

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Diplomová práce

**Internet věcí - Beacon - Použití nízkoenergetického
bluetooth zařízení v logistice**

Bc. Jan Belšán

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Belšán

Systémové inženýrství a informatika

Informatika

Název práce

Internet věcí – Beacon – Použití nízkoenergetického bluetooth zařízení v logistice

Název anglicky

Internet of things – Beacon – Using low energy bluetooth device in logistic

Cíle práce

Diplomová práce je zaměřena na problematiku nasazení a používání bezdrátových nízkoenergetických lokačních zařízení. Hlavním cílem práce je průzkum a testovací nasazení těchto zařízení v logistickém skladu na aktuální strukturu a systém výdeje a zaskladňování. Ve zvolené logistické firmě se nahradí stávající řešení sledování zaskladněného zboží a jeho manipulace.

Díličí cíle jsou:

- Charakteristika a využití IoT v oblasti logistiky.
- Analýza vhodných řešení pro nasazení.
- Nasazení vhodného řešení pro logistický sklad.
- Zhodnocení efektivnosti nasazené varianty a zlepšení procesů.

Metodika

Metodika řešení práce je v teoretické části založena na studiu odborných zdrojů a procesů uvnitř podniku a následné porovnání nejvhodnějšího nasazení. V praktické části bude nasazena technologie Beacon v testovací fázi. Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry diplomové práce

Doporučený rozsah práce

60–80 stran

Klíčová slova

beacon, bluetooth, internet of things, internet věcí

Doporučené zdroje informací

Beacon Technologies: The Hitchhiker's Guide to the Beacosystem Author: Stephen Statler ISBN-13: 9781484218884 ISBN-10: 1484218884

Building Applications with iBeacon: Proximity and Location Services with Bluetooth Low Energy Author: Matthew S. Gast ISBN-13: 9781491904572 ISBN-10: 1491904577

Connected Mobile Experiences and Location Based Services: Understanding indoor and outdoor location technologies using Wifi, BLE, iBeacon and other sensors (Networking Technology) Authors: Darryl Sladden – Jagdish Girimaji ISBN-13: 9781587144691 ISBN-10: 1587144697

Getting Started with Bluetooth Low Energy: Tools and Techniques for Low-Power Networking Authors: Kevin Townsend – Carles Cufí – Akiba – Robert Davidson ISBN-13: 9781491949511 ISBN-10: 1491949511

iBeacons and Bluetooth Beacons Third Edition Author: Gerardus Blokdyk ISBN-13: 9780655338611 ISBN-10: 0655338616

Learn iBeacon for iOS Development Author: Marty Resnick ISBN-13: 9781484206812 ISBN-10: 1484206819

Learning iBeacon Author: Craig Gilchrist ISBN-13: 9781784397128 ISBN-10: 1784397121

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Michal Stočes, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 11. 10. 2019

Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 14. 10. 2019

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 28. 02. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Internet věcí - Beacon - Použití nízkoenergetického bluetooth zařízení v logistice" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů v závěrečné části práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.3.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Michalovi Stočesovi, Ph.D. za odborné vedení, spolupráci a cenné rady při zpracování diplomové práce.

Internet věcí - Beacon - Použití nízkoenergetického bluetooth zařízení v logistice

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je analyzovat možnosti použití nízkoenergetických bluetooth zařízení v logistickém odvětví. Konkrétně je řešeno oddělení logistické linky na zpracování vratek do skladových prostor pomocí technologie iBeacon.

Diplomová práce je rozdělena na 3 části. První část, teoretická, se zabývá pojmy spojené s lokalizací uvnitř budov a uzavřených objektů. Zároveň jsou analyzovány možnosti využití této technologie v logistice. V neposlední řadě je popsána technologie iBeacon, která využívá přednosti nízkoenergetických bluetooth zařízení a byla použita pro realizaci cílů diplomové práce. Druhá část se zabývá praktickou stránkou a jsou zde porovnány 3 varianty nasazení a dle preferencí je vybráno nejvhodnější řešení. Následně je toto řešení nasazeno v testovací fázi v logistickém skladu. Po opravě některých chyb byl tento systém spuštěn v ostrém režimu. V poslední části diplomové práce je zhodnoceno konkrétní řešení a zároveň je vyhotoven závěr celé diplomové práce. Následuje krátká úvaha nad možností dalšího použití získaných znalostí a zkušeností s touto technologií.

Klíčová slova: bluetooth, ibeacon, apple, BLE, IOT, logistika, proces, optimalizace

Internet of things - Beacon - Using low energy bluetooth device in logistic

Abstract

The subject of this diploma thesis is the analysis of the possibilities of using low-energy Bluetooth devices in the logistics industry. Specifically the separation of the logistics line for processing returns from the warehouse is solved using iBeacon technology.

The diploma thesis is divided into 3 parts. The first part is theoretical, and deals with concepts associated with localization inside buildings. At the same time, the possibilities of using this the iBeacon technology in logistics are analysed and described, as it uses the advantages of low-energy bluetooth devices and was used to implement the objectives of the thesis. The second part deals with the practical side and compares 3 variants, where the most suitable solution is selected. This solution is then deployed in the test phase in the logistics warehouse. After fixing some bugs, this system was running in productive mode. In the last part of the diploma thesis, a specific solution is evaluated and at the same time the conclusion of the whole diploma thesis is presented. A brief reflection on the possibility of further use of the acquired knowledge and experience with this technology concludes the work.

Keywords: bluetooth, ibeacon, apple, BLE, IOT, logistics, process, optimalization

Obsah

1 Úvod	11
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Cíl práce	12
2.1.1 Dílčí cíle	12
2.2 Metodika	12
3 Teoretická východiska.....	13
3.1 Internet věcí.....	13
3.1.1 Funkce IoT	14
3.1.2 Lokalizace	17
3.1.2.1 Lokalizace uvnitř budov	18
3.1.3 Technologie iBeacon.....	21
3.1.3.1 Informace odesílané technologií iBeacon	22
3.1.3.2 Příklady užití technologie iBeacon.....	23
3.2 Bluetooth 4.0	25
3.2.1 Detekce v místnosti	26
3.3 Logistika	26
3.3.1 Balení a ztráty ve skladu.....	26
3.3.2 Správné místo zaskladněného zboží	27
3.3.3 Nedokonalé procesy a úzké hrdlo	27
3.3.4 Krádeže v logistice.....	28
3.3.5 Bezpečnost v logistice	28
3.3.6 Místní řád skladu	28
3.3.7 OOPP.....	29
3.3.7.1 Základní povinnosti zaměstnavatele v oblasti OOPP	29
3.3.7.2 Povinnosti zaměstnance.....	30
3.3.7.3 Omezení a problematika	30
4 Vlastní práce.....	31
4.1 Příprava.....	31
4.1.1 Současný stav	31
4.1.2 Požadovaný stav	32
4.1.3 Problematika.....	32
4.1.4 Analýza prostor a požadavky	32
4.1.4.1 Přeměření prostředí	33
4.1.4.2 Požadavky na systém.....	33
4.1.4.3 Dokumentace	34

4.1.5	Řešení a jejich porovnání	35
4.1.6	Varianty k porovnání.....	35
4.1.7	Porovnání variant.....	36
4.1.8	Výsledek vícekriteriální analýzy variant.....	38
4.2	Realizace	39
4.2.1	Vývoj a nasazení systému.....	42
4.2.1.1	Řídící aplikace	42
4.2.1.2	Aplikace pro správu náramků a směn.....	43
4.2.1.3	Ověření funkčnosti antény	47
4.2.1.4	Instalace hardware.....	47
4.2.2	Testování systému.....	47
4.2.2.1	První týden testování.....	47
4.2.2.2	Druhý týden testování	48
4.2.2.3	Use case scénáře	48
4.2.2.4	Nouzový stav	51
4.2.3	Nasazení systému do provozu.....	51
5	Výsledky a diskuse	52
5.1	Další rozvoj a potenciál technologie	54
6	Závěr	58
7	Seznam použitých zdrojů	60

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Vývoj počtu IoT zařízení do roku 2020.....	13
Obrázek 2 - Znárodnění procesu zpracování dat	16
Obrázek 3 - Lokalizace uvnitř budovy bez GPS	18
Obrázek 4 - Porovnání technologií pro určování polohy	21
Obrázek 5 - Součásti iBeacon od firmy Estimote	22
Obrázek 6 - Ukázka použití iBeacon v ZOO	23
Obrázek 7 - Použití RFID pro bezpečnost pracoviště od firmy DAILYRFID.....	25
Obrázek 8 - Náskres logistického skladu	33
Obrázek 9 - USB Trust Bluetooth 4.0 Adapter	40
Obrázek 10 - HP ProDesk 400 G5 Mini	40
Obrázek 11 - Minew B6.....	40
Obrázek 12 - Ukázka kódu aplikace	42
Obrázek 13 - Schéma struktury databáze (ER Diagram).....	43
Obrázek 14 - Blueprint úvodní obrazovky	44
Obrázek 15 - Blueprint karty zaměstnance (vlevo) a karty směny (vpravo)	44
Obrázek 16 - Blueprint seznamu zaměstnanců	45
Obrázek 17 - Úvodní obrazovka – realizace	45
Obrázek 18 - Seznam zaměstnanců – realizace	46
Obrázek 19 - Karta zaměstnance – realizace	46
Obrázek 20 - Use case diagram	50
Obrázek 21 - Komplexní řešení sledování zboží v logistice	52
Obrázek 22 - Ganttův diagram projektu	54
Obrázek 23 - Využití IoT pro sledování přepravovaného zboží.....	56
Obrázek 24 - Důvody pro implementaci IoT řešení	56

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Kritéria a jejich váhy	37
Tabulka 2 - Varianty a jejich kritéria	38
Tabulka 3 - Varianty a kritéria s vahami	38
Tabulka 4 - Varianty s kritérii (váhy zohledněny)	38
Tabulka 5 - Vyhodnocení nejvhodnějšího řešení	39

Seznam grafů

Graf 1 - Porovnání řešení implementace iBeacon systému.....	39
---	----

1 Úvod

Diplomová práce se zabývá problematikou a nasazením technologie iBeacon (také Beacon nebo maják). Technologie byla představena v roce 2013 společností Apple, proto se jedná o poměrně mladou technologii. Tato technologie, potažmo zařízení iBeacon, je postavena na bázi Bluetooth 4.0. Jedná se o malé zařízení, které má velmi nízkou spotřebu energie a tak většinou vydrží fungovat v řádech měsíců až jednotek let. IBeacony vysílají v malých intervalech signál na přijímač, který dokáže dle signálu vytvářet mapy, porovnávat vzdálenost zařízení a pozice přijímače. Tato technologie se již používá v různých odvětvích – od zdravotnictví až po klasické obchody s oblečením. Cílem této práce je tuto technologii důkladně analyzovat a zjistit její benefity a rizika použití pro účely logistických procesů.

Hlavní motivací pro téma mé diplomové práce je analýza reálného využití technologie iBeacon v logistických skladech. Logistická firma, ve které jsem zaměstnaný má několik skladových hal, které mohu v mé práci využít a tak mít možnost přispět a zefektivnit práci v těchto prostorech. Logistické sklady disponují klasickým skladovacím prostorem pro uložení a manipulaci zboží. Zároveň jsou v nich umístěny i linky pro zpracování vratek pro jeden z největších e-shopů s oblečením a obuvi v České republice. Často tak dochází ke kontaktu těchto dvou částí skladu a tím vznikají i problémy. Jedná se hlavně o legislativu bezpečnosti práce, kdy je od zaměstnavatele vyžadováno zajištění ochranných pracovních pomůcek přímo úměrné prostředí, ve kterém pracují. Vzhledem k složitosti rozdělení skladových prostor a linky zpracující vratky, by bylo nutné vybavit pracovníky linky prostředky dražšími a zároveň pro jejich práci méně pohodlnými.

Během diplomové práce dojde k realizaci testovacího systému, který ověří funkčnost, odolnost a rozsah technologie iBeacon. Z těchto závěrů je možné dále vycházet a vytvořit možné scénáře dalšího využití. Pro management firmy je nejzajímavější oblastí hlavně sledování produktivity zaměstnanců a její následná analýza a vylepšení. Další z možných využití této technologie může být sledování docházky, případně i sledování pohybu a kontaktů zaměstnanců vzhledem k pandemii COVID-19.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Diplomová práce je zaměřena na problematiku nasazení a používání bezdrátových nízkoenergetických lokačních zařízení. Hlavním cílem práce je průzkum a testovací nasazení těchto zařízení v logistickém skladu na aktuální strukturu a systém výdeje a zaskladňování. Ve zvolené logistické firmě bude nahrazeno stávající řešení sledování zaskladněného zboží a jeho manipulace.

2.1.1 Dílčí cíle

- Charakteristika a využití IoT v oblasti logistiky.
- Analýza vhodných řešení pro nasazení.
- Nasazení vhodného řešení pro logistický sklad.
- Vytvoření řídicí aplikace společně s databází.
- Zhodnocení efektivnosti nasazené varianty a zlepšení procesů.

2.2 Metodika

Metodika řešení práce je v teoretické části založena na analýze a studiu odborných zdrojů. Teoretická část se zabývá hlavně definicí internetu věcí a popisu možných prostředků pro lokalizaci uvnitř budov.

V praktické části diplomové práce bude na základě načerpaných informací z teoretické části navrženo řešení pomocí zvolení jedné z variant vícekritériálního rozhodování s vahami. Následně bude vytvořeno řešení pro lokalizaci zaměstnanců a uvedeno do testovacího prostředí. Praktická část obsahuje dvě části. První částí je příprava, kde jsou zpracované všechny požadavky a poznatky pro zprovoznění systému. Druhou částí je pak samotná realizace a nasazení systému v logistickém skladu. K vývoji systému byl použit Vodopádový model. Následně byla využita metoda „Focus group“ pro získání informací o používání systému a zároveň jeho optimalizaci.

Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry diplomové práce.

