale už nevytvářím další informační systém, protože už bude mnou vyvinutý.

Je zde znázorněno schéma IS, popsáno proudění dat a jednotlivé vazby.

7.1 Návrh IS – obecné schéma



Obrázek 56: Obecné schéma IS [autor]

User a mobilní aplikace:

- Uživatel pomocí chytrého telefonu přijímá signál z iBeaconu a také z GPS – informace se zobrazí na display – může si zvolit uživatelskou úroveň, jakou trasou jít a data se odesílají na server (data o trasování lidí, ID number iBeaconu, jaké trasy si uživatelé volí, jak rychle se pohybují, tedy návrh času potřebného na přestup)

Server:

- Přijímá a odesílá data z chytrého zařízení (smart device)
- Kontrola informací o majáku
- Kontrola obsahu databáze

CLOUD:

- Kompletně uložená logika toho, co potřebuji mít pro aplikaci včetně dat. Jsou přístupná pro administrátora.
- Aktualizace v mobilní aplikaci probíhá přes cloud: aktualizace rozmístění iBeaconů, informační pokyny pro navigování a orientaci pomocí iBeaconů
- Cloudová aplikace funguje přes webový prohlížeč

Admin:

- Nastavuje iBeacony a zároveň z nich přijímá informace (stav baterie, který si stáhne z databáze) a komunikuje s cloudem

Webový prohlížeč:

- Administrátorské rozhraní, kde budou k vidění půdorysy, rozmístění iBeaconů tedy takový přehledový panel pro správce, ale primárně to pro administraci neslouží. Je důležité tu mít i prostor pro veřejnost (reklama, informace o aplikaci atd.).
- Něco může správce řešit pomocí aplikace v telefonu a něco právě přes webový prohlížeč.
- Přes tento prohlížeč funguje cloudová aplikace.

API:

- Možnost poskytnout data, která nasbírám z aplikace ve formátu opendat, třetím stranám, které je mohou využít pro své účely.

Jsem si vědom toho, že v dnešní době je potřeba otevřených dat vcelku žádaná. Pro fungování konceptu Smart Cities je to jedna z důležitých věcí, protože já jako autor poskytuji aplikaci,

ale díky tomu, že poskytují data někomu dalšímu, tak dotyčný může vyvinout jinou aplikaci, která pracuje sice se stejnými daty, jen se zaměřuje na jiné zpracování dat.

7.2 Návrh aplikace

Součástí aplikace:

Pro uživatele: pokyny pro chůzi v reálném čase spolu s odhadovanými dobami cestování, GPS, data z jiných informačních systémů (Dopravní podnik Praha),

Mobilní aplikaci si můžete zdarma stáhnout z cloudu nebo bude dostupná na App Store a Google Play.

Pro administrátora: zaznamenávání počtu kroků, trasování lidí (cesta uživatele přes iBeacony), servisní informace o energii v baterii

Administrátor může na půdorysu sledovaných prostor pomocí heatmapy pozorovat zaplněnost a vytíženost, základní údaje (např. teplota), řešit údržbu, reagovat třeba na upozornění, že se někde sroccují davy, a tak dále. Rozmístěné prvky mohou pomoci, aby se někde nevytvářely zástupy lidí, pomůžou řešit případné krizové situace a podobně.



Obrázek 57: Analýza pohybu lidí pomocí heatmapy návštěvnosti [30]

Po dobu pilotního projektu bude poskytována marketingová podpora sestávající z následujících aktivit. Od okamžiku zahájení pilotního provozu budou na klíčová místa

v dopravním uzlu instalovány nálepky s QR kódem aplikace s odkazem směřujícím na App Store nebo Google Play dle operačního systému uživatele.

Pilotní provoz pomůže vydefinovat a upřesnit všechny aktivity ve fázi před spuštěním projektu od získání všech nutných povolení na příslušných úřadech až po spuštění vlastní realizace ve formě osazení testované technologie v dopravním uzlu Florenc a návazné trase k ÚAN Praha-Florenc.

Data o uživateli budou anonymizována. A systém jim nabídne využití indoor navigace.

Uživatelská úroveň:

- *Osoby bez omezení (intaktní osoby),*
- *Osoby s omezenou schopností pohybu a orientace (vozičkáři, lidé s kočárky, nevidomí)*

Lidé se budou moci přihlašovat přes webové rozhraní či mobilní aplikaci.

Mobilní aplikace může mít několik úrovní přístupu, například *návštěvník, uživatel, správce technologie.*

Proto abych pokryl požadavek pro bezbariérovost, tak bude aplikace dávat uživatelům i zvuková oznámení po zapnutí. Pro výběr cesty nám aplikace poskytne 3 možnosti.

Na výběr jsou nejméně tři základní typy tras dle zadaných kritérií a klasifikace osoby:

- *Optimální,*
- *Nejkratší,*
- *Bezbariérová.*

Databáze:

- *Uživatel,*
- *Mapa* – součástí dat jsou i plány pater a místností jednotlivých budov,
- *Vysílač* – data o umístění jednotlivých iBeaconů na mapě.

Toky dat:

- Obousměrná komunikace:
 - 1) z cloudu si stáhnou do mobilu aktualizaci rozmístění iBeaconů, tedy konkrétních pozic, informaci pro orientaci a navigování, mohou si z něj stáhnout i půdorys terminálu
 - 2) od iBeaconu jdou data zpět do cloudu – databáze, např. údaje o stavu baterie, kde k nim má přístup administrátor

Požadavky na administrátora:

- Kontrola stavu baterie iBeaconů pomocí mobilní aplikace,
- Kontrola funkčnosti výtahů přes stránky DPP a otevřenost toalet,
- Časy příjezdu vlaků do stanice, spolupráce s firmou, která pořizuje odjezdové tabule,
- Hlasová oznámení, která jsou dobře popisná pro osoby se zrakovým postižením,
- Dostupné fungování na platformách iOS, Android,
- Intuitivní a jednoduché ovládání,
- Možnost skenovat (vyhledávat) jednotlivé vysílače značky Estimote v dosahu zařízení,
- Možnost zobrazení aktuální pozice na mapě pomocí sdílení polohy,
- Možnost zápisu naměřených hodnot do paměti telefonu z důvodu dalšího zpracování a vyhodnocování dat

Požadavky na navigaci

Je potřeba, aby se v navigaci nacházela signalizace, jakým směrem mají jít.

Doplňující hmatové informace:

- O stanici MHD, o nástupišti na nádraží, o čísla podlaží jsou uváděny v Braillově písmu na informačních štítcích umístěných na označnicích zastávky nebo na madlech

Aplikace nebude v cloudu, ale bude v internetových obchodech AppStore a Google Play a měla by být spuštěna na chytrém telefonu se systémem Android nebo iOS a podporující Bluetooth verzi 4.0 nebo vyšší, aby bylo možné dosahovat BLE majáků.