3 Teoretická východiska

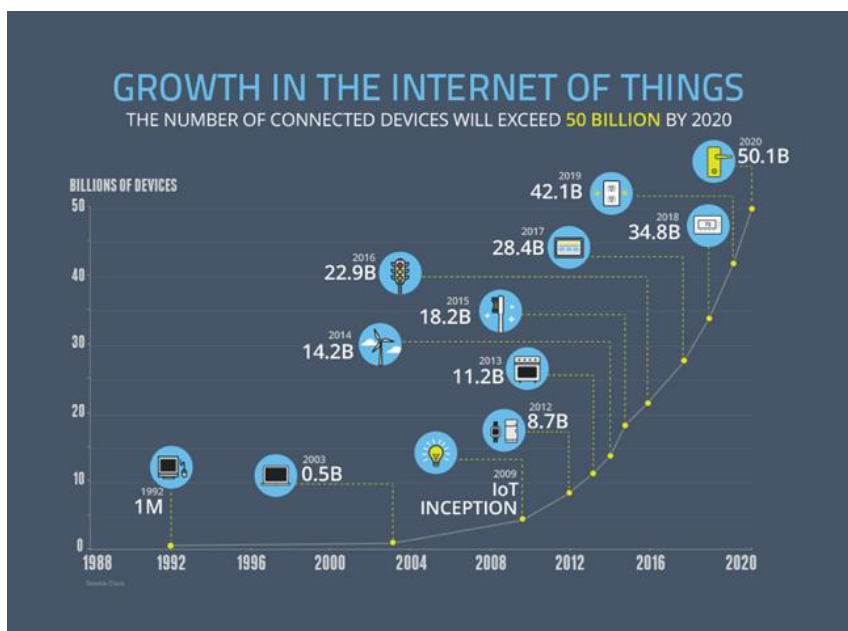
V následujících odstavcích je analyzována technická část diplomové práce a také je zhodnocen způsob nasazení a možnosti využití nízkoenergetických lokačních zařízení v logistice.

3.1 Internet věcí

Internet věcí (anglicky Internet Of Things) je možné popsat jako propojení a komunikace koncových zařízení a to i bez účasti člověka. Cílem je sbírat data z těchto zařízení a poté je pomocí internetu analyzovat, vyhodnocovat a nakládat s nimi.

Celá tato oblast je stále poměrně nová a neustále se vyvíjí. Během posledních pár let se IOT zobrazovalo jako ucelený způsob, jak vybudovat globální infrastrukturu propojených fyzických objektů dovolující kdykoliv a kdekoliv připojit nejen osoby, ale i hmotné věci. Navíc je tento systém uvažován jako rozšířená síť pro stávající infrastrukturu dovolující jak komunikaci k již samotným fyzickým věcem, ale i člověk – člověk komunikaci využívající pouze dostupný kanál těchto zařízení. (Buyya, 2016)

K dnešnímu dni je na světě více připojených zařízení k internetu, než je lidí na celém světě. Dle článku Randyho Krumera bylo na konci roku 2020 ve světě přes 50 bilionů IOT zařízení (Obrázek 1).



Obrázek 1 - Vývoj počtu IoT zařízení do roku 2020

(Zdroj: <https://coolinfographics.com/blog/2016/5/11/the-growth-of-the-internet-of-things.html>)

3.1.1 Funkce IoT

V následujících odstavcích je stručně řešena problematika IoT jako celku a jaké kroky jsou využívány ke korektnímu fungování této technologie. Vzhledem k obecnosti využití IoT zařízení je nutné stanovit několik základních pilířů, které jednoznačně označují funkcionalitu a charakter těchto koncových bodů, které poskytují informace.

Sběr dat koncových zařízení

Základním cílem je získání informací ze zařízení, které tyto informace sbírá. Data mohou být různého typu. Od teplotního čidla až po přenos kompletního obrazu, či videa. Základní dělení těchto dat je následující. (McClelland, 2016)

Údaje o zařízení - tento typ dat umožňuje detekci poruch v reálném čase a prediktivní údržbu, čímž šetří náklady na energii, zvyšuje produktivitu a prodlužuje životnost zařízení. Data zařízení lze centralizovat na jednu platformu.

Údaje o životním prostředí - senzory IoT lze nasadit ke sledování mnoha datových toků v budovách: teplota, kvalita vzduchu, pohyb lidí nebo vlhkost prostředí. Tyto datové sady se primárně používají pro proaktivní řešení problémů s komfortem návštěvníků a pro předcházení katastrofickým scénářům, jako jsou úniky plynu a záplavy.

Metrické a periodické údaje - Tento typ dat pomáhá systémům IoT řídit zařízení uvnitř domu, vozidla na silnici a další pohyblivé části jakéhokoli systému. Zpracování dat automatizace je složitý proces, protože následky v případě chyb jsou extrémně vysoké - od náhodného uzamčení až po dopravní nehody.

Poté, co budou stanoveny bezpečnostní postupy a kodex chování, bude se rostoucí počet systémů IoT spoléhat na automatizační data. Týmy budou schopny efektivně alokovat lidské zdroje a povzbuzovat talenty, aby se soustředili na plnění náročných úkolů, nikoli rutinních úkolů. (Enertiv, 2020)

Senzory a zařízení mohou být součástí jednoho zařízení. Jako příklad je možné uvést chytrý mobilní telefon, který má akcelerometr, kameru, ale i GPS již zabudovanou v sobě.

Připojení IoT

Další charakteristika zařízení je způsob připojení k internetu a vyhodnocovacím stanicím. Nejpoužívanější variantou je odesílání těchto dat do cloudových služeb, nicméně data se mohou odesílat i do lokálních zařízení, které vyhodnocují tyto data bez připojení k internetu. (McClelland, 2016)

Připojení může být zajištěno několika způsoby. Jako příklad připojení lze uvést například WIFI, Bluetooth, satelitní připojení, mobilní připojení a jiné. Připojení se vždy vybírá s ohledem na způsob využití a na možnosti nasazovaného systému. Rozdělení a vlastnosti těchto možností je následující.

Mobilní a satelitní připojení

- Velké množství přenášených dat.
- Velká vzdálenost přenosu dat.
- Vysoká spotřeba energie pro přenos dat.
- Využívá se například u oceánských lodí, které nemají jiný přístup k internetu než přes satelit.

WIFI, Bluetooth a Ethernet

- Velké množství přenášených dat.
- Nižší vzdálenost přenosu dat.
- Nižší spotřeba energie.
- Využívá se pro internet v domácnosti, případně připojení periferií k PC a mobilu.

LPWAN

- Malé množství přenášených dat.
- Velká vzdálenost přenosu dat.
- Nízká spotřeba energie.
- Využívá se například pro zemědělství

(McClelland, 2016)

Zpracování dat

Nasbíraná data je nutné procesovat, aby byla pro koncového uživatele čitelná, jasně definovaná a zároveň vypovídající. Naopak je doporučeno vyhnout se takovým datům, která jsou pro koncového uživatele neúplná, případně ta, která reprezentují jen část z již dále zpracovaných dat.

Jedná se o triviální zpracování – čtení teploty z teplotního čidla, ale i velmi složité – detekování a rozpoznání objektů na videu bezpečnostní kamery. Poměrně novým a nejsložitějším odvětvím jsou neuronové sítě, které zpracují informace dle pravidel, která jsou vkládána jako vzory chování.

Cyklus zpracování dat

Procesování dat většinou prochází pokaždé stejným postupem – cyklem (Obrázek 2). Cykly procesování jsou následující.

Vstup – Prvním krokem tohoto cyklu je vložení dat do procesu. Data se musí přeložit na strojově čitelnou formu, aby je dokázal počítač zpracovat.

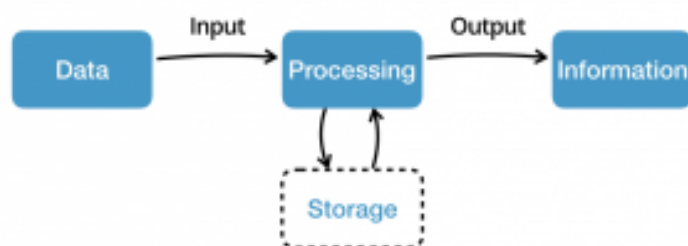
Procesování – Počítač v tomto kroku transformuje surová data do informací. Transformace se provádí pomocí různých technik manipulace s daty. Mezi tyto techniky patří například:

Klasifikace – Data jsou rozdělena do různých skupin.

Třídění – Data jsou uspořádána v nějakém pořadí. Například abecedně.

Výpočet – Aritmetické a logické operace prováděné na číselných datech.

(Junnila, 2018)



Obrázek 2 - Znárodnění procesu zpracování dat

(Zdroj: <https://trackinno.com/2018/07/06/how-iot-works-part-3-data-processing/>)

Prezentace dat

Poslední částí je předání informací uživateli ve srozumitelné formě. Řešením může být například notifikace emailem, SMS nebo notifikace aplikace na mobilním zařízení. Možnosti interakce s IoT systémy mohou být rozděleny na následující verze.

Automatické oznámení – nejběžnějším způsobem v aplikacích komunikujících s IoT zařízeními je obdržení oznámení nebo upozornění, pokud dojde k něčemu neobvyklému. Notifikace jsou spuštěny pomocí spouštěčů (triggerů), které následně vyvolají požadovanou akci a notifikaci. Například pokud teplota v místnosti překročí prahovou hranici. (Junnila, 2018)

Proaktivní sledování informací – uživatel může chtít sledovat informace proaktivně. Například pokud by existovalo řešení pro sledování služebních automobilů, bylo by žádoucí sledovat polohu vozidel i v případě, že se neděje nic neobvyklého. K takovému sledování by se dala použít webová, mobilní nebo desktopová aplikace. (Junnila, 2018)

Ovládání systému na dálku - uživatelské rozhraní může také uživateli umožnit vzdálené ovládání IoT systémů. Uživatel může například ovládat osvětlení nebo vypnout topení pomocí mobilní aplikace. To by také mohla provést automaticky samotná aplikace podle pokynů, které jí byly dány.

(McClelland, 2016)

3.1.2 Lokalizace

Podle webu Merriam-Webster bychom lokalizaci mohli definovat jako „to find or identify the location of something“. V překladu to znamená „najít nebo identifikovat lokalitu něčeho“. Lokalizace může být brána jako základní pilíř pro navigaci a ostatní služby, které se zabývají lokací.

Problém určení přesné polohy umístění člověka nebo věci se řeší již mnoho let a staletí. Během toho bylo vytvořeno hned několik metod a způsobů, jak co nejpřesněji zjistit pozici. Postupem času se vyvíjely další a další vynálezy, které měly napomoci orientaci a určování polohy. Mezi ně patří například kompas, astroláb, odrazující kruh a jiné. Většina

těchto vynálezů měla řešit problém s navigací na moři, nicméně některá z nich se zaměřila i na souš. (Bartlett, 2013)

Pokud se přesuneme do současnosti, většina z nás dnes užívá pro lokalizaci systém GPS. Ta používá sice poměrně přesné určování polohy, ale stále má několik zásadních nedostatků. Jedním z nich je nemožnost lokalizace uvnitř budov, kdy zařízení nevidí přímo na satelit GPS.

Požadavky na tento systém jsou v současné době již mnohem vyšší. Například je nutné, aby navigace byla mnohem přesnější, než je právě GPS. I vzhledem k růstu popularity chytrých mobilních zařízení bylo nevyhnutelné orientování se i uvnitř budov. Problematiku by měla umět vyřešit technologie Bluetooth, potažmo iBeacon. Běžně již mají dnešní zařízení podporu lokalizace i pomocí ostatních technologií, nicméně žádné nedisponují velkou přesností (Obrázek 3).



Obrázek 3 - Lokalizace uvnitř budovy bez GPS
(Zdroj: <https://www.indoornavigation.com/>)

3.1.2.1 Lokalizace uvnitř budov

Pojem lokalizace ve vnitřním prostoru a uvnitř budov označuje sledování objektu ve vnitřních prostorách budov. Sledování se dá rozdělit na dvoudimenzionální, případně na takzvané dvou a půl dimenzionální sledování. Poloha těchto objektů totiž většinou nebývá sledována na celém rozsahu 3 dimenzionálního prostoru. Jednoduše lze říci, že u těchto objektů je sledována pouze pozice x, y a následně už pouze výška daného objektu. (Bartlett, 2013)

Pro lokalizaci uvnitř budov existuje několik technologií, které je možné využít. Jedná se o tři základní technologie – ultrazvuk, infračervené záření a rádiové frekvence. V následujících odstavcích budou představeny nejpoužívanější zástupci těchto technologií.

WLAN

Celým názvem Wireless Local Area Network je bezdrátová síť LAN, která je nejčastěji používána pro připojení k internetu a distribuci WIFI signálu. Právě WIFI je název protokolu, který je využíván pro komunikaci mezi zařízeními v této síti.

WLAN je využíváno hlavně pro bezdrátové připojení tam, kde nemůže být použito kabelové připojení. Zároveň poskytuje dobrou škálovatelnost a případné rychlé změny a úpravy. Výhodou této technologie je vysoká datová propustnost, která je ovšem vykoupena nutností střední až nízké pohyblivosti spojovaného zařízení.

Mezi hlavní nedostatky je možné zařadit bezpečnost tohoto standardu. Tento problém je řešen hlavně omezením přístupu k síti ověřováním WEP, WPA nebo WPA2, která dále šifrují komunikaci zařízení na této síti. Další nevýhodou je velká míra rušení signálu v případě, že je v trase komunikace například železný regál. Dále se je možné setkat i s rušením jinými sítěmi WLAN, vzhledem k jejímu velkému rozšíření. (Tech Terms, 2017)

RFID

Tato zkratka je celým názvem Radio Frequency Identification. Technologie RFID poskytuje bezdrátovou komunikaci, která zahrnuje elektromagnetické nebo elektrostatické spojení ve vysokých frekvencích k identifikaci objektů, ale třeba i zvířete, či člověka. Mezi hlavní oblasti využití této technologie patří zdravotnictví, zvěrolékařství, ale i použití pro chytrou domácnost. Hlavní výhodou této technologie je živostnost. Principem fungování je totiž přenos energie ze zařízení, kterým čteme cílový pasivní prvek.

Každý systém RFID obsahuje tyto tři komponenty. Transponder, který zařizuje přenos radiových signálů. Následně transceiver, který překládá tok informací. Poslední komponentou je skenovací anténa.

Přenos signálu je realizován vysokofrekvenčními vlnami, které aktivují čip. Následně čip odešle vlnu zpět do antény, včetně identifikačních informací. RFID technologie se rozděluje na tři hlavní typy komunikace.

- Nízkofrekvenční (LF) – od 30 do 500 kHz.
- Vysokofrekvenční (HF) – od 3 MHz do 30 MHz.

- Ultravysokofrekvenční (UHF) – od 300 do 960 MHz.