Aplikace si bere informace z iBeaconu a z GPS a komunikuje s cloudem.

Přes aplikaci se budou iBeacony nastavovat, konkrétně:

Tabulka 23: 3 kombinace nastavování v aplikaci [autor]

Vysílací výkon
Perioda vysílání
Životnost baterie

Postup při vkročení do dosahu iBeaconu:

- 1) **Notifikace:** po vkročení do “zóny” zobrazí vaše zařízení upozornění.

- 2) **Lokalizace:** iBeacon umožňuje díky známé poloze a vzdálenosti od jednotlivých vysílačů orientaci v prostoru i tam, kam GPS nedosáhne.
- 3) **Optimalizace:** na základě získaných dat vylepšit orientaci, nebo umístění

Tabulka 24: Ukládání nového iBeaconu [autor]

UUID			
Major:	60317 (např.)	Proximity:	<i>Immediate, Near, Far, Unknown</i>
Minor:	32678 (např.)	Distance / accuracy (m):	2,46 (např.)

8 Cenová kalkulace

Jelikož u každého projektu nás z hlediska financování zajímá cenová kalkulace a také prognóza do dalších let, tak jsem vypracoval návrh kalkulace zavedení technologie iBeacon pro trasu uvnitř dopravního terminálu Florenc na dobu 10 let. Jedná se o hrubý odhad a je to ukázka toho, že pokud by někdo takovýto IS chtěl dělat, tak jaké jsou obecně náklady na tvorbu IS a druhá věc jsou iBeacony a to, že musím pokrýt terminál, resp. přestupy, kde ho chci využít.

Vypracovával jsem ji na základě expertýz, kdy jsem porovnával na trhu, kolik stojí instalace podobných projektů a zároveň jsem vycházel z návrhu IS, který jsem vytvořil. Cenová kalkulace byla také konzultována s několika společnostmi: se společností Proximi, s projektem Žďár for You a se Škodovým palácem.

Jednotlivé položky jsou rozděleny z hlediska programátora podle přístupu k aplikaci a jeho kroků pro tvorbu IS: platformy, vývoj, údržba, hardware atp. Vycházím z životního cyklu IS, a proto jsou v kalkulaci dané položky.

Na základě vícekritériální analýzy jsem zvolil pro orientaci majáky od společnosti Estimote. Jedná se o jednu z neznámějších zahraničních společností zabývajících se touto problematikou.

Pro přestupní uzel Florenc byla vybrána varianta majáků Location Beacon s dosahem až 150 m, životností baterie cca 3 roky, zabudovanými čidly (sledování pohybu návštěvníků, měření teploty) a NFC technologií, i přestože jsem při testování využíval Proximity Beacon, které mají dosah až 200 m, podobné vlastnosti a celkově to nijak nezkrusuje výsledek nasazení Location Beacon. Společnost nabízí balení pouze po 4 kusech celkem za 99 amerických dolarů. Pro mě je důležité, že jeden kus stojí cca 25 \$. Pro terminál Florenc je v rámci mé práce plánováno umístění 34/39/49 vysílačů podle daného scénáře. Musí se také počítat s pořízením dalších kusů na výměnu.

K přepočtu české koruny a amerického dolaru je použit kurz devizového trhu České národní banky – za měsíc červenec 2020 je to 23,303 Kč/USD (Česká národní banka, 7/2020). Doprava je vyčíslena na 29 USD (680 Kč). Vzhledem k tomu, že firma má pobočku ve městě Krakov v Polsku, jsou uvedené ceny bez DPH.

Největší nákladovou položkou kalkulace je mobilní aplikace. Dle průzkumů je tvorba středně složitě aplikace pro operační systém iOS odhadována mezi 200 000 – 500 000 Kč. Pro moji aplikaci volím cenu 500 000 Kč, která bude dostatečná a může být finanční rezerva pro ostatní náklady. Stejná částka je zapotřebí pro vývoj platformy pro operační systém Android. V ceně je design. Designem myslím vzhled uživatelského rozhraní, co jaká obrazovka bude

obsahovat, jaké tam budou animace (UI). Jsou to prvky: *Grafické zpracování aplikace a ikon*, které chci udělat uživatelsky přívětivé, intuitivní a jednoduché, dále design celého produktu z hlediska funkčnosti a navigace, tzv. user experience (UX). Je třeba sepsat scénáře chování uživatelů, plán navigace po aplikaci a funkcionalitu.

Ještě je potřeba zaplatit jednorázový poplatek za vydavatelský účet pro Android. Poplatek platíte přímo firmě Google kreditní kartou. Stejně jako u Apple i u Google platí, že jde o registraci na vydavatele – můžete distribuovat neomezený počet aplikací. Pro Android je to 25 \$ jednorázově, u iOS je to opakovaná půlroční platba 100 \$. Pro iOS je potřeba registrace na developer portálu. Než nám aplikaci schválí, tak si můžeme dát nějaký čas na marketing (reklamy v TV, na facebooku, billboardy, ...) a až poté můžeme aplikaci spustit.

Ke správnému fungování je nutný kvalitní hosting, tedy server, kde aplikace poběží. Tato částka je vyčíslena na 40 000 Kč ročně.

Marketing a reklama je nedílnou součástí aplikace, protože málokterá aplikace se bude prodávat sama. Jako první krok bude topování v oficiálních prodejnách: Google Play, App Store alespoň na několik dní. Poté se bude aplikace propagovat placeným příspěvkem na Facebooku a na webových stránkách Dopravního podniku hlavního města Prahy. Nicméně stažení aplikace je zdarma. Od okamžiku zahájení pilotního provozu budou na klíčová místa v dopravním uzlu instalovány nálepky s QR kódem aplikace s odkazem směřujícím na App Store nebo Google Play dle operačního systému uživatele.

Rozmístění každého iBeaconu tak, aby bylo provedeno dobře, to znamená pevné usazení, které nebude úplně přístupné pro veřejnost, počítám na 20 minut a nastavení, kde se nastavuje vysílací výkon a perioda vysílání na 5 minut. O to se bude starat pracovník, který má danou technologii na starosti (správce technologie). Bude mít mzdu 500 Kč/hod.

Pro zanesení iBeaconů do mapy jsem vyhradil čas 5 minut na každý iBeacon. Myslím si, že je to dostačující čas pro programátora.

V prvním roce se také musí naprogramovat a vyvinout i cloudová aplikace, tedy software pro správu celého IS. Zde budeme vidět informace, kdo aplikaci využívá, jaký má OS, kudy chodí lidé, který iBeacon se dlouho nehlásí, jaké je nastavení iBeaconů. Můžeme pomocí toho analyzovat chyby poslané z mobilní aplikace, shromažďovat feedbacky uživatelů a vyhodnocovat data – statistické údaje. V cloudové aplikaci budou všechny informační pokyny pro navigování a orientaci pomocí iBeaconů, aktuální informace pro navigaci atd. Tato aplikace může být podobně nákladná jako mobilní aplikace, ale nedá se to považovat za predikci. Záleží na funkcích, které obsahuje.

IT pracovník se bude starat o údržbu systému, dohlížet na to, aby server správně pracoval, ukládal analytická data a zajišťoval provoz systému.

K zajištění bezproblémového chodu na chytrých mobilních zařízeních s novými operačními systémy je zapotřebí aktualizace a opravy chyb. Pro správné fungování a zajišťování těchto věcí bude zřízena servisní smlouva. Další roky budou probíhat průběžné aktualizace v App Store a Google Play z hlediska uživatelské přívětivosti a vylepšování aplikace a opravy chyb. Zdá se to jako velký poplatek, ale jelikož je to jak pro iOS i Android, tak je cena přiměřená.

Jelikož má moje aplikace konkrétní použití, tak se musí vyvíjet. Součástí vývoje je backend a frontend. Použité technologie pro backend běží na serveru a řeší, co bude aplikace dělat. Frontend je to, co backend připraví a pošle uživateli do prohlížeče. Obě části jsou důležité. Vývoj bude zajištěn servisní smlouvou s firmou, které budu fixně platit 15 % z ceny aplikace ročně.

Musím také počítat s tím, že pokud bude aplikace úspěšná, bude se rozvíjet, bude se začleňovat více terminálů a bude růst počet uživatelů, dá se předpokládat zájem komerční a tudíž i více peněz na vývoj.

Součástí ceny pro 1. rok je konfigurace (propojení) vysílačů s mobilní aplikací.

API se naprogramuje na začátku podle toho, jaká data budeme chtít poskytnout veřejnosti. API komunikuje s databází. Je to prostředník mezi databází a uživatelem.

Aplikace pro webový prohlížeč navazuje na cloudovou aplikaci a musíme ji také vyvíjet, vylepšovat a doplňovat nové funkcionality. Nejvyšší ceny jsou v prvních letech.

8.1 Varianty cenové kalkulace

Jelikož mám scénáře pro rozmístění určitého počtu iBeaconů, rozhodl jsem se udělat i varianty pro kalkulaci celého IS. Jedná se o nákladnou variantu, vybalancovanou a ekonomickou variantu.

Nákladná varianta

Díky velké finanční sumě pro programátory budu aplikaci vyvíjet a průběžně vylepšovat. Jsou zde i nejvyšší náklady na marketing.

Vybalancovaná varianta

Takzvaná střední cenová hladina mezi oběma variantami. Méně financí je zde na marketing i pro programátory.

Ekonomická varianta

Nejmenší náklady na marketing, programátory a neřeším zde API. Zajímá mě pouze vývoj, ale žádné vylepšování do budoucna.

Tabulka 25: Kalkulace zavedení technologie iBeacon pro trasa z vestibulu C na ÚAN Praha-Florenc - náklady pro 1. rok s výhledem do 10 let podle jednotlivých scénářů [autor]

<i>Nákladná varianta – 3. scénář</i>	
<i>1. rok</i>	
<i>Položka</i>	<i>Náklady za rok</i>
<i>Počet iBeaconů: 49</i>	<i>28 546 Kč</i>
<i>Doprava</i>	<i>680 Kč</i>
<i>Vývoj - mobilní aplikace</i>	
<i>iOS platforma včetně designu</i>	<i>500 000 Kč</i>
<i>App Store: ½ roční opakovaná platba</i>	<i>2 330 Kč</i>
<i>Android platforma včetně designu</i>	<i>500 000 Kč</i>
<i>Google Play: vydavatelský účet</i>	<i>600 Kč</i>
<i>Hosting resp. pronájem serveru včetně úložiště dat</i>	<i>40 000 Kč</i>
<i>Reklama</i>	<i>80 000 Kč</i>
<i>Topování aplikace na Google Play a App Store</i>	<i>4 500 Kč</i>
<i>Vývoj - cloudová aplikace</i>	
<i>Pro webový prohlížeč jako další platforma k mobilní aplikaci</i>	<i>600 000 Kč</i>
<i>Půdorys</i>	
<i>Rozmístění iBeaconů + nastavení: 21 hodin IT pracovník (500 Kč/hod)</i>	<i>10 500 Kč</i>
<i>Zanesení instalovaných iBeaconů do mapy</i>	<i>2 042 Kč</i>
<i>2. – 10. rok</i>	
<i>Položka</i>	<i>Náklady za rok</i>
<i>Servis</i>	
<i>IT pracovník</i>	

<ul style="list-style-type: none"> - údržba (maintenance fee) serverů - aktuálnost serverů - provoz - zabezpečení - analytika: správa dat, zálohování 	100 000 Kč
Hosting resp. pronájem serverů včetně úložiště dat	
Monitoring	
Vývoj v dalších letech	
Vývoj aplikací pro nové verze OS <ul style="list-style-type: none"> - backend, - frontend, opravy chyb, aktualizace mobilních aplikací, průběžné vylepšování – implementace funkce a její trackování	120 000 Kč
Databáze <ul style="list-style-type: none"> - backend 	
API na míru	
Půdorys	
Počet iBeaconů na výměnu: 25	14 565 Kč
Doprava	680 Kč
Výměna a nastavení Beaconů: 11 hodin	5 500 Kč
Náklady celkem	3 935 903 Kč

Vybalancovaná varianta – 2. scénář	
1. rok	
Položka	Náklady za rok
Počet iBeaconů: 39	22 720 Kč
Doprava	680 Kč
Vývoj SW - mobilní aplikace	

<i>iOS platforma včetně designu</i>	600 000 Kč
<i>App Store: ½ roční opakovaná platba</i>	2 330 Kč
<i>Android platforma včetně designu</i>	500 000 Kč
<i>Google Play: vydavatelský účet</i>	600 Kč
<i>Hosting resp. pronájem serveru včetně úložiště dat</i>	40 000 Kč
<i>Reklama</i>	60 000 Kč
<i>Vystavení aplikace (topování) na Google Play a AppStore</i>	4 500 Kč
<i>Vývoj SW - cloudová aplikace</i>	
<i>Pro webový prohlížeč jako další platforma k mobilní aplikaci</i>	600 000 Kč
<i>Půdorys</i>	
<i>Rozmístění iBeaconů + nastavení: 17 hodin IT pracovník (500 Kč/hod)</i>	8 500 Kč
<i>Zanesení instalovaných iBeaconů do mapy</i>	1 625 Kč
<i>2. – 10. rok</i>	
<i>Položka</i>	<i>Náklady za rok</i>
<i>Servis</i>	
<i>IT pracovník</i> - <i>údržba (maintenance fee) serverů</i> - <i>aktuálnost serverů</i> - <i>provoz</i> - <i>zabezpečení</i> - <i>analytika: správa dat, zálohování</i>	70 000 Kč
<i>Hosting resp. pronájem serverů včetně úložiště dat</i>	
<i>Monitoring</i>	
<i>Vývoj v dalších letech</i>	
<i>Vývoj aplikací pro nové verze OS</i> - <i>backend,</i>	