(Smart Tec, 2016)

UWB

Celý název technologie UWB je Ultra-wideband neboli ultraširoké pásmo. Jedná se o poměrně novou bezdrátovou technologii s podobným využitím jako Bluetooth, která ale funguje se širokým frekvenčním pásmem o hodnotě až 500 MHz. Tato hodnota je mnohem vyšší, než jakou například využívá WiFi nebo další mobilní sítě, jelikož ty využívají kanály o šířkách 20–80 MHz. (Lipartiã, 2020)

Z toho vyplývá, že technologie UWB tak dokáže přenést mnohem více dat. Může to být až několik desítek gigabitů za sekundu, aniž by zařízení s touto technologií bylo rušeno nebo rušilo ostatní zařízení. Signál dokáže také projít přes stěny a má dosah až několik desítek metrů.

Výhodou UWB je také mnohem lepší lokalizovatelnost a bezpečnost. Skutečnost, že UWB pracuje s velmi krátkými impulsy, pomáhá odhadnout čas postupu signálu neboli vzdálenost a směr dvou zařízení s mnohem větší přesností. V praxi se hodí například při hledání ztraceného či ukradeného telefonu. Očekává se také, že UWB nahradí technologii NFC pro bezkontaktní placení mobilním telefonem. I zde by měli uživatelé těžit, protože už například nebude nutné telefon či hodinky přikládat tak blízko k platebnímu terminálu, aniž by byla bezpečnost transakce ohrožena. (Lipartiã, 2020)

























Bluetooth

Bluetooth bezdrátová technologie umožňuje komunikaci mezi zařízeními kompatibilními s tímto standardem. Využívá se hlavně pro spojení krátkého dosahu mezi mobilními telefony, skenery, tiskárnami a stolními počítači.

Bluetooth je založeno na rádiových vlnách. Mezi zařízeními mohou být dokonce umístěny i překážky. Největší problém této technologie je hlavně energetická závislost. Bluetooth využívá frekvenci 2,4 Ghz. Udávaný rozsah je 250 metrů v otevřeném prostředí a 40 metrů v uzavřeném prostředí. Se standardem Bluetooth 4.0 byla představena možnost používat BLE – Bluetooth low energy a tak je možné používat tuto technologii i pro energeticky nenáročná zařízení a tím prodloužit jejich životnost a funkčnost. (Blokdyk, 2018)

Na následujícím obrázku (Obrázek 4) je vidět porovnání těchto technologií s ohledem na jejich přesnost, dosah, ale i dobu výdrže baterie. BLE, eventuálně iBeacon splňují všechny předpoklady pro lokalizaci osob s dlouhou živostí a přesností.

comparison of different technologies for server-based indoor positioning

Technology	Accuracy	Range	Suitable for	Tracking	Transmitter power supply	Battery lifetime
Wi-Fi	 < 15 m	 < 150 m	 area detection		 or 	 medium
BLE	4.0  < 8 m	 < 75 m	 area detection			 high
	5.1  < 1 m with line-of-sight					
UWB	 < 30 cm	 < 150 m	 area detection		 or 	 medium
RFID	presence detection only	 < 1 m	 spot detection		— (passive RFID tag)	— (passive RFID tag)

Obrázek 4 - Porovnání technologií pro určování polohy
(Zdroj: <https://www.infsoft.com/solutions/basics/quick-start-indoor-positioning>)

3.1.3 Technologie iBeacon

Technologie iBeacon byla vyvinuta společností Apple v roce 2013. Název označuje Apple verzi BLE zařízení, které dovoluje Bluetooth zařízením odesílat a přijímat malá a statická data na krátkou vzdálenost. Pro fungování je potřeba dvou zařízení. Prvním je přijímač, který může být ve formě chytrého telefonu, ale třeba i iBeacon brány pro shromažďování dat. Druhé zařízení je samotný vysílač, který neustále vysílá informace a svůj název. Z tohoto pak dokáže být vyhodnoceno, jak daleko se zařízení od sebe nacházejí a kdy se má provést případná interakce. (Statler, 2016)

Vysílače iBeacon informací se skládají většinou ze samotné logické jednotky pro odesílání dat, baterie pro napájení tohoto systému a v neposlední řadě má většina těchto zařízení i ochranný plášť, který je ve většině případů i voděodolný a prachuvzdorný (Obrázek 5). (Blokdyk, 2018)

iBeacony bychom mohli popsat jako virtuální tlačítka nebo odkazy v reálném světě. Tak jako na webových stránkách člověk interaguje s tlačítky a odkazy, iBeacony fungují pro dané aplikace jako spouštěč událostí a akcí. Toto použití může být zastoupeno v mnoha průmyslech a oblastech. Ať se jedná o automatické odemykání dveří, nebo jednoduché notifikace.



Obrázek 5 - Součásti iBeacon od firmy Estimote
(Zdroj: <https://estimote.com/>)

3.1.3.1 Informace odesílané technologií iBeacon

Odesílatel informací – iBeacon má za úkol v určitých časových intervalech plošně rozesílat data.

Příklad dat

- UUID: B544F30-F5K8-467E-AFF9-2586B57F856D
- Major ID: 1
- Minor ID: 2

Každá část odesílaných dat popisuje odlišnou informaci. UUID je unikátní identifikátor. Pro příklad je možné si představit řadu produktů v obchodě s oblečením. U trika se nachází jeden iBeacon, který bude mít unikátní identifikátor. U košilí bude další iBeacon znovu se svým jedinečným ID. Pro každé z těchto iBeaconů se budou na obrazovce chytrého telefonu zobrazovat relevantní data vzhledem k poloze zákazníka. Pokud bude blíž u oddělení triček, vyhodnotí aplikace dle UUID, že je třeba zobrazit slevu v kategorii triček.

Major a Minor ID slouží k rozpoznání sekundární informace. V tomto příkladu je možné tímto rozlišit například pobočky nákupního řetězce, případně rozlišit pánskou a dámskou sekci.

S těmito informacemi, které jsou vysílány iBeacony, je možné přesně určit polohu zákazníka a dále s ní pracovat. Je možné analyzovat dobu, po kterou byl zákazník u výrobku a dle toho umísťovat tyto produkty a poskytovat na ně slevu. (Statler, 2016)

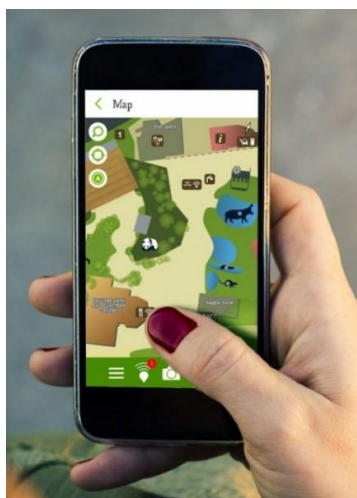
3.1.3.2 Příklady užití technologie iBeacon

iBeacon technologie umožňuje spojit virtuální a reálný svět. Mnoho lidí si ale neumí představit možnosti použití. Následující příklady užití mohou tuto problematiku přiblížit.

ZOO

Jeden z nejlepších případů užití je aplikace zoologické zahrady. Návštěvník vstoupí s chytrým telefonem do ZOO, kde jsou umístěny iBeacony, které dokáží posílat notifikace a zobrazovat informace o právě prohlíženém zvířeti. Uživatel se tak nemusí tísnit u informační tabule, ale vidí vše přehledně v chytrém zařízení. Zároveň by zde mohla ZOO umístit informace o krmení a pomocí iBeaconů řešit navigaci po celé zoologické zahradě.

Technologii již používá Australská ZOO (Obrázek 6), která ji primárně využívá pro navigaci a základní popis zvířat v daném výběhu. (Chandler, 2020)



Obrázek 6 - Ukázka použití iBeacon v ZOO

(Zdroj: <https://www.ausleisure.com.au/news/adelaide-zoo-the-first-in-australia-to-roll-out-ibeacon-technology/>)

Vzdělávání

Platforma iBeacon nabízí široký okruh aplikací, které dokáží využívat výhody této technologie pro účely vzdělávání. Jedná se o jednoduché hry, které vyžadují, aby se studenti pohybovali po místnosti a objevovali nové věci. Dále je možné využívat iBeacony pro více technické experimenty a pochopení fungování bezdrátového světa.

Mezi hlavní okruhy vzdělávání pomocí iBeaconů patří geografie, automatizace a technologie. (Sladden, 2017)

Obchody s potravinami

Představme si běžný obchod s potravinami, který je vybavený technologií iBeacon. V každém regálu výrobku je umístěn tento vysílač. Pokud se k němu zákazník přiblíží, chytré zařízení mu nabídne složení právě prohlíženého výrobku a zároveň by mohlo poskytnout i slevový kupón.

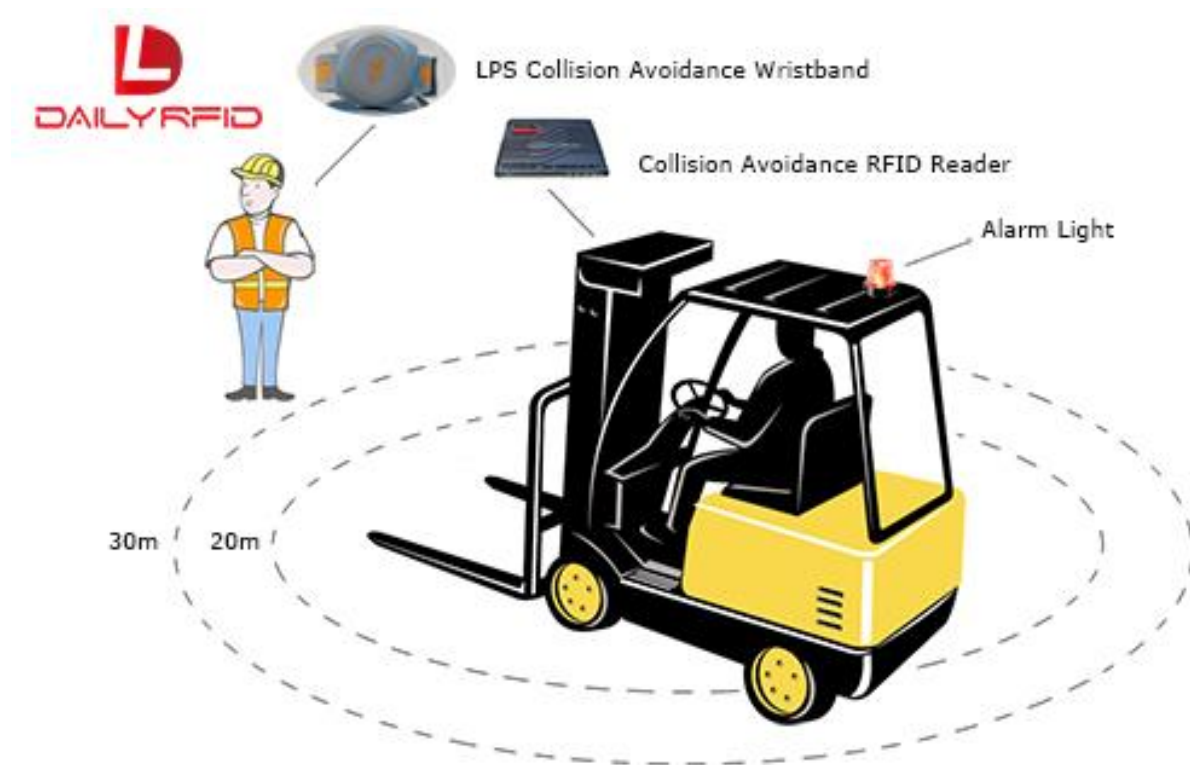
V pokročilejším světě pak může taková aplikace upozorňovat na položku, kterou si běžně kupujete, ale dnes ji v košíku nemáte. Toto může velkým podílem přispět k prodeji položek v obchodě. (Sladden, 2017)

Bezpečnost

Do oblasti bezpečnosti jsou většinou zařazovány bezpečnostní ochranné pomůcky jako reflexní vesta a helma. Tyto pomůcky jsou však pouze pasivní a nelze s nimi pracovat.

iBeacony v oblasti bezpečnosti práce mohou mít obrovské využití. V provozech jako jsou výdejní a skladovací prostory je neustále v pohybu manipulační technika. Zároveň se ve skladech pohybují operátoři skladu pěšky. Již tyto dva fakty znamenají, že by se mohlo jednat o velmi nebezpečné odvětví. Pomocí iBeaconů, ale můžeme zamezit střetu. Pokud se budeme soustředit pouze na riziková místa, jako jsou konce regálových systémů, instalujeme iBeacon na tento okraj a v případě, že se blíží manipulační technika, která na sobě bude mít přijímač signálu, rozsvítí se varovné světlo a tím upozorní chodce na případné nebezpečí. (Sladden, 2017)

V případě, že by měl operátor, který se pohybuje pěšky na sobě náramek s iBeaconem, mohl by přijímač na manipulační technice zamezit střetu i automatickým bržděním a zvukovým signálem. Firma DAILYRFID se tento problém pokusila vyřešit i pomocí technologie RFID, která by mohla být pro tento jedinečný účel vhodnější. (Obrázek 7).



Obrázek 7 - Použití RFID pro bezpečnost pracoviště od firmy DAILYRFID
(Zdroj: <https://www.rfid-in-china.com/>)

3.2 Bluetooth 4.0

Bluetooth verze 4.0 je standard, který byl schválen 30. června 2010. Jedná se o standard, který nenahrazuje starší standard, nicméně ho doplňuje o variantu Bluetooth, která má mnohem menší spotřebu a tím je vhodná i pro implementaci iBeacon zařízení. Původně byla tato verze vyrobena společností Nokia a pojmenována jako Wibree. Po jednání s Bluetooth SIG a po upravení technologií pro snížení spotřeby došlo k vytvoření standardu BLE. BLE funguje ve dvou odlišných módech – periferní a centrální. Periferní varianta je vyvinuta s ohledem na nejnižší spotřebu a odesílání malých objemů dat. Druhá varianta je používána hlavně u mobilních telefonů a naopak je u ní předpoklad k odesílání a přijímání většího množství dat.

BLE vysílá na frekvenci 2.4 GHz na 79 kanálech. Z těchto 79 kanálů jsou pouze 3 z nich použitelné pro iBeacon, protože jsou určeny pro odesílání reklamních sdělení. Při vysílání paketů dochází k postupnému posílání na všech třech kanálech. Díky tomu je tato technologie mnohem robustnější a neruší jí technologie WI-FI. (Blokdyk, 2018)

3.2.1 Detekce v místnosti

V dnešní době je již poněkud normální, že člověk přijde domů z práce, kde se mu automaticky odemknou vchodové dveře a rozsvítí se světlo u domu. Ve veřejném prostoru například na letištích a festivalech je možné tyto technologie použít i k počítání odbavených pasažérů a statistik návštěvnosti.

První přístup k problematice evidence a sčítání návštěvníků bylo umístění kamery a senzorů pohybu uprostřed místnosti tak, aby detekovaly koncové zařízení/subjekty v daném prostoru. Toto řešení má ovšem několik nevýhod. První a ta největší spočívá v neobecnosti použití. Představme si sklad, který je dlouhý nebo i půdorysem připomíná písmeno L. V tomto skladu je nutné nainstalovat minimálně 2 přijímače, kde s každou další složitostí objektu exponenciálně roste počet těchto přijímačů a složitost nasazení. Dalším možným řešením je umístit kameru nebo senzor na vchod do tohoto objektu. Je to sice lepší varianta, ale také nedokáže 100% předpovědět počet subjektů v dané místnosti. (Sladden, 2017)

Systém založený na technologii iBeacon byl pro tyto situace naprosto ideální a řešil všechny nedokonalosti předchozích řešení. Spolu s přijatelnou cenou vysílačů BLE signálu a baterií, která vydrží měsíce i roky, iBeacon slouží jako přesný určovač polohy a spolu s dalšími funkcemi je tak ideální volbou.

Technologie iBeacon má mnoho aplikací, které se zabývají určováním polohy. Také může být použita pro vývoj vnitřního systému pro určování polohy pohybujících se objektů a následně i na ukládání a vyhodnocení budoucích tras těchto objektů. Využití iBeacon technologie může být i ve spouštění aplikací na bezdrátových zařízeních. Možnosti využití se v této oblasti stále rozrůstají.

3.3 Logistika

Dostat vybrané věci ve správný čas na určené místo a to bez chyb. Tak by se dalo shrnout celé snažení logistického odvětví. Za tímto však stojí velké množství profesí, technologií, systému, databází, EDI a plánování. K logistice tedy patří neodmyslitelně proces automatizace a to za účelem zkrátit a zefektivnit aktuální proces. (Rushton, 2017)

3.3.1 Balení a ztráty ve skladu

Palety, kontejnery, ale i víčka, sudy a ostatní obalové materiály. Všechny tyto pro logistiku klíčové předměty neustále kolují a předávají se mezi kamiony a sklady na denním pořádku. Výsledkem je pak velmi častá a pro některé sklady již přirozená ztráta těchto důležitých zdrojů. Pro porovnání – Americká poštovní služba ztratí během roku zhruba 20%

svých palet. V automotive odvětví se toto číslo pohybuje mezi 15% - 20% ztracených palet. (Rushton, 2017)

Řešení tohoto problému je možné řešit technologií iBeacon, případně i technologií RFID. Tato nízkoenergetická a pasivní zařízení jsou umístěny na paletě a systém pak kontroluje jejich odchod ze skladu a následný příchod na sklad jiný. Pokud se v tomto procesu paleta ztratí, je pak už lehce dohledatelné, kdo s paletou pracoval naposledy. Ve spojení s automatizovaným systémem notifikací je tento systém velmi spolehlivý a funkční.

Ačkoliv palety nejsou v dnešní době vůbec levný náklad, společnosti tento systém většinou nenasazují z důvodu velké počáteční investice a dlouhé návratnosti.

3.3.2 Správné místo zaskladněného zboží

Umístění ve skladu je další důležitou součástí skladování. Přestože se jedná o na první pohled triviální záležitost, je toto téma velmi obtížné a pro logistiku klíčové. Místo toho, aby se skladové položky ukládaly dle jejich využití a četnosti potřeby, ukládají se na předem předdefinovaná místa. To může způsobovat zbytečně dlouhé doby pro vyskladnění často využívaných položek a skladových míst. Dle Georgia Tech je pouze 30 % skladového prostoru optimalizováno pro efektivitu.

Řešením je v tomto případě postupná analýza sledování pohybu skladových zásob. Poté dle výsledků tohoto měření provést relokace skladových zásob na vhodnější místa a další sledování. Toto sledování a analýzu lze provést pomocí iBeacon tagů, které budou odesílat data do systému. (Rushton, 2017)

3.3.3 Nedokonalé procesy a úzké hrdlo

Žádné množství meetingů a schůzek nedokáže vyřešit problém, pokud v logistice není vyřešen dohled nad skladem. Pomocí trackování zboží a položek mohou operátoři snadno objevit úzká hrdla a mohou vylepšovat efektivitu těchto procesů. Společnost Peice Warerhouse Coopers (<https://www.pwc.com/>) vypracovala studii, kde upozorňují na ušetření až 300 bilionů dolarů, když by evropská logistika vylepšila svou efektivitu o 10 % až 30 %.

Řešením je opět nasazení iBeacon zařízení na skladové položky. Díky tomu operativa přesně ví, kde se předměty nachází a může tak lépe analyzovat a logisticky nakládat s položkami.

3.3.4 Krádeže v logistice

V dnešní době velmi diskutované téma. I přes kamerové systémy a bezpečnostní politiku je možné, že ze skladu mizí cenné položky. Operativa takového skladu má již mnoho práce s chodem skladu a tak uvítá možnost mít skladové položky v bezpečí.

Řešením je nasazení iBeaconů na zaměstnance skladu. Poté je možné vysledovat pohyb zaměstnance i zpětně a tak dohledat, zda se přiblížil k zrovna chybějící položce. V pokročilé verzi pak můžeme odesílat oznámení a případně spustit alarm v případě, kdy zaměstnanec překročí vyznačenou zónu.

3.3.5 Bezpečnost v logistice

Pro provozování a fungování skladu je důležité dodržovat povinnosti v oblasti bezpečnosti práce. Dokonce je toto fungování a provoz upraveno zákonem. Základem pro fungování je takzvaný místní provozní řád skladu.

3.3.6 Místní řád skladu

Místní řád skladu je definován v ČSN 26 9030 Manipulační jednotky – Zásady pro tvorbu, bezpečnou manipulaci a skladování. Tento řád musí obsahovat tyto stanovy.

- Osobu, která je odpovědná za sklad, ale také jeho údržbu, opravy a prohlídky zařízení a prostředků.
- Organizační a bezpečnostní opatření pro bezpečný provoz při:
 - Manipulaci se skladovými zásobami - příjem, skladování, výdej.
 - Vytváření manipulačních jednotek.
 - Obsluhování skladovacích zařízení a prostředků.
 - Pohybu dopravních prostředků a osob.
 - Používání cest, uliček a jiných komunikací včetně úklidu, údržby a osvětlení.
- Termíny technických prohlídek a kontrol zařízení a prostředků skladu.
- Určení provozních a neprovozních ploch skladu.
- Vybavení a místa pro použití OOPP.
- Organizaci školení, kontrol a testování zaměstnanců.
- Půdorysný plán skladu včetně schématu s vyznačením využitelných ploch, pohybu osob a dopravních prostředků, směrů příjezdu a odjezdu a způsobu parkování. (BOZP, 2018)

3.3.7 OOPP

Zákon ČR ukládá zaměstnavateli povinnost zajistit svým zaměstnancům osobní ochranné pracovní prostředky, zkratkou OOPP. Včetně poskytnutí musí zaměstnavatel také zpracovat seznam těchto pracovních podmínek a k nim přiřadit příslušné OOPP. Dále je důležité, aby zaměstnavatel seznámil zaměstnance jak správně a bezpečně používat tyto ochranné pomůcky.

3.3.7.1 Základní povinnosti zaměstnavatele v oblasti OOPP

- Na základě vyhodnocení rizik a konkrétních pracovních podmínek zpracovat seznam pro poskytování OOPP.
 - Poskytnout OOPP všem svým zaměstnancům.
 - Seznámit - proškolit zaměstnance, jak OOPP používat.
 - Vypracovat dokumentaci OOPP a zavést ji do dokumentace BOZP.
 - Vést evidenční list, který slouží pro výběr a vrácení OOPP.
 - Kontrolovat, zda zaměstnanci OOPP opravdu používají.
- (BOZP, 2018)

Školení

Vzhledem k tomu, že ochranných pomůcek je opravdu veliké množství, je potřeba své zaměstnance zaškolit v používání pomůcek v konkrétním skladu.

OOPP chrání životy každého pracovníka, který je používá, ale i který je součástí procesů ve skladových prostorech. Aby byly tyto prostředky účinné, je nutné, aby splňovaly přísné požadavky. Hlavními jsou následující.

- Účinné pro daný druh ochrany.
 - Používání nepředstavovalo další riziko.
 - Odpovídaly podmínkám a prostředí pracoviště.
 - Přizpůsobeny fyzickým předpokladům daného zaměstnance.
 - Respektovaly ergonomické požadavky a zdravotní stav zaměstnance.
- (BOZP, 2018)

Povinnosti zaměstnavatele

Zaměstnavatel je povinen zajistit všem svým zaměstnancům vzhledem k povaze jejich práce nejen osobní ochranné pracovní prostředky, ale též dezinfekční, čisticí a mycí prostředky.

Všechny náklady na OOPP platí vždy zaměstnavatel a nesmí žádat zaměstnance o její náhradu. Dále pak není možné, aby místo OOPP dával zaměstnavatel zaměstnanci finanční náhradu.

3.3.7.2 Povinnosti zaměstnance

Zaměstnanec je zavázán používat pomůcky, které mu přidělil zaměstnavatel. Zároveň se o ně musí svědomitě starat a dbát na jejich životnost. Pokud z nějakého důvodu dojde k poškození OOPP, musí zaměstnanec neprodleně tuto skutečnost oznámit zaměstnavateli, v tomto případě nadřízenému.

V případě, že se zaměstnanci stane pracovní úraz a v době úrazu nebyl chráněn OOPP, nedostane odškodnění od pojišťovny a nemocenskou. (BOZP, 2018)

3.3.7.3 Omezení a problematika

Ochranné pomůcky a prostředky musí být poskytovány v přiměřené míře. Musí splňovat optimální úroveň ochrany. Za tu se považuje úroveň, při jejímž překročení by omezení způsobená používáním prostředku bránila jeho efektivnímu používání během doby vystavení uživatele riziku nebo během vykonávání dané činnosti. OOPP nesmí omezovat v pracovní činnosti. (BOZP, 2018)

4 Vlastní práce

Kapitola vlastní práce je rozdělena do dvou částí a to příprava a realizace.

Část pojmenovaná příprava analyzuje prostor, ve kterém bude systém realizován. Je zde přeměřen a zhodnocen z pohledu propustnosti a případných překážek. Dále jsou zde specifikovány požadavky na systém. Většina těchto požadavků vychází z legislativy bezpečnosti práce a také z přímých požadavků managementu logistické firmy. V této části jsou dále vybrány 3 varianty řešení a pomocí vícekriteriální analýzy variant s vahami je vypracována nejvhodnější varianta pro toto konkrétní řešení. V neposlední řadě je zde zmíněna i dokumentace celého projektu.

Druhá část obsahuje přímé kroky, které vedly k instalaci a zprovoznění systému. V první řadě byl vybrán hardware pro realizaci. Následně bylo specifikováno, jak bude systém fungovat a jakým způsobem splňuje předem dané požadavky. V dalším kroku bude přistoupeno k programování a vývoji aplikací pro řízení a správu tohoto systému. Byl zpracován návrh wireframe všech oken aplikace. Následně proběhla realizace a vývoj aplikací dle těchto specifikací.

4.1 Příprava

Konkrétní firma zabývající se logistikou, vlastní sklad o velikosti dvou kilometrů čtverečních. Ve skladu se nachází několik zákazníků – od známého prodejce bot, který si zde skladuje své zásoby, po zpracování vratek pro e-shop se značkovým oblečením. Vzhledem k tomu, že se tato firma řadí mezi menší až středně velký podnik, dosud zde nebyl kladen důraz na oddělování těchto provozů a tak sklad fungoval v „rodinných“ podmínkách.

4.1.1 Současný stav

Společně s růstem této firmy rostou i požadavky na bezpečnost práce a to jak dle legislativy bezpečnosti práce, tak dle nejlepšího svědomí zaměstnavatele. Jedním z těchto opatření by mělo být rozdělení skladu na zóny, které oddělí provozů odlišných zákazníků. V praxi by to znamenalo, že se operátor zpracující vrátky pro e-shop nesmí dostat do prostoru, kde se skladují zásoby obuvi.

Opatření by pozitivně přispěla i k menšímu procentu krádeží ve skladu a celkovému pořádku ve vyznačených zónách.

4.1.2 Požadovaný stav

Cílem mé diplomové práce je vyřešit problém zón v konkrétní logistické firmě. Je zapotřebí logicky oddělit části skladu, které mají jiného zákazníka a jiné pracovníky. Zároveň však udržet možnost přecházet mezi těmito provozy bez překážek.

K cíli byla využita již dříve zmiňovaná nízkoenergetická bluetooth zařízení, která budou evidovat přítomnost pracovníků v určitých zónách a budou naprosto nenápadná, pokud se všichni chovají dle skladových pravidel.

Na první pohled jsou zóny odděleny jen barevnými pruhy na zemi, které se ve skladu nacházejí již teď. Navíc se při určitém překročení hranice spustí zvukový efekt, který upozorní, že se pracovník nachází na místě, kde nemá. Dle těchto upozornění se budou následně vyvozovat další důsledky.

4.1.3 Problematika

K řešení je možné přistoupit několika způsoby. Je nutné rozhodnout se, jak budou řešeny vysílací jednotky, které budou spojeny s pohybem pracovníka. Dále jak vyřešit přesnost hlášení a jakou zvolit toleranci. Následně pak nastavení a nasazení systému tak, aby nebyl moc demotivující a zároveň nebyl příliš benevolentní. Všechny otázky jsou řešeny v následující části této diplomové práce.

4.1.4 Analýza prostor a požadavky

Nejprve je nutné analyzovat prostor, který budeme používat pro detekci zaměstnanců v našem prostoru. Jedná se o betonovou halu s nosnými sloupy. Hala je částečně používána jako klasický sklad a částečně jako linka pro zpracování vráceného oblečení z e-shopu. Naším úkolem je tyto dva prostory oddělit.