- frontend, opravy chyb, aktualizace mobilních aplikací, průběžné vylepšování – implementace funkce a její trackování	60 000 Kč
Databáze - backend	
API na míru	
Půdorys	
Počet iBeaconů na výměnu: 20	11 652 Kč
Doprava	680 Kč
Výměna a nastavení Beaconů: 9 hodin	4 500 Kč
Náklady celkem	3 162 443 Kč

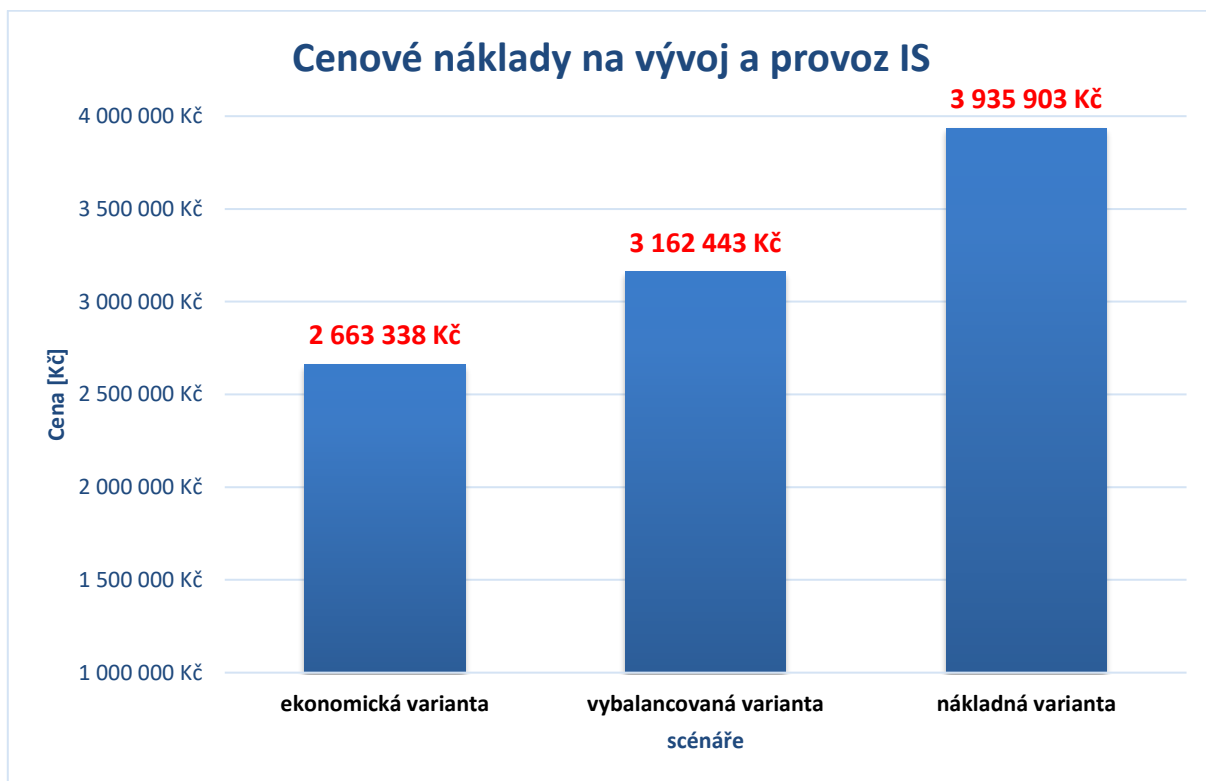
<i>Ekonomická varianta – 1. scénář</i>	
<i>1. rok</i>	
<i>Položka</i>	<i>Náklady za rok</i>
Počet iBeaconů: 34	19 808 Kč
Doprava	680 Kč
Vývoj SW - mobilní aplikace	
iOS platforma včetně designu	500 000 Kč
App Store: ½ roční opakovaná platba	2 330 Kč
Android platforma včetně designu	500 000 Kč
Google Play: vydavatelský účet	600 Kč
Hosting resp. pronájem serveru včetně úložiště dat	40 000 Kč
Reklama	40 000 Kč
Vystavení aplikace (topování) na Google Play a AppStore	4 500 Kč

<i>Vývoj SW - cloudová aplikace</i>	
<i>Pro webový prohlížeč jako další platforma k mobilní aplikaci</i>	600 000 Kč
<i>Půdorys</i>	
<i>Rozmístění iBeaconů + nastavení: 15 hodin IT pracovník (500 Kč/hod)</i>	7 500 Kč
<i>Zanesení instalovaných iBeaconů do mapy</i>	1 417 Kč
<i>2. – 10. rok</i>	
<i>Položka</i>	<i>Náklady za rok</i>
<i>Servis</i>	
<i>IT pracovník</i> - <i>údržba (maintenance fee) serverů</i> - <i>aktuálnost serverů</i> - <i>provoz</i> - <i>zabezpečení</i> - <i>analytika: správa dat, zálohování</i>	50 000 Kč
<i>Hosting resp. pronájem serverů včetně úložiště dat</i>	
<i>Monitoring</i>	
<i>Vývoj v dalších letech</i>	
<i>Vývoj aplikací pro nové verze OS</i> - <i>backend,</i> - <i>frontend,</i> <i>opravy chyb,</i> <i>aktualizace mobilních aplikací</i>	40 000 Kč
<i>Databáze</i> - <i>backend</i>	
<i>Půdorys</i>	
<i>Počet iBeaconů na výměnu: 18</i>	10 487 Kč
<i>Doprava</i>	680 Kč
<i>Výměna a nastavení Beaconů: 8 hodin</i>	4 000 Kč

Náklady celkem	2 663 338 Kč
-----------------------	---------------------

Veškeré ceny jsou uvedeny bez DPH.

Jedná se o hrubý odhad, který je podložen konzultacemi s firmami s podobnými projekty.



Graf 30: Cenové náklady na vývoj a provoz IS na 10 let [autor]

Navržená ekonomická rozvaha ukázala, že rozdíl mezi jednotlivými scénáři pro vývoj IS je poměrně znatelný a může rozhodovat, pokud se někdo bude řídit mými postupy a kalkulací, která je ovšem hrubým odhadem a může se v některých případech lišit, protože závisí na velikosti projektu a jeho nasazení.

Myslím si, že pokud se udělá kvalitní a pořádný základ IS, tak sice celý systém bude dražší, ale snáze se budou do IS integrovat další terminály/přestupní uzly. Náklady poté budou „jenom“ iBeacony, jejich nastavení a umístění do půdorysu. V dalších letech ještě vývoj, opravy a aktualizace.

Rozdíl mezi nákladnou variantou a ekonomickou je přes 1 000 000 Kč. Je zde velký cenový rozdíl mezi náklady na vývoj a marketing. Uživatel si bude moci vybrat, zda investuje do IS nebo půjde levnější cestou, kterou představují další dvě varianty. Jelikož cena aplikace je pro všechny scénáře stejná, může rozhodovat při výběru varianty cena za vývoj SW, dále samozřejmě průběžné vylepšování a opravy chyb.

Náklady na marketing jsem zvolil nejvyšší u nákladné varianty, tudíž se domnívám, že se informační systém podaří spíše dostat do povědomí velkého množství lidí, aby byl projekt rentabilní, protože aplikace bez kvalitního marketingu zapadne.

Jelikož je provozování takového IS velmi drahé, tak je možné generovat peníze z aplikace například zobrazováním reklamy v aplikaci nebo tím, že si budou obchody platit za to, že se v aplikaci ukážou/upozorní se na ně, když cestující bude poblíž takového obchodu. Další věc, jak získat peníze by mohla být propojením této aplikace s jinou, např. s pražskou *Lítačkou*, s aplikací *Můj vlak*, kde by fungovalo IAP. Cestující by si mohli v rámci aplikace nakupovat jízdenky.

9 Zhodnocení kladů/záporů návrhu řešení

V závěrečné části diplomové práce bych rád zhodnotil klady a možné záporny zavedení iBeacon technologie do přestupního uzlu Florenc. Podle mého názoru má velký potenciál, jelikož iBeacon využívá technologii Bluetooth Low Energy, která nespotřebovává tolik energie a má vysokou přesnost. Ta hraje největší roli při orientování. Dalším kladem je dnešní doba, ve které velké množství lidí používá chytrý telefon s Bluetooth Low Energy a stačí, když si pouze zapnou Bluetooth (podle mých statistik má 18 % lidí zapnuté Bluetooth stále) a stáhnou si aplikaci, kterou jsem navrhl. Vidím v tom mnohem větší potenciál navigačního systému, než který v loňském roce testoval Dopravní podnik hl. m. Prahy ve spolupráci s Ropidem, kde docházelo k označování jednotlivých východů čísly, a to podle stejné logiky jako u exitů na dálnicích. Můj návrh využít technologii iBeacon je mnohem pohodlnější a rychlejší než hledat a řídit se písmeny a čísly pro orientaci v dopravním terminálu navíc v dnešní době viz Obrázek 58:



Obrázek 58: Testování nového navigačního systému východů v metru [autor]

Velmi důležité je také propojení s dalším navigačním systémem, kterým je GPS. Ve venkovním prostředí se orientujeme právě díky GPS, popřípadě datové či Wi-Fi síti, uvnitř následně díky zapnutému Bluetooth můžeme plynule přejít na další systém navigace díky technologii iBeacon.

Tuto technologii jistě ocení i handicapovaní či další cestující se specifickými potřebami (osoby s omezenou schopností orientace apod.). Cílem také je umožnit kvalitativně vyšší standard přepravy spočívající v možnosti využití moderního dopravního systému a pohodlnému a zejména rychlému orientování se v daném dopravním uzlu.

Výhodou této technologie je také její instalace. Je to rychlý proces, která neruší samotnou budovu ani její obyvatele. Veškeré součástky jsou instalovány bez vrtání nebo jiných invazivních postupů a proces trvá jen několik hodin v závislosti na velikosti budovy.

Na druhé straně tu jsou i zápory, díky kterým už skončilo několik projektů, které také využívaly majáky pro navigaci. Bohužel nenašly rovnováhu pro nastavení a rozmístění, kterou jsem našel já a na druhé straně není v České republice technická podpora a pomoc při zavádění technologie iBeacon.

Tato technologie je rozvinutá spíše v USA než u nás, proto bylo velmi obtížné dělat průzkum nebo hledat informace u našich obchodníků. Ti, co testovali iBeacony, je již netestují a například iBeacony použité ve Westifeld Chodov byly instalovány a nastaveny francouzskou firmou, takže technická podpora centra, kterou jsem kontaktoval o tom nemá žádné informace, protože poskytli pouze půdorys.

10 Závěr

V mojí práci jsem se zaměřil na technologii, která je známá již od roku 2014, ale zatím nemá v České republice takové uplatnění jako má například v USA. Nejdříve jsem si zmapoval trh s iBeacony a na základě vícekritériální analýzy jsem zvolil ideální variantu. Poté jsem testoval daný typ na přesnost, signál, výdrž baterie a další parametry, které jsem následně využil do metodických doporučení pro nastavení a také rozmístění iBeaconů. Tyto doporučení bylo třeba ověřit na konkrétním dopravním uzlu, kterým byla zvolena po domluvě s vedoucími stanice metra Florenc, resp. trasa z nástupiště metra C k Ústřednímu autobusovému nádraží Praha-Florenc. Stanice Florenc je přestupní, takže může dělat hodně lidem problém najít správnou trasu a orientovat se tu. Bylo potřeba si celou stanici projít a zvolit jednotlivé trasy pro různé skupiny lidí. Trasy jsem zvolil 3: nejrychlejší, nejkratší a bezbariérovou. Poté jsem začal na základě metodických doporučení s rozmístěním a plynule jsem přešel na nastavení iBeaconů pro každý scénář. Dalším krokem byl návrh informačního systému s jednotlivými prvky, které spolu navzájem kooperují. Součástí IS byl také návrh toho, jak má vypadat samotná aplikace. Aplikace využívá Bluetooth vysílačů pro poskytování intuitivní prostorové orientace uživatele. Podobná řešení se ve světě používají ve vnitřních prostorách typologicky komplikovaných objektů pro snížení míry dezorientace uživatelů.

Dospěl jsem k závěru, že zavedení této inovativní technologie je velmi málo rozšířené v České republice, kde se spíše zaměřujeme na rozvoj aplikací s navigačními prvky. Jelikož je technologie iBeacon známá již od roku 2014, tak jsem zjistil, při obsáhlém průzkumu trhu, který byl také velmi klíčový při porozumění a pochopení iBeacon, že ji používají na našem území jen v několika zařízeních: Škodův palác, Westfield Chodov a aplikace Waze pro navigaci v pražských tunelech. Bylo tedy velmi složité a časově náročné komunikovat s těmito organizacemi, jak například postupovali při zavádění a nastavování. Tudíž jsem musel využít i zahraniční weby a kontakty, které mi také pomohly s pochopením technologie.