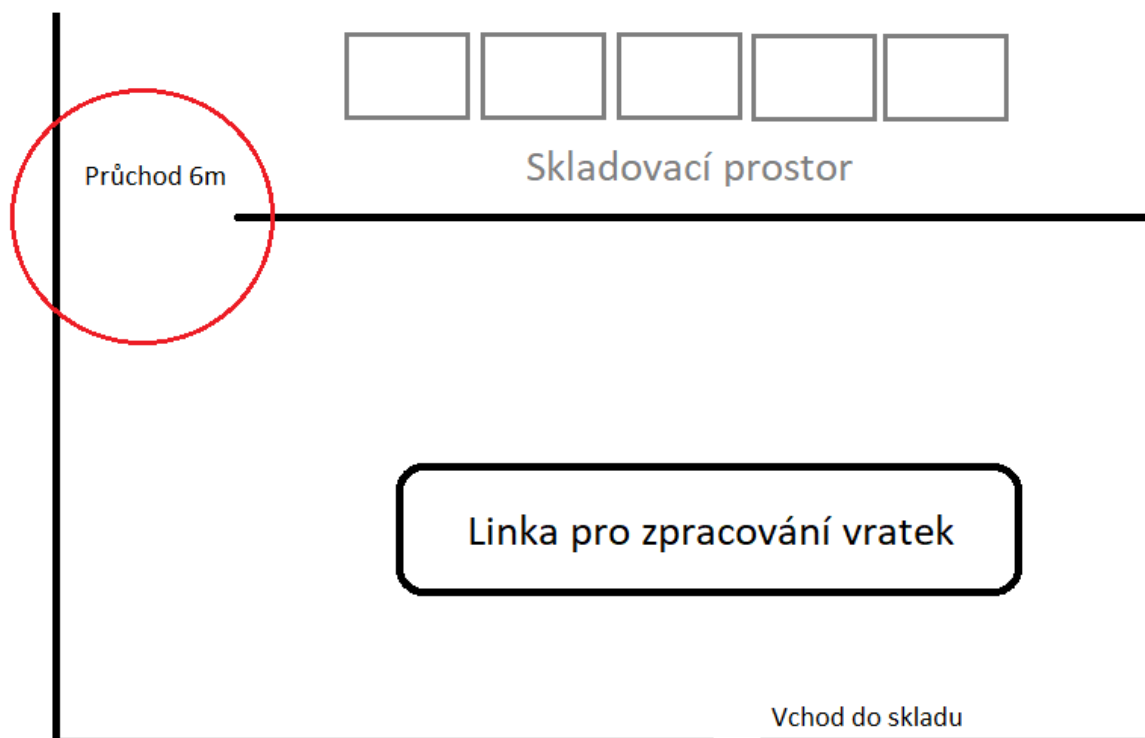
Sklad má pouze jeden hlavní vchod do prostor. Nachází se hned vedle linky pro vratky. Dále se dá pokračovat kolem této linky do ostatních částí skladu. V našem případě to znamená oddělení pouze jedné části skladu od druhé. Bude se jednat o virtuální zeď. Zeď bude mít délku zhruba 6 metrů a měla by ho pokrývat tedy pouze jedna anténa. Požadavky na instalaci našeho hardwaru jsou následující.

- Odolné proti prachu.
- Odolné proti cizímu vniknutí.
- Zamezení zničení HW skladovou technikou – umístění do výšky nebo do bezpečného obalu.

4.1.4.1 Přeměření prostředí

Logistický sklad jsme nejprve přeměřili a zjistili, do jakého prostředí budeme systém a technologii instalovat a implementovat.

Zjistili jsme, že virtuální stěna (Obrázek 8), která odděluje naše dva zákazníky, měří 6 metrů. Tento prostor je využíván jak pro pěší, tak pro skladovou techniku, tudíž je nutné zaručit neustálý volný průchod.



Obrázek 8 - Nákres logistického skladu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.1.4.2 Požadavky na systém

Systém má několik požadavků, které jsou stanoveny jak touto diplomovou prací, tak samozřejmě i vedením firmy a jejich požadavky. Rozlišujeme zde dvě roviny a to rovinu technickou a uživatelskou.

Mezi technické požadavky se řadí například, v jaké vzdálenosti bude zařízení rozpoznávat pohyb pracovníka a upozorňovat na něj. Na druhou stranu mezi uživatelské bychom mohli zařadit nutnost neomezovat pohyb pracovníků příliš mnoho a snažit se systém navrhnout neinvazivně.

Technické požadavky

- Náramky by měly vydržet bez nabíjení alespoň rok.
- Až na náramky by měl být systém naprosto bezúdržbový. Operativa skladu tak nebude zatížená nastavením a manipulací.
- Systém by měl detekovat pracovníky mířící do zakázané oblasti v nejvyšší vzdálenosti 5 metrů.
- Systém by měl zasílat každý den report ohledně porušení pravidel a překročení zóny.
- Systém nesmí omezovat pohyb pracovníků v povolené zóně.
- Systém nesmí rozlišovat kmenové a agenturní zaměstnance.

Uživatelské požadavky

- Systém by měl být v případě problémů rychle deaktivovatelný.
- Systém by měl být bezpečný a zabezpečený oproti vniku cizí osoby, neboť obsahuje osobní a citlivé informace zaměstnanců.
- Systém by měl být intuitivní a škálovatelný.

4.1.4.3 Dokumentace

Jedním z požadavků na nasazení systému do skladu bylo vypracování kompletní dokumentace k celému systému a jednotlivým zařízením. Dokumentaci byla realizována během nasazování řešení a částečně tak posloužila i tato diplomová práce.

Dokumentace softwaru obsahuje několik částí. První z nich je dokumentace požadavků. Je to souhrn atributů, které identifikují schopnosti a vlastnosti systému. Tvoří tak základ pro to, co bude realizováno. Další částí je dokumentace architektury a designu softwaru. Tato část zahrnuje vztahy k prostředí a ostatním objektům, které budou použity pro návrh softwarových komponent. Třetí částí se rozumí technická dokumentace, která popisuje a komentuje konkrétní části kódu, algoritmů a celého rozhraní. Čtvrtou částí dokumentace je uživatelský manuál. Jedná se o soubor určený koncovému uživateli, případně podpoře. Poslední částí je marketingová dokumentace, která obsahuje analýzu tržní poptávky.

Dokumentaci jsem vypracoval dle směrnic logistické firmy. Tato část není obsažena v cílech diplomové práce a tak dokumentace není zahrnuta v přílohách mé diplomové práce.

4.1.5 Řešení a jejich porovnání

K výběru nejvhodnějšího řešení byla využita vícekriteriální analýza variant s vahami. Zhodnotí tak pro nás důležité aspekty řešení a zároveň vyřadila nereálné možnosti.

Vícekriteriální analýza variant se běžně využívá při rozhodování mezi variantami, kdy je každá varianta hodnocena podle kritérií. Množina přípustných řešení je konečná. Cílem řešení je nalezení jediné kompromisní varianty, případně uspořádání všech variant od nejlepšího k nejhoršímu. Každou z variant je možné vyjádřit ve formě užitku. K rozhodování a ohodnocení jednotlivých kritérií je potřeba získat informace. Informace mohou být několika typů – kardinální, ordinální, nominální a žádné. V mém rozhodování se vyskytovaly pouze nominální informace. Je také nutné určit povahu kritéria. Pokud je povaha maximalizační, znamená to, že čím je hodnota vyšší, tím je pro rozhodování vhodnější a pro výběr lepší. Následně byly zvoleny váhy jednotlivých kritérií, které jsou definovány hlavně s ohledem na rozhodnutí managementu firmy. Poté je nutné sestavit tabulku a obodovat každé kritérium dle získaných informací.

4.1.6 Varianty k porovnání

Vzhledem k rozmanitosti řešení tohoto konkrétního problému bylo vybráno několik dodavatelů a výrobců iBeacon řešení, kteří byli následně porovnání. Vzhledem k tomu, že neexistuje žádná firma působící v České republice, byly zvoleny společnosti ze zahraničí. Hlavním kritériem pro výběr bylo množství pozitivních recenzí na internetu. Do rozhodování zároveň bylo zařazeno i vlastní řešení.

Estimote

Firma Estimote je technologická start-up společnost, která se zabývá analytikou a vývojem platformy pro sledování zařízení založené na technologii senzorů. V roce 2012 ji založili Jakub Krzych a Łukasz Kostka. Vlastní několik druhů řešení a mají zmapované use case pro velkou část podnikatelského odvětví.

Po kontaktování této společnosti, mi bylo nabídnuto základní řešení, které funguje na bázi jednotlivých přívěšků a jejich vzájemné komunikaci. Ta je následně odesílána přes bránu do cloudového řešení této firmy. Tudíž se citlivá data zaměstnanců přesouvají na cloudové úložiště Estimote. Administrace tohoto systému je velmi jednoduchá a intuitivní. Pro zprovoznění tohoto systému však firma Estimote uvedla časový úsek 6 měsíců, v kterých by probíhala analýza prostor a samotné nasazování.

Dalším kritériem je cena. U společnosti Estimote byla cena nejvyšší a to hlavně díky vysoké pořizovací ceně správy systému umístěném v cloudu. Jejich systém umožňuje mnohem sofistikovanější a pokročilejší možnosti používání iBeacon, než je potřeba k našemu cíli.

Kontakt.io

Společnost Kontakt.io se zabývá širokým spektrem IOT témat. Tato firma byla založena v roce 2013.

V jejich nabídce najdeme řešení pro zdravotnictví, průmysl, ale i chytré budovy. Mezi jejich produkty patří právě několik výrobků, které vycházejí z iBeacon. Zároveň nabízejí ucelený IOT management.

Stejně jako firma Estimote, tato firma nabízí ucelené řešení na klíč, které se skládá z hardwaru vyráběného přímo dodavatelem, cloudovým řešením správy iBeacon jednotek a také vlastním SDK pro realizaci vlastních řešení. Touto společností bylo nabídnuto řešení pro industriální objekty, které slouží pro detekci osob uvnitř industriálních budov. Toto řešení je zaměřeno hlavně na aktuální problematiku pandemie COVID-19 a tudíž disponuje i možnostmi pro detekci delšího kontaktu pracovníků nebo zpětné dohledání potenciálních hrozeb nakažení. Toto řešení bylo již finančně dostupnější, nicméně vzhledem k rozšířeným funkcím systému je cena opodstatněná. Bohužel i v tomto případě byla stanovena dlouhá doba realizace a to zhruba 8 měsíců.

Vlastní řešení

K vlastnímu řešení by byl vytvořen systém databáze a kontrolní aplikace, která by snímala a detekovala pohyb pracovníků. K implementaci bude využit programovací jazyk C# a Windows SQL databáze.

Hardware by byl objednan od našich dodavatelů a nechal by se instalovat bezpečně do skladu. Jednalo by se o jednu PC stanici, která bude splňovat požadavky malých rozměrů. Dále o externí bluetooth anténu, která bude přijímat Bluetooth 4.0 standard. A následně několik náramků pro zaměstnance.

4.1.7 Porovnání variant

K porovnání těchto řešení a výběru nejlepšího řešení byla použita metoda vícekritériální analýzy variant s vahami. Nejdříve byly definovány všechny 3 možnosti a specifikovány kritéria rozhodování a jejich váhy.

Váhy těchto kritérií byly vytvořeny společně s managementem firmy a to hlavně s ohledem na aktuální požadavky firmy a zároveň s ohledem na fakt, že se jedná o pilotní projekt a tudíž je důležité nasadit a otestovat technologii, co nejrychleji a za co nejméně peněz (Tabulka 1).

Kritérium	Cena	Doba k realizaci	Reference	Dopad na zaměstnance	Podpora
Váha	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1

Tabulka 1 - Kritéria a jejich váhy
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Z výše uvedené tabulky je vidět, že největší důraz je kladen na cenu celého řešení. Jelikož se jedná o projekt, který bude v logistické firmě ukazovat základní možnosti a funkcionality iBeacon systému, není nutné do něj investovat statisíce korun. Případně tato investice přijde s větším zapojením iBeacon do skladů.

Doba k realizaci je pro naši společnost středně důležitá. Většina firem dává implementaci těchto nových technologií nízkou prioritu a tak se dost často stává, že se nasazení vůbec nerealizuje. Tomu chceme předejít včasnou realizací.

Reference našeho dodavatele řešení pro nás nejsou nijak důležité. Hlavně z důvodu jednoduchosti základního systému a našich poměrně střízlivých požadavků.

Dopad na zaměstnance je pro nás naopak vcelku důležitou součástí. Představme si, že systém bude chybně vyhodnocovat zaměstnance a jejich polohu ve skladu. Systém tak bude chybně upozorňovat na překročení hranice vizuálně a zvukově. Toto chování může vést k frustraci zaměstnanců i jejich nadřízených. Toto následně vede k negativnímu postoji k adaptaci dalších takových řešení a toto chování chceme omezit na minimum.

Podpora je pro nás prozatím nízce hodnocené kritérium. Je to z důvodu, že tento systém je velmi úzce zaměřený na jednu jedinou věc, tudíž není nutné po nastavení tohoto systému dále systém měnit a modifikovat.

Realizace	Cena	Doba k realizaci	Reference	Dopad na zaměstnance	Podpora
Estimote	78 000 Kč	6 měsíců	8	7	8
Kontakt.io	55 000 Kč	8 měsíců	5	7	6
Vlastní řešení	30 000 Kč	1 měsíc	0	4	10
Povaha	min	min	max	max	max

Tabulka 2 - Varianty a jejich kritéria
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.1.8 Výsledek vícekritériální analýzy variant

Zpracovanou tabulku s informacemi si převedeme na vícekritériální optimalizační model. Jak můžeme vidět, vyskytují se zde informace nominální (Tabulka 2). Pro naše řešení bychom rádi použili bodovací metodu s vahami. Tudíž je nutné převést si všechny informace na body. Čím vyšší, tím lepší. Bodovací škála je nastavena 1-10 (čím vyšší, tím lepší).