Jak to dále rozvíjet? Jelikož intelligence není v majácích, ale v aplikaci, tak je možné rozvíjet a vylepšovat právě ji s návazností na další aplikace sloužící lidem ke správnému orientování se v dopravním uzlu. Před krátkým časem byly nainstalovány do stanic metra informační obrazovky zobrazující příjezd nejbližších dvou souprav metra do stanice, a to pro oba směry. Tato informace by mohla být součástí aplikace, kterou jsem navrhl společně s informacemi na pražskou Lítačku. Velkým usnadněním by byly informace o návaznostech na jízdní řády. Dalším možným rozšířením aplikace by mohl být seznam všech bodů zájmu například obchodů, ke kterým uživatele snadno a rychle orientujeme. Jak by to fungovalo? iBeacon by se umístil k nějakému obchodu a pokud by daný obchod chtěl být v rámci systému, tak by platil

poplatek, aby náš konkrétní iBeacon byl v seznamu iBeaconů, které slouží pro navigování k němu.

Další možnosti uplatnění? iBeacony mají velký potenciál kromě obchodů, také v dopravě při placení. V případě iBeacon stačí projít kolem vysílače u východu z obchodu a potvrdit platbu jediným kliknutím. A kde by se takové platby hodily nejvíc? Především v hromadné dopravě. V ideálním světě by stačilo nainstalovat aplikaci dopravce, která by komunikovala s Bluetooth vysílači v každém dopravním prostředku. Díky tomu by byl přesně změřen čas cestování a při výstupu by bylo automaticky strženo jízdné.

V budoucnu by se navíc mohla nabídnout cestujícím další vylepšení. Jedním z nich je opt-in řešení, která jim nabídne slevy a nabídky od maloobchodníků a restaurací například na letišti. Pokud byste chtěli vědět, kde jste zaparkovali auto a nemuset si pamatovat číslo stání, tak stačí nechat iBeacon ve svém automobilu. Poté parkovací aplikace uloží prostřednictvím signálu GPS (geolokace) správné umístění automobilu a náš telefon už přesně ví, kde jsem zaparkoval.

Seznam použité literatury

- [1] SNOPEK, Jan. *Metody určování polohy v uzavřených prostorách prostřednictvím technologie iBeacon*. Brno: 2015. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Provozně ekonomická fakulta. Vedoucí bakalářské práce Ing. David Procházka, Ph.D.
- [2] DOSSEY, Annie. Location-Based Technology for Mobile Apps: Beacons vs. GPS vs. WiFi. *Clearbridge mobile* [online]. 20.09.2016 [cit. 2019-04-13]. Dostupný z: <https://clearbridgemobile.com/location-based-technology-for-mobile-apps-beacons-vs-gps-vs-wifi/>
- [3] HRUŠKA, Ondřej. Bluetooth® SMART Beacons: chytré elektronické majáky. *DPS Elektronika od A do Z* [online]. 2/2015 [cit. 2019-04-20]. Dostupný z: <https://www.dps-az.cz/soucastky/id:8572/bluetooth-smart-beacons-chytre-elektronicke-majaky>
- [4] PELANT, Martin. *Analýza pohybu lidí v prostoru*. Praha: 2015. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Hunka.
- [5] ŠTĚPÁNEK, Adam. *Technologie iBeacon a její využití pro lokalizaci a komunikaci mezi mobilními zařízeními*. Brno: 2015. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Fakulta informatiky. Vedoucí diplomové práce RNDr. Jaroslav Škrabálek.
- [6] *The Hitchhikers Guide to iBeacon Hardware: A Comprehensive Report by Aislelabs (2015)*. *Aislelabs* [online]. 04.05.2015 [cit. 2019-04-28]. Dostupný z: <https://www.aislelabs.com/reports/beacon-guide/>
- [7] CHO, Hosik, et al. Measuring a Distance between Things with improved accuracy. *Procedia Computer Science*, 2015, 52(1), 1083-1088.
- [8] FARAHANI, Shahin. *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*. Burlington (MA, USA): Newnes, 2008. ISBN 978-0-7506-8393-7.
- [9] KŘÍŽOVÁ, Tereza. *iBeacon – nová technologie v obchodě a cestovním ruchu*. České Budějovice: 2017. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta. Vedoucí bakalářské práce Ing. Viktor Vojtko, Ph.D.
- [10] JAKŠ, František. Výkonný počítač velikosti kreditky. *CONRAD* [online]. [cit. 2019-06-01]. Dostupný z: <https://www.conrad.cz/re/co-vsechno-umi-mikropocitac-raspberry-pi>

[11] HOLZMAN, Ondřej. Labyrintem Škodova paláce vás Praha provede mobilní aplikací s interiérovou navigací. *tyinternety.cz* [online]. 17.05.2018 [cit. 2019-06-04]. Dostupný z: <https://tyinternety.cz/smart/labyrintem-skodova-palace-vas-praha-provede-mobilni-aplikaci-s-interierovou-navigaci/>

[12] Interiérová navigace pro občany v prostorách Škodova Paláce. *Operátor ICT* [online]. [cit. 2019-06-04]. Dostupný z: <https://operatorict.cz/wp-content/uploads/2019/09/P%C5%99%C3%ADloha-%C4%8D.-1-k-usnesen%C3%AD-Zpr%C3%A1va-o-ukon%C4%8Den%C3%AD-projektu-a-z%C3%ADskan%C3%BDch-poznatc%C3%ADch.pdf>

[13] SEDLÁK, Jan. Jak se dostat ke správné přepážce? Pražský magistrát testuje interiérovou navigaci. *Lupa.cz* [online]. 28.05.2018 [cit. 2019-06-25]. Dostupný z: <https://www.lupa.cz/clanky/jak-se-dostat-ke-spravne-prepazce-prazsky-magistrat-testuje-interierovou-navigaci/>

[14] SRB, Luboš. Pražský Grévin používá jako první na světě technologii od Applu. *mobilizujeme.cz* [online]. 07.12.2016 [cit. 2019-07-05]. Dostupný z: <https://mobilizujeme.cz/clanky/prazsky-grevin-pouziva-jako-prvni-na-svete-technologie-od-applu>

[15] PULTZNER, Martin. Muzeem Grévin v Praze vás provede aplikace, využívá 100 iBeaconů. *mobilenet.cz* [online]. 08.12.2016 [cit. 2019-07-05]. Dostupný z: <https://mobilenet.cz/clanky/muzeem-grevin-v-praze-vas-provede-aplikace-vyuziva-100-ibeaconu-31773>

[16] Žďár si připsal celorepublikové prvenství, turisty zde provází speciální aplikace. *ČT 24* [online]. 11.06.2017 [cit. 2019-07-10]. Dostupný z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/regiony/2145690-zdar-si-pripsal-celorepublikove-prvenstvi-turisty-zde-provazi-specialni-aplikace>

[17] ZDAR4U. *Žďár nad Sázavou. Oficiální stránky města s památkou UNESCO* [online]. 09.06.2017 [cit. 2019-07-10]. Dostupný z: <https://www.zdarns.cz/cestovni-ruch/zdar4u>

[18] WAZE.COM. *Vylepšujeme navigaci v tunelech ve městech po celém světě* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupný z: <https://www.waze.com/cs/beacons>

[19] Data Sheet: Aruba beacons, BLE-powered Location and Proximity Services. Aruba [online]. [cit. 2019-09-01]. Dostupný z: https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_LocationServices.pdf

- [20] 2019 Hot Sale For Estimote Beacons type NRF51822 ibeacon Module BLE 4.0 bluetooth beacon eddystone beacons. *AliExpress*. [online]. Dostupný z: https://www.aliexpress.com/item/33008659625.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.24a411efRtg5Gg&algo_pvid=246a2d54-4543-4d56-bcb1-260dd05295b0&algo_expid=246a2d54-4543-4d56-bcb1-260dd05295b0-4&btsid=0ab6f81e15942451049885617e3419&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_
- [21] iBKS105 Datasheet. *Accent Systems* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupný z: https://accent-systems.com/wp-content/uploads/iBKS105_datasheet_rev3.pdf
- [22] H2 Beacon. *MOKOSMART* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupný z: <https://www.mokosmart.com/bluetooth-beacons/>
- [23] H2-iBeacon Datasheet. *MOKO* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupný z: <http://doc.mokotechnology.com/index.php?s=/page/29>
- [24] RadBeacon Dot (Configurable). *Radius Networks* [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupný z: store.radiusnetworks.com/collections/hardware/products/radbeacon-dot
- [25] FSC-BP103 Ultra Small Size BLE Beacon Pro Asset Tracking použití. *FEASYCOM* [cit. 2020-04-10]. Dostupný z: <https://www.feasybeacon.com/cs/fsc-bp103-ultra-small-size-ble-beacon-for-asset-tracking-use.html>
- [26] GAST, Matthew. *Building applications with iBeacon: proximity and location services with Bluetooth low energy*. Beijing: O'Reilly, 2014. ISBN 978-1491904572.
- [27] GILCHRIST C. *Learning iBeacon*. Birmingham: Packt Publishing, 2014. ISBN 978-1784397128.
- [28] STATLER S. *Beacon Technologies: The Hitchhiker's Guide to the Beacosystem*. Apress, 2016. ISBN 978-1484218884.
- [29] ŠESTÁKOVÁ, Irena a Pavel LUPAČ. *Budovy bez bariér: návrhy a realizace*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3225-1.
- [30] HABICH, Jan. Fenomén iBeacon spojí nakupování a digitální svět. *mobilmania.cz* [online]. 14.1.2014 [cit. 2020-06-05]. Dostupný z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/fenomen-ibeacon-spoji-nakupovani-a-digitalni-svet/sc-3-a-1325832/default.aspx>

[31] Choose Right Battery for your Beacon. [online]. 08.04.2015 [cit. 2019-07-05]. Dostupný z: <http://post.sensoro.com/2015/04/08/choose-right-battery-for-your-beacon/>

[32] PID. Přestupní terminál Florenc [fotografie]. Praha: stanice metra Florenc, 2020.

[33] Florenc: schéma přestupního uzlu: trvalý stav - platnost od 1. prosince 2019. In: PID [online]. 2019 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <http://pid.cz/wp-content/uploads/mapy/uzly-praha/Florenc.pdf?x29026&x29026>

[34] Florenc (B/C): přehled aktuálního stavu bezbariérových zařízení. In: Dopravní podnik hlavního města Prahy [online]. C2020 [cit. 2020-08-01]. Dostupné z: <https://www.dpp.cz/cestovani/bezbarierove-cestovani/metro/trasa-c/Florenc-b-c>

Seznam obrázků

Obrázek 1: 3 systémy řešící lokalizaci: GPS vs. WiFi vs. majáky [2].....	9
Obrázek 2: Napájení pro iBeacony [6]	14
Obrázek 3: Znázornění základních úrovní vzdálenosti u technologie iBeacon [5].....	15
Obrázek 4: Informace o přijatém iBeacon [1].....	16
Obrázek 5: Mini PC Raspberry PI2 [10].....	21
Obrázek 6: Popis stavu vybraného vysílače Aruba Beacon v administraci Aruba Meridian [12]	23
Obrázek 7: Interiérová navigace ve Škodově paláci [11]	23
Obrázek 8: Interiérová navigace ve Škodově paláci [11]	24
Obrázek 9: Aruba beacon umístěný na fasádě Škodova paláce [13]	24
Obrázek 10: Pozice na mapě [autor]	25
Obrázek 11: Navigace [autor]	26
Obrázek 12: Cíl navigace - vkladomat [autor].....	26
Obrázek 13: Technologie iBeacon v Muzeu Grévin [14].....	28
Obrázek 14: Technologie iBeacon v Muzeu Grévin [14].....	28
Obrázek 15: Estimote beacon umístěný v Muzeu Grévin [14]	29
Obrázek 16: Aplikace ZDAR4Y pro iBeacon [17].....	30
Obrázek 17: Aruba Battery-Powered Beacon & Aruba USB Beacon [19].....	31
Obrázek 18: Struktura iBeacon od firmy Estimote [14].....	33
Obrázek 19: Proximity Beacons od firmy Estimote [autor].....	33
Obrázek 20: Estimote Beacons type Bluetooth 4.0 Module nRF51822 Chipset iBeacon with Silicon Case [20].....	34
Obrázek 21: RX Power vs Distance (m) [21].....	35
Obrázek 22: iBKS 105 [21].....	35
Obrázek 23: H2 Location Beacon [22]	36
Obrázek 24: Struktura H2-iBeacon [23]	37
Obrázek 25: Smart beacon SB16-2 [20].....	38
Obrázek 26: RadBeacon Dot (Configurable) [24].....	38
Obrázek 27: TI CC2640 [25].....	39
Obrázek 28: JAALIEE Beacon iB003-N-77 [autor].....	40
Obrázek 29: Aplikace pro testování iBeaconů [Google Play Store]	56
Obrázek 30: Rozdíl v nastavení periody vysílání [autor]	65
Obrázek 31: Výtah č. 404 [autor].....	67