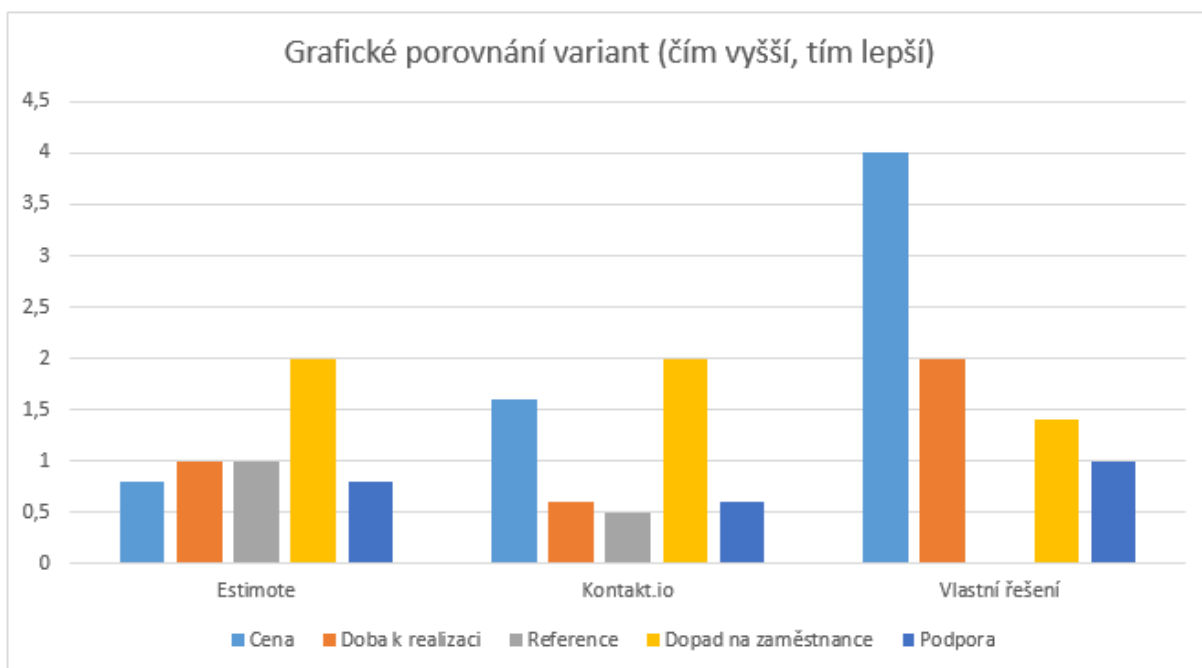
Realizace	Cena	Doba k realizaci	Reference	Dopad na zaměstnance	Podpora
Estimote	2	5	10	10	8
Kontakt.io	4	3	5	10	6
Vlastní řešení	10	10	0	7	10
Váha	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1

Tabulka 3 - Varianty a kritéria s vahami
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Po tomto kroku můžeme už jednotlivé body vynásobit vahou daného kritéria a následně sečíst všechny hodnoty kritérií. V našem případě hledáme nejvyšší počet bodů, protože se jedná o maximalizační optimalizační úlohu (Tabulka 3).

Realizace	Cena	Doba k realizaci	Reference	Dopad na zaměstnance	Podpora
Estimote	0,8	1	1	2	0,8
Kontakt.io	1,6	0,6	0,5	2	0,6
Vlastní řešení	4	2	0	1,4	1

Tabulka 4 - Varianty s kritérii (váhy zohledněny)
(Zdroj: Vlastní zpracování)



Graf 1 - Porovnání řešení implementace iBeacon systému
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Realizace	Vážený součet	Pozice
Estimote	5,6	2
Kontakt.io	5,3	3
Vlastní řešení	8,4	1

Tabulka 5 - Vyhodnocení nejvhodnějšího řešení
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Výsledkem tohoto rozhodování je, že vyhrálo s poměrně velkým rozdílem naše vlastní řešení (Tabulka 5). Nejvíce bylo rozhodování ovlivněno vysokou váhou na kritérium cena a čas realizace (Graf 1). Naopak slabou stránkou tohoto řešení je možný horší dopad na zaměstnance a nulové reference a zkušenosti s tímto systémem.

4.2 Realizace

Po výběru vhodné varianty a vytvoření základní analýzy potřebných zařízení bylo možné započít realizaci celého funkčního řešení. Nejprve bylo nutné objednat hardware a otestovat funkčnost. Objednávka se skládá z externí BLE antény, minidesktop počítače a několika desítek náramků.

Pro vlastní řešení byl vybrán Bluetooth USB Trust adaptér (Obrázek 9), který podporuje vysílání Bluetooth 4.0. Pro účely provozu naší kontrolní aplikace byl vybrán desktopový počítač HP ProDesk 400 G5 Mini (Obrázek 10). Jako poslední byly objednány náramky. V tomto případě se jedná o MINEW B6 (Obrázek 11), které vydrží na svou baterii až 8 měsíců.



Obrázek 9 - USB Trust Bluetooth 4.0 Adapter
(Zdroj: www.alza.cz)



Obrázek 10 - HP ProDesk 400 G5 Mini
(Zdroj: www.alza.cz)



Obrázek 11 - Minew B6
(Zdroj: www.minew.com)

Veškerý HW bylo nutné proměřit a otestovat funkční vzdálenosti těchto zařízení. Je tedy nutné, aby byl náramek kdykoliv dohledatelný z naší antény při průchodu pracovníka. Poté již můžeme měnit a upravovat hranici vzdálenosti, kdy bude tato anténa upozorňovat na překročení hranice. Po ověření této skutečnosti bylo možné přikročit k instalaci těchto zařízení na pevné místo ve skladové hale.

Následně proběhl testovací provoz. Testovací provoz se skládá z nahodilého přiřazení iBeacon náramků, které budou určené pro operativu, která nesmí přes hranici přistoupit a operativu, která musí k výkonu práce procházet kolem antén bez spuštění upozornění. Toto testování provázelo vyplňování reportů a podnětů k vylepšení a úpravám celého systému, neboli UAT (User Acceptance Testing).

Jako poslední část bylo nasazení do provozu. Tento bod zahrnuje spuštění systému do produkce. Bylo potřeba předat veškerou dokumentaci. Dále seznámit veškeré zaměstnance s funkční stránkou tohoto řešení. V neposlední řadě také vytvořit srozumitelné a funkční plakáty seznamující s funkcionalitou iBeacon a popis chování tohoto systému. Důležité je také zahrnout informace o kontrole a péči o iBeacon náramky a jejich životnosti.

O ovládání a kontrolu celého celku se bude starat stanice umístěná v prostoru skladové haly. Tudíž je nutné zajistit její dlouhou životnost a bezobslužnost. Pro tento projekt byl vybrán HP EliteDesk z produktové řady Mini, která svými rozměry nabízí kompaktní řešení. Tento počítač byl umístěn do nástěnné montážní krabice s výdechy ze spodní strany, aby docházelo ke korektnímu chlazení a zároveň omezení vniknutí nečistot do zařízení.

K účelu sledování byla naprogramována aplikace, která řídí a hlídá provoz iBeacon náramků a antény. Aplikace byla naprogramována ve vývojovém prostředí Visual Studio 2019 a k těmto účelům byl využit programovací jazyk C# od Microsoft. Aplikace bude komunikovat s podnikovou databází, která je umístěna na našem cloudovém serveru. Funkčně bude aplikace splňovat:

- Detekce pohybu nežádoucích osob.
- Varování – světelné a zvukové.
- Reportování nežádoucích vstupů.
- Ukládání dat do databáze.
- Importování skupin z databáze.

4.2.1 Vývoj a nasazení systému

4.2.1.1 Řídící aplikace

Dle výše zmíněných požadavků bylo rozhodnuto, že aplikace pro ovládání projektu může být koncipována jako služba. Části, které musí obsahovat, jsou následující – připojení na databázi, detekce a upozornění (Obrázek 12), jednoduchá správa uživatelů a náramků.

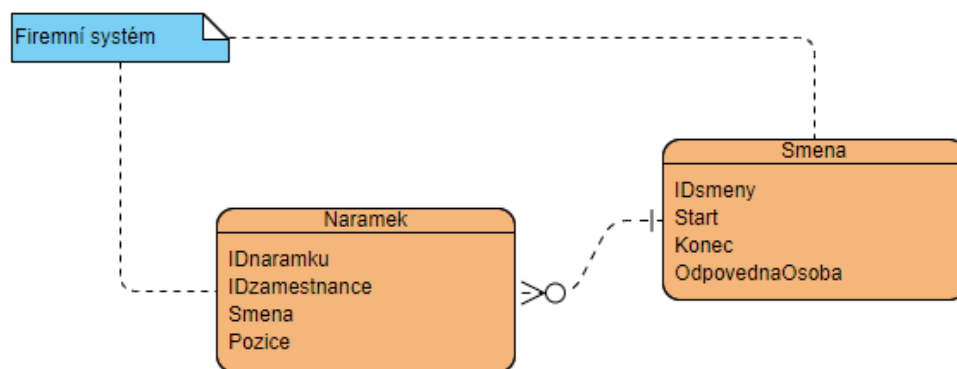
```
1 reference
private static void Watcher_Received(BluetoothLEAdvertisementWatcher sender, BluetoothLEAdvertisementReceivedEventArgs args)
{
    if (args.Advertisement.ManufacturerData.Count() > 0)
    {
        // Parse iBeacon
        var beaconParser = new BeaconParser();
        beaconParser.SetBeaconLayout("m:2-3=0215,i:4-19,i:20-21,i:22-23,p:24-24");
        Beacon beacon = beaconParser.FromAdvertisement(args.Advertisement, args.RawSignalStrengthInDbm, args.BluetoothAddress);
        if (beacon != null)
        {
            Logger.Debug("Found iBeacon this far: "+ beacon.Distance);
            if(checkUser(beacon.BluetoothName, beacon.Distance))
            {
                PlaySound();
                SendEmail(beacon);
            }
        }
    }
}
```

Obrázek 12 - Ukázka kódu aplikace
(Zdroj: Vlastní zpracování)

K vývoji aplikace byla použita knihovna, která umožňuje detekovat iBeacon vysílání přes Windows 10 integrovaný ovladač. Dále bylo dbáno na rozdělení aplikace do tříd a metod, aby byl kód čitelný a srozumitelný. Navíc byl zdrojový kód okomentován a každá metoda byla popsána. V neposlední řadě bylo zamezeno vkládání SQL injection a to díky argumentům, které jsou vkládány přímo do SQL dotazu.

K fyzickému počítači tedy byla připojena jedna anténa přijímající iBeacon signál. V případě, že aplikace vyhodnotí zaměstnance příliš blízko, začne vydávat zvuk a upozorní odpovědnou osobu emailem. Zároveň budou tato data uložena do databáze.

Aplikace bude čerpat z databáze všechny potřebné informace pro svůj provoz (Obrázek 13). V první řadě je nutné načíst zaměstnance a ID jejich náramků, který dostali přidělený. Dále zde bude uložena informace o provozu skladu a aktuální směňové hodiny. Na Entity diagramu můžeme vidět strukturu databáze.



Obrázek 13 - Schéma struktury databáze (ER Diagram)
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.2.1.2 Aplikace pro správu náramků a směn

Dalším krokem je vyřešení vkládání informací do databáze. Povinnost vkládat data budou mít team leadeři jednotlivých směn. Pomocí C# Winform byla vytvořena jednoduchá aplikace na vkládání potřebných dat do databáze.

Aplikace musí obsahovat následující funkce.

- Vkládat a upravovat zaměstnanecké ID náramku i pomocí ručního scanneru na barcody.
- Měnit přiřazení směn zaměstnance a jejich pozice.
- Upravovat začátky a konce směn a jejich odpovědnou osobu.
- Vstup pouze oprávněné osoby.

U aplikace je nutné dbát na co nejjednodušší prostředí. Na první pohled musí team leader vědět, co je možné v programu provést a připravit. Nejprve byl připraven blueprint aplikace.

Úvodní obrazovka

Na úvodní obrazovce (Obrázek 14) má uživatel na výběr dvě možnosti, jak přistoupit k editaci záznamů v databázi. První z nich je naskenování nebo vyplnění osobního čísla zaměstnance. Uživatel vyplní nebo naskenuje číslo zaměstnance, program automaticky toto číslo ověří v databázi, a pokud tento záznam existuje, načte veškeré informace o uživateli.

Další možností je vybrat kategorii pro editaci – Zaměstnanci nebo Směna. Kliknutím na jedno z tlačítek se otevře vždy seznam všech záznamů v dané kategorii. Poté se v seznamu může dále vyhledávat a po vyhledání opět uživatel může otevřít a upravovat veškeré informace vázané k danému zaměstnanci.

Naskenujte osobní číslo zaměstnance

nebo vyberte kategorii

ZAMĚSTNANCI

SMĚNA

Obrázek 14 - Blueprint úvodní obrazovky
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Karta zaměstnance a karta směny

Na kartě zaměstnance (Obrázek 15, vlevo) bude možné manuálně zadat ID náramku, případně toto ID naskenovat přes čárový kód umístěný na samotném náramku. Poté je možné vybrat směnu a pozici z comboboxu. Oba comboboxy jsou automaticky naplňovány daty z databáze.

Karta směny (Obrázek 15, vpravo) naopak obsahuje editovatelné informace o začátku a konci směny. Navíc však obsahuje výběr odpovědné osoby za celou směnu. Do tohoto pole budou importována jména a příjmení z firemního active directory. Je tedy zaručené, že vždy budou v seznamu aktuální zaměstnanci a uživatelé.

Zaměstnanec #101589

ID náramku

Směna

Pozice

STORNO
ULOŽIT

Směna #2

Start

Konec

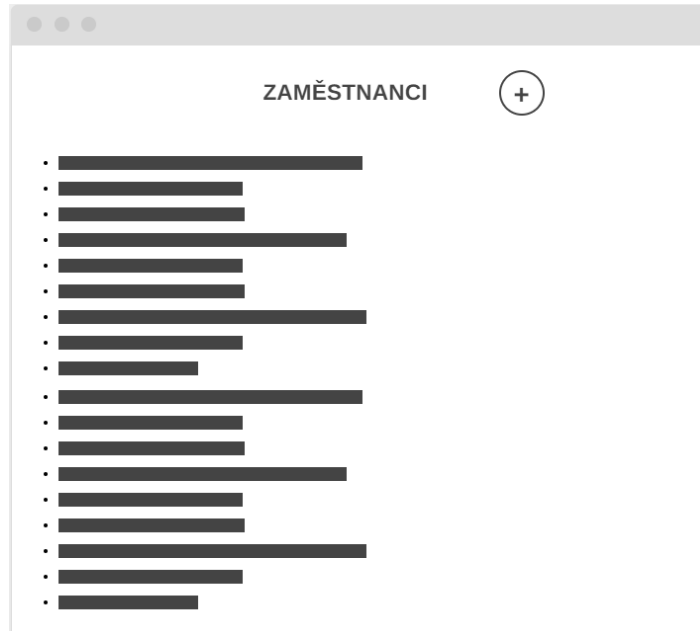
Odpovědná osoba

STORNO
ULOŽIT

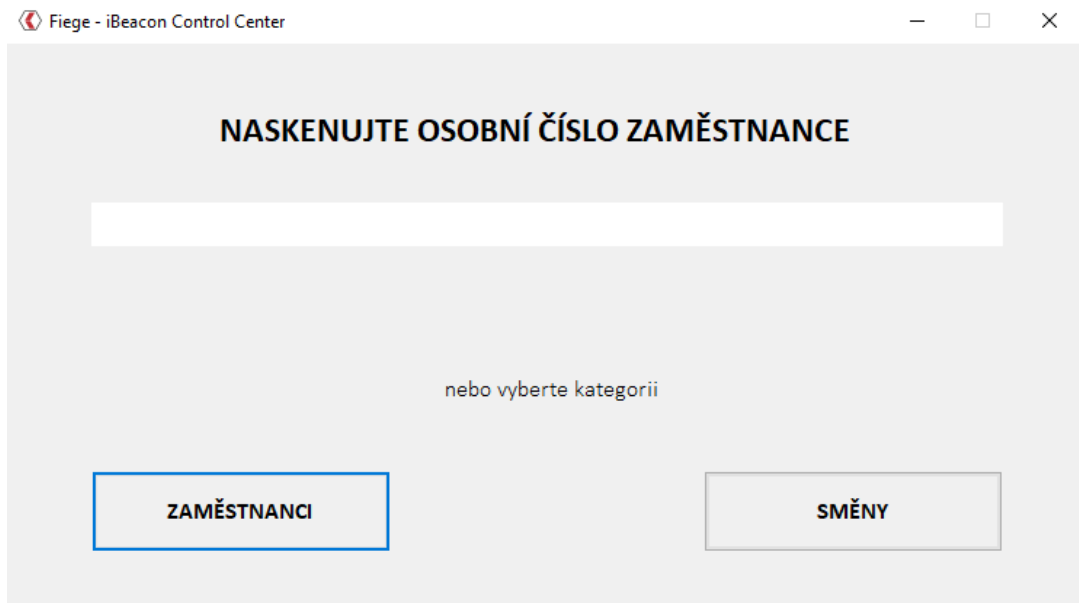
Obrázek 15 - Blueprint karty zaměstnance (vlevo) a karty směny (vpravo)
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Seznam zaměstnanců a směn

Po otevření jedné z kategorií se uživatel dostane na seznam zaměstnanců/směn (Obrázek 16). Po vyhledání a dvojkliku se znovu dostane na kartu dané položky. Zároveň zde může uživatel vytvářet nové záznamy.



Obrázek 16 - Blueprint seznamu zaměstnanců
(Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 17 - Úvodní obrazovka – realizace
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Zaměstnanci

ZAMĚŠTNANCI

Zamestnanec	ID	Směna	Pozice
405512	FZ000001	Ranní	Operátor
405514	FZ000002	Ranní	Operátor
405515	FZ000003	Odpolední	Operátor
406401	FD000004	Ranní	Teamleader

Obrázek 18 - Seznam zaměstnanců – realizace
(Zdroj: Vlastní zpracování)

AddZamestnanec

ZAMĚŠTNANEC

ID náramku S

Směna

Pozice

STORNO **ULOŽIT**

Obrázek 19 - Karta zaměstnance – realizace
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Ukázky již hotové aplikace (Obrázky 17-19).

4.2.1.3 Ověření funkčnosti antény

Dle připravených měření byly verifikovány maximální funkční vzdálenosti iBeacon antény. Dle těchto měření je možné jednoduše vyzkoušet její funkčnost na daném místě.

Instalace byla provedena k nosné konstrukci skladové haly, abychom ji následně mohli napevno ukotvit. Následně bylo provedeno měření, které verifikovalo, že je vše již v pořádku a anténa detekuje správné vzdálenosti v prostoru a je umístěna na strategickém místě tak, aby signál dosahoval k anténě, pokud se uživatel přiblíží.

4.2.1.4 Instalace hardware

Instalace iBeacon antény a počítače včetně boxu byla ponechána specializované firmě. Zároveň byl získán souhlas k úpravě objektu od správy budov Prologis Park. Anténa byla umístěna na nosný sloup pomocí nestínících podložek a vrtáků. Následně byl k těmto zařízením přiveden elektrický proud 230 V. Vše prošlo revizí a bylo zapojeno bez problémů.

Ke zmiňovanému PC byl přiveden LAN kabel, kterým je možno přistupovat do PC vzdáleně a spravovat tak v případě potřeby jeho chod. Zároveň byla na PC zapnuta funkce Wake on LAN, aby byla zajištěna dostupnost PC i v případě, že se uspí nebo dojde k výpadku proudu a následnému vypnutí.

Na tento počítač byl nainstalován operační systém Windows 10 ve verzi LTSC, což znamená, že stanice přijímá pouze bezpečnostní aktualizace a odmítá všechny aktualizace, které přidávají nebo mění funkce. Zároveň tato verze OS umožňuje zcela zakázat aktualizace Windows, a tím zamezit nechtěným restartům a problémům.

4.2.2 Testování systému

Samotné testování probíhalo během dvou týdnů. Bylo nutné dodržet veškeré požadavky a vyzkoušet všechny možné varianty fungování a extrémní případy.

4.2.2.1 První týden testování

V prvním týdnu probíhalo zadávání uživatelů do systému, kdy byla zhodnocena i složitost zadávání a to přes metodu „Focus group“. Během prvotního zorientování uživatele mohla být problémem orientace a nejistota dalšího kroku. Nicméně po prvním zadání bylo uživatelům vše srozumitelnější a zřetelnější. Problém byl podpořen i přidáním ikoněk k ovládacím prvkům aplikace. Zároveň byly v prvním týdnu zadávány informace zaměstnanců do systému a byly přiřazovány náramky. Kompletně bez instrukcí byl zaměstnanec požádán o nošení náramků. Bylo zjištěno, že se během prvního týdne nevyskytla

žádná událost, kdy by zaměstnanec překročil tuto hranici a tak nevyvstal ani problém při nahlašování tohoto zaměstnance. První týden testování byl tímto ukončen.

4.2.2.2 Druhý týden testování

V druhém testovacím týdnu bylo dohodnuto testování všech možných situací a událostí. Nejprve byly nasimulovány přechody zaměstnanců do části skladu, kam nemají mít přístup. Systém následně korektně vyhodnotil tento pohyb a upozornil na něj zvukově. Následně zaslal na vedení skladu informace o zaměstnanci a jeho překročení hranice i s aktuálním časem a vedoucím konkrétní směny. Pokus byl vyhodnocený jako úspěšný.

Následně bylo testováno osazení náramky zaměstnanců, kteří měli mít právo pohybovat se po celém skladu volně. Test měl ověřit, zda systém ignoruje tyto zaměstnance a nijak jim nebrání v pohybu a zbytečně neupozorňuje nadřizené. Tento test byl prováděn s několika náramky, abychom nasimulovali reálný provoz. Systém se opět zachoval, jak jsme předpokládali. Nicméně bylo zjištěno, že pokud vystavíme antény velkému množství náramků v dosahu, nestihne náš software detekovat a zpracovávat informace v reálném čase, ale má mírné zpoždění. Řešením problému by mohla být optimalizace našeho softwaru, případně mírná úprava podmínky v programu. Z největší části byl tento proces zpomalen odesláním notifikačních emailů na vedení, při překročení hranice. Tento jev byl způsoben pouze jednovláknovým zpracováním celého programu, tudíž bylo přidáno do softwaru odesílání těchto emailů asynchronně. Ač bylo s vedením společnosti dohodnuto, že tento stav by neměl nikdy nastat, přesto byl tento problém opraven, abychom předešli možným budoucím problémům.

4.2.2.3 Use case scénáře

Další testování proběhlo pomocí Use case scénářů. Nejprve bylo nutné vytvořit tyto scénáře s ohledem na reálné využití aplikace. Pomocí těchto scénářů jsme následně testovali skutečný postup aplikací. Každý případ užití obsahuje účastníka (rolí), ohraničení a vztahy subjektů. V tomto případě jsou účastníci Uživatel a Aplikace, ohraničení je náš systém zadávání a správy náramků a směn.

Zobrazení zaměstnance přiřazeného k náramku – úspěch

- Uživatel přistoupí do aplikace.
- Aplikace ověří jeho Windows login.
- Aplikace načte úvodní stránku.

- Uživatel naskenuje čárový kód umístěný na náramku.
- Aplikace otevře profil náramku a zobrazí přiřazeného zaměstnance.

Zobrazení zaměstnance přiřazeného k náramku – neúspěch

- Uživatel přistoupí do aplikace.
- Aplikace ověří jeho Windows login.
- Aplikace načte úvodní stránku.
- Uživatel naskenuje čárový kód umístěný na náramku pomocí ručního skeneru.
- Aplikace otevře profil náramku.
- K náramku nejsou přiřazeni žádní zaměstnanci.

Úprava délky konkrétní směny

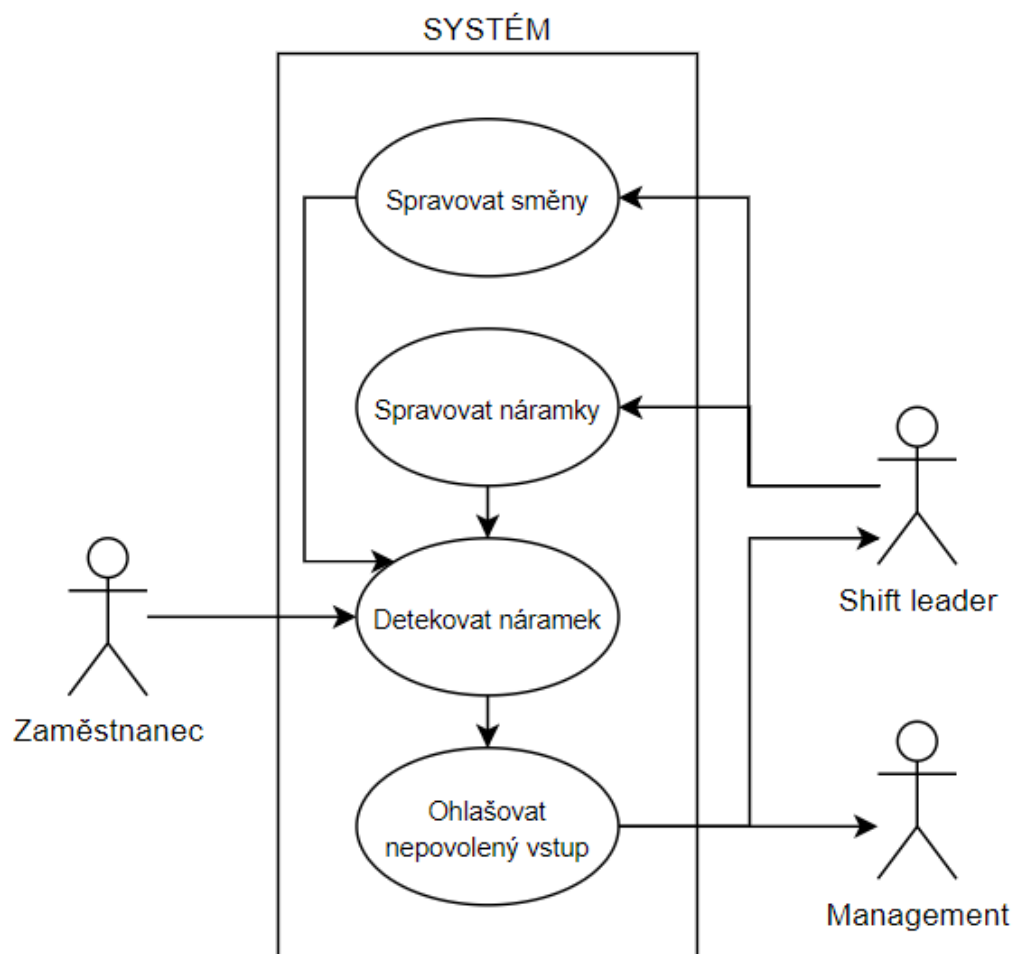
- Uživatel přistoupí do aplikace.
- Aplikace ověří jeho Windows login.
- Aplikace načte úvodní stránku.
- Uživatel zvolí kategorii „Směny“ tlačítkem.
- Aplikace zobrazí seznam směn.
- Uživatel zvolí směnu, kterou chce upravit.
- Aplikace zobrazí formulář s informacemi o směně.
- Uživatel upraví požadované informace.
- Uživatel klikne na tlačítko „Uložit“.
- Aplikace uloží upravené informace do databáze.

Zadání nového náramku do aplikace

- Uživatel přistoupí do aplikace.
- Aplikace ověří jeho Windows login.
- Aplikace načte úvodní stránku.
- Uživatel naskenuje čárový kód umístěný na náramku pomocí ručního skeneru.
- Aplikace rozpozná, že náramek není uložen v databázi.
- Aplikace nabídne zadání nového náramku do aplikace.
- Uživatel zvolí potvrzení zadání.
- Aplikace zobrazí podokno zadání.

- Uživatel vyplní potřebné údaje a klikne na tlačítko „Uložit“.
- Aplikace uloží informace do databáze.

Use Case Diagram (Obrázek 20) zobrazuje chování systému tak, jak ho vidí uživatel. Účelem diagramu je popsat funkcionalitu systému, tedy co od něj klient nebo my očekáváme. Diagram vypovídá o tom, co má systém umět, ale neříká, jak to bude dělat. Use case diagram systému, který bude využit, má tři aktéry. Diagram zobrazuje aktéra Zaměstnanec s náramkem, kterého systém detekuje. Dále systém rozhoduje o povaze náramku, a v případě nepovoleného vstupu ohlašuje tuto skutečnost managementu a shift leaderům. Zároveň tuto skutečnost systém ohlašuje i zvukovou signalizací. Aktér Shift leader má kromě přijímání informací i možnost spravovat náramky zaměstnanců a spravovat směny. Systém následně tyto informace používá pro detekování nepovoleného vstupu.