Obrázek 32: Mezipatro přestupní chodby linek B a C [autor]	67
Obrázek 33: Současná trasa pro OOSPO v přestupní chodbě linek B a C stanice Florenc s vyznačením výtahů [autor]	68
Obrázek 34: Situační schéma stanice metra Florenc [autor].....	69
Obrázek 35: Trasy z vestibulu metra C Florenc k ÚAN Praha-Florenc [autor]	77
Obrázek 36: Podchod ve vestibulu metra C Florenc [autor]	78
Obrázek 37: Znázorněný výstup k ÚAN Praha-Florenc [32].....	79
Obrázek 38: Znázorněný výstup na ulici Křižíkova [32].....	80
Obrázek 39: Výstup u Muzea Hl. města Prahy [32]	81
Obrázek 40: Výtah č. 346 a ÚAN Praha-Florenc [autor]	82
Obrázek 41: Výtah č. 347 a vestibul metra C Florenc [autor].....	83
Obrázek 42: Znázorněný výstup na ulici Křižíkova [32].....	84
Obrázek 43: Schéma přestupního uzlu Florenc [33].....	87
Obrázek 44: Stav výtahů pro stanici metra Florenc [34].....	89
Obrázek 45: Křižovatka ulic Křižíkova a Na Štvanici [autor].....	92
Obrázek 46: Křižovatka ulic Křižíkova a Na Štvanici [autor].....	92
Obrázek 47: Vestibul metra linky C Florenc [autor].....	93
Obrázek 48: Současná trasa pomocí výtahu ve vestibulu metra linky C Florenc (meziúroveň) [autor].....	94
Obrázek 49: Schéma nástupiště linky metra C [autor]	95
Obrázek 50: Vestibul metra linky C Florenc [autor].....	98
Obrázek 51: Současná trasa pomocí výtahu ve vestibulu metra linky C Florenc (meziúroveň) [autor].....	99
Obrázek 52: Schéma nástupiště linky metra C [autor]	100
Obrázek 53: Vestibul metra linky C Florenc osazený iBeacony [autor]	103
Obrázek 54: Současná trasa pomocí výtahu ve vestibulu metra linky C Florenc (meziúroveň) [autor].....	104
Obrázek 55: Schéma nástupiště linky metra C [autor]	105
Obrázek 56: Obecné schéma IS [autor].....	106
Obrázek 57: Analýza pohybu lidí pomocí heatmapy návštěvnosti [30].....	108
Obrázek 58: Testování nového navigačního systému východů v metru [autor]	123

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled identifikačních parametrů používaných v technologii iBeacon [5].....	12
Tabulka 2: Závislost vysílacího výkonu na životnosti baterie [6]	14
Tabulka 3: Konstanty útlumu signálu pro jednotlivá prostředí [8]	15
Tabulka 4: Parametry Aruba beacons [autor]	31
Tabulka 5: Parametry Estimote Proximity Beacons [autor]	32
Tabulka 6: Životnost baterie z hlediska čipové sady [20]	32
Tabulka 7: Životnost baterie Estimote beacon v měsících (pouze odhad za předpokladu ideální účinnosti baterie [20]).....	32
Tabulka 8: Parametry Wireless ibeacon [autor]	33
Tabulka 9: Parametry iBKS beacons [autor].....	34
Tabulka 10: RX Power přijaté v porovnání se vzdáleností pro všechny konfigurovatelné TX Power [21].....	34
Tabulka 11: Parametry H2 Location Beacon [autor]	35
Tabulka 12: Životnost baterie (měsíce) při kapacitě 1100 mAh [23].....	36
Tabulka 13: Parametry Kontakt beacons [autor].....	37
Tabulka 14: Životnost baterie Kontakt beacon (pouze odhad za předpokladu ideální účinnosti baterie) [20].....	38
Tabulka 15: Parametry BP103 ibeacon [autor]	39
Tabulka 16: Parametry iB003-N-77 [autor]	39
Tabulka 17: Výdrž baterie (dny) na 1000 mAh pro baterii CR2477 [31]	41
Tabulka 18: Očekávaná životnost majáku (dny) pro baterii CR2450 v závislosti na nastavení výkonu a reklamního intervalu [31]	42
Tabulka 19: Perioda vysílání [autor]	70
Tabulka 20: Technické parametry důležité pro rozmístění a nastavení iBeaconů [autor].....	87
Tabulka 21: Trasa z metro C Florenc na ÚAN Florenc [autor]	88
Tabulka 22: Přestup z metra B Florenc na metro C Florenc [autor]	88
Tabulka 23: 3 kombinace nastavování v aplikaci [autor].....	110
Tabulka 24: Ukládání nového iBeaconu [autor]	111
Tabulka 25: Kalkulace zavedení technologie iBeacon pro trasa z vestibulu C na ÚAN Praha-Florenc - náklady pro 1. rok s výhledem do 10 let podle jednotlivých scénářů [autor].....	116

Seznam grafů

Graf 1: Koeficienty dosahu signálu iBeaconů [autor]	43
Graf 2: Koeficienty stavu baterie iBeaconů [autor]	44
Graf 3: Koeficienty životnosti baterie iBeaconů [autor]	45
Graf 4: Koeficienty kapacity baterie iBeaconů [autor]	46
Graf 5: Koeficienty platformy iBeaconů [autor]	47
Graf 6: Koeficienty pořizovací ceny iBeaconů [autor]	48
Graf 7: Koeficienty pro nastavování iBeaconů [autor]	48
Graf 8: Koeficienty čidel iBeaconů [autor].....	49
Graf 9: Váhy jednotlivých koeficientů [autor]	49
Graf 10: Výsledný koeficient výsledku porovnávání [autor]	50
Graf 11: Úbytek stavu baterie pro výkon 4 dBm [autor].....	52
Graf 12: Úbytek stavu baterie pro výkon 0 dBm [autor].....	53
Graf 13: Úbytek stavu baterie pro výkon -4 dBm [autor]	53
Graf 14: Úbytek stavu baterie pro výkon -8 dBm [autor]	54
Graf 15: Úbytek stavu baterie pro výkon -12 dBm [autor]	54
Graf 16: Úbytek stavu baterie pro výkon -16 dBm [autor]	55
Graf 17: Úbytek stavu baterie pro výkon -20 dBm [autor]	55
Graf 18: Úbytek stavu baterie pro výkon -40 dBm [autor]	56
Graf 19: Měření vzdálenosti pomocí Beacon Scanner [autor].....	57
Graf 20: Měření vzdálenosti pomocí Locate Beacon [autor].....	57
Graf 21: Měření vzdálenosti pomocí Beacon Scanner 2 [autor]	58
Graf 22: Měření vzdálenosti pomocí Beacon Analyzer [autor]	58
Graf 23: Kolísání přesnosti Estimote beaconů [autor]	59
Graf 24: Kolísání přesnosti při posouvání o 0,5 m [autor].....	60
Graf 25: Maximální výkon v různých vzdálenostech [autor].....	61
Graf 26: Rotace majáku a změna síly signálu [autor]	62
Graf 27: Rotace estimote beaconů v čase při vzdálenosti 1,5 metru [autor].....	63
Graf 28: Vliv síly signálu při blízkém seskupení 3 iBeaconů [autor]	64
Graf 29: Dosah majáku v závislosti na výkonu [autor].....	70
Graf 30: Cenová kalkulace iBeacon pro trasu v dopravním uzlu Florenc na 10 let [autor] ...	121

Seznam příloh

Příloha 1: Souhrnná tabulka parametrů