Obrázek 20 - Use case diagram
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.2.2.4 Nouzový stav

Posledním ověřením tohoto systému byl nouzový stav. Jednoduše je nutné definovat, jak se systém zachová například v případě požáru. Ačkoliv nic fyzicky nebrání zaměstnancům opustit požadovaný prostor, je tu určité riziko, že by zaměstnanci mohli zpanikařit při evakuaci a tak se vystavovat nebezpečí. K tomuto účelu byla vytvořena jednoduchá aplikace, která ihned deaktivuje celý systém a ten již nijak nenotifikuje a nehlásí překročení hranice. V testu nenastaly žádné překážky a tím byl zároveň ukončen celý dvoutýdenní test.

4.2.3 Nasazení systému do provozu

Po provedených testech a dvoutýdenním ověřování funkčnosti byl nasazen celý systém do ostrého provozu.

V první řadě byli vyškoleni všichni zaměstnanci, kteří by mohli přijít do styku s tímto systémem. Školení je rozděleno na dvě části. Jednou z nich je uživatelská, kde bylo pouze vysvětlováno, jak systém zjednodušeně funguje a jak se chová. Tato část byla věnována pouze pro pozici Operátorka, která bude fyzicky nosit náramek a zpracovávat zboží. U těchto zaměstnanců nebyla předpokládána nutnost vysvětlení zadávání uživatele a pokročilé možnosti systému.

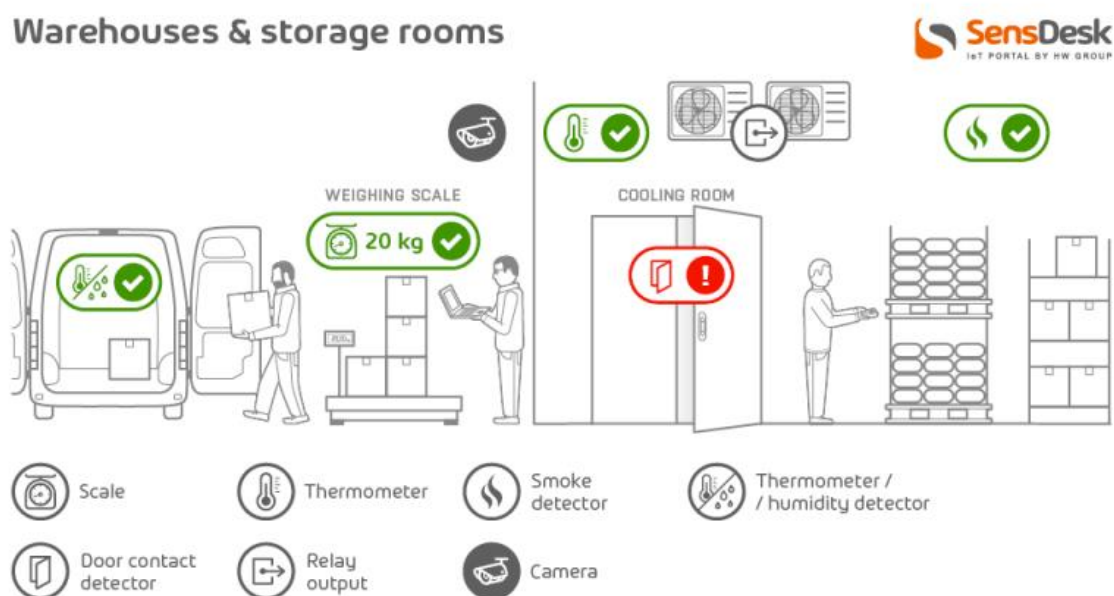
V druhé části, věnované pro shift leadery, team leadery a užší management, bylo rozebráno více fungování našeho systému a jeho správa. Důkladně bylo zaškoleny zadávání pracovníků do databáze a jejich úprava. Zároveň bylo vysvětleno chování systému v krizových situacích a reportování přes email.

Po zaškolení bylo možné systém plně zprovoznit a nechat běžet. Postupně bude nutné chod sledovat a zhodnocovat jeho funkčnost a zvažovat vylepšení.

5 Výsledky a diskuse

Předešlé kapitoly byly zaměřené na analýzu požadavků, návrh, realizaci a následnou implementaci systému. Výsledkem této diplomové práce lze považovat naprogramování s otestováním systému pro kontrolu pohybu a oddělení dvou pracovišť v logistickém skladu. Dle požadavků tato implementace částečně řeší legislativu bezpečnosti práce. Zároveň slouží pro lepší kontrolu pracovníků ve skladu.

Řešení této diplomové práce jsou založené na vývoji vlastních řídicích aplikací ve vývojovém prostředí Visual Studio 2019 za využití programovacího jazyka C#. Jediným dalším nákladem je nákup hardwaru. Konkrétně se jedná o jeden HP počítač ve verzi mini, Bluetooth 4.0 adapter značky Trust a také 20 kusů iBeacon náramků Minew B6.



Obrázek 21 - Komplexní řešení sledování zboží v logistice
(Zdroj: <https://www.hw-group.com/cs/software/sensdesk>)

Jedním z dalších výsledků této diplomové práce bylo porovnání variant nasazení systému na klíč a vlastním řešením. Řešení od dodavatele je obecně komplexnější (Obrázek 21), robustnější, již otestované a funkční. Avšak velká část těchto faktů je vykoupena vysokou cenou, delším časem realizace a eventuálně i pravidelnými poplatky za správu a podporu. Po porovnání bylo zhodnoceno, že nejvhodnější je vlastní řešení a to hlavně díky následujícím aspektům.

Cena a náklady

Pro naše rozhodování byla cena a náklady nejdůležitějším kritériem, jak vyplývá z vícekritériální analýzy variant. Zde je důležité zmínit i náklady na udržení systému v chodu a případnou škálovatelnost.

Doba realizace

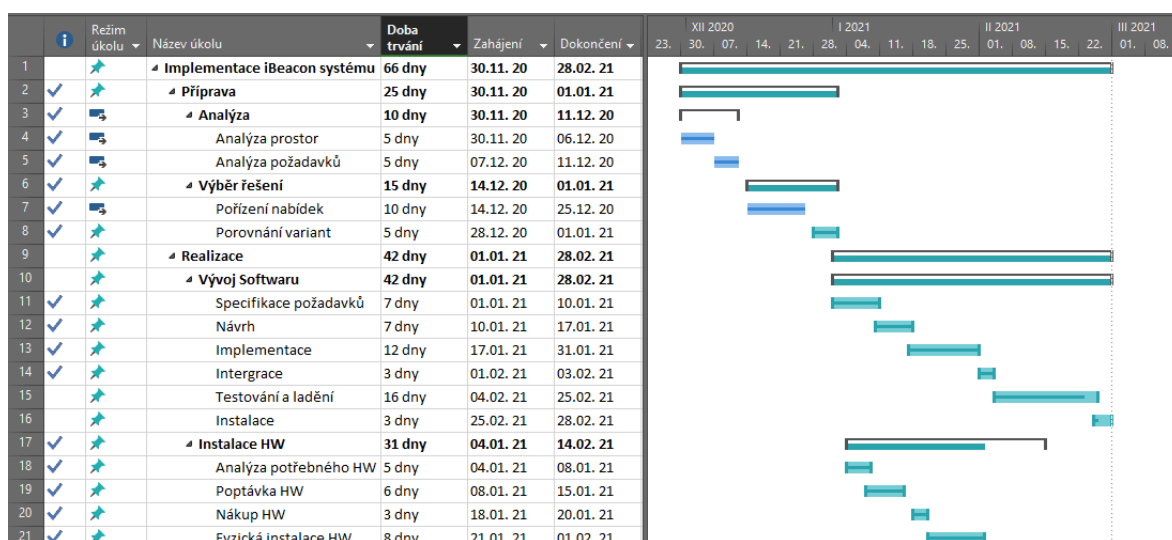
Dalším důležitým aspektem byla rychlá a důkladná realizace projektu. Tato doba je důležitá ze dvou aspektů. Jedním z aspektů bylo dosažení výsledků za krátkou dobu, jelikož se jednalo o pilotní řešení a proto hlavním předmětem bylo otestování technologie a dodání výsledků a použitelnosti na další oblasti logistiky. Druhým aspektem byla omezená kapacita zaměstnanců, kteří na řešení mohou pracovat.

Dopad na zaměstnance

Posledním důležitým kritériem je dopad na zaměstnance. Hodnotíme tím pozitivní přijetí celé technologie a systému zaměstnanci. Pokud by totiž došlo k negativnímu přijetí technologie, je možné, že se zaměstnanci budou následně bránit nasazení další podobné technologie, případně budou i odmítat participaci na vylepšování aktuálního systému. Toto kritérium se dá pouze odhadnout, ale můžeme předejít problémům hlavně pomocí včasného a důkladného testování.

Řešení nasazené pro testování technologie iBeacon bylo ponecháno v provozu. V současné době je využíváno 20 náramků, které kontrolují zaměstnance směn. Management je s tímto řešením spokojeno a je rozhodnuto o rozšíření funkcionality pro sledování zaměstnanců celé skladové haly.

Celý projekt byl zpracován dle časového plánu, který byl vytvořen v MS Project 2016, kde byla také stanovena data dokončení a posloupnost úkolů. Dle Ganttova diagramu (Obrázek 22) je vidět, že příprava začala na konci listopadu roku 2020. Následná realizace probíhala od začátku roku 2021. Vývoj softwaru a instalace hardwaru probíhala najednou a byla dokončena testováním, laděním a následným nasazením systému dne 28. 2. 2021. Harmonogram byl dodržen a nikde nevzniklo žádné zpoždění.



Obrázek 22 - Ganttův diagram projektu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

5.1 Další rozvoj a potenciál technologie

Hlavní motivací této diplomové práce bylo analyzovat a vyhodnotit možnosti technologie iBeacon. Zároveň byla praktická část diplomové práce založena na realizaci systému pro sledování pohybu zaměstnanců. Pro logistickou firmu, kde jsem zaměstnaný, byl tento projekt jedinečný z důvodu dalšího potenciálního využití.

Sledování produktivity

Jedním z hlavních potenciálních využití pro tuto konkrétní logistickou firmu je sledování produktivity zaměstnanců. Produktivita a prostoje jednotlivých skladníků je velmi diskutované téma. V současném stavu nemá management možnost sledovat produktivitu a prostoje těchto zaměstnanců jinak, než fyzicky. Sledování může být problematické i z důvodu většího pracovního nasazení zaměstnanců, pokud jsou pod dohledem nadřízeného. Pokud bychom počítali prostoje u 5 skladníků, což je průměrný počet skladníků na jednu směnu, můžeme uvažovat s prostojem až 1 hodinu denně. Výsledný prostoj všech skladníků je za den až 5 hodin. V jedné směně tedy při průměrné mzdě skladníka trátí firma zhruba 1300 Kč. Ročně je tato částka zhruba 327 000 Kč.

Jedním ze způsobů sledování produktivity a prostojů může být implementace této funkce do logistického systému. Základní funkce sledování časových intervalů mezi konkrétními položkami, které skladník vyzvedává, je již v tomto systému obsažena.

Nicméně toto řešení má nedokonalosti. Skladník může tyto intervaly uměle navyšovat a tak zvyšovat svůj produktivní čas.

Dalším přístupem k této problematice by mohl být právě zmiňovaný standard iBeacon. Pomocí sítě těchto zařízení s náramkem, kterým by byl zaměstnanec vybaven, je umožněno sledování jeho pohybu. Společně s daty z logistického systému bychom následně mohli generovat a analyzovat produktivní čas a prostoje. Zároveň by bylo možné využít tento systém pro hledání slabých míst skladu a vzdáleností, které musí skladník absolvovat. Počáteční investice do tohoto systému by byla vyšší, nicméně teoreticky by mohla znamenat rychlou návratnost, pokud s daty z tohoto systému bude management aktivně pracovat a analyzovat je.

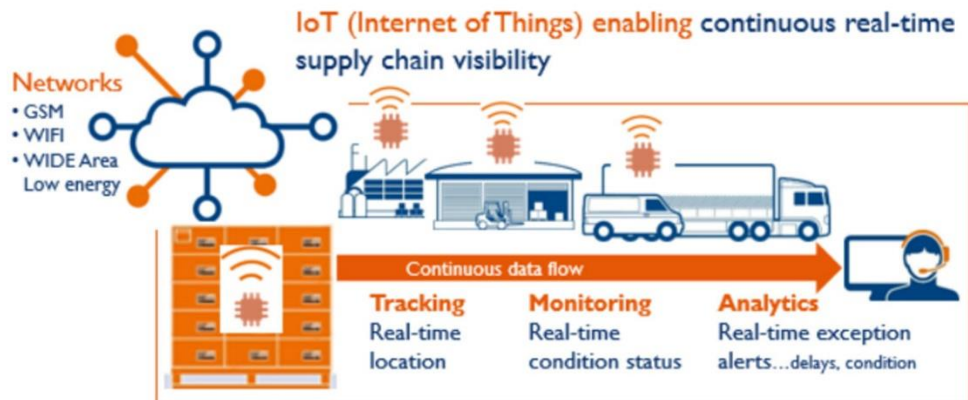
Trackování zboží

Z pohledu uživatele lze inteligentní logistická řešení sledující zboží nasadit poměrně snadno. Malé inteligentní sledovací zařízení napájené z baterie je bezpečně namontováno na kontejner, nákladní automobil nebo vůz přepravující zboží. Jakmile je zařízení připojeno, shromažďuje informace v reálném čase o přesném umístění tohoto zboží v kterémkoli bodě dodavatelského řetězce a bezpečně je přenáší prostřednictvím globální sítě IoT. Informace lze agregovat na webovém portálu nebo je přímo připojit ke stávajícímu logistickému informačnímu systému společnosti.

Úroveň dat, která jsou tato bezdrátová zařízení schopna shromažďovat a organizovat, je opravdu vysoká. Manažer logistického skladu nyní může kdykoli otevřít aplikaci, aby zobrazil aktuální informace o přesné poloze zboží, rychlosti jakou se pohybuje, a odhadované době příjezdu na základě aktuálních cestovních podmínek. A když aktivum dorazí na místo, automatická časová a datová razítka mohou naprosto nahradit skenování čárových kódů.

Pokud některé zboží vyžaduje speciální zacházení nebo kontrolu teploty, lze lokalizační schopnosti spojit s monitorováním podmínek přeprav. Manažer je také upozorněn, pokud se zboží vyskytuje v nežádoucí teplotě nebo obdrží neočekávané vibrace nebo otřesy.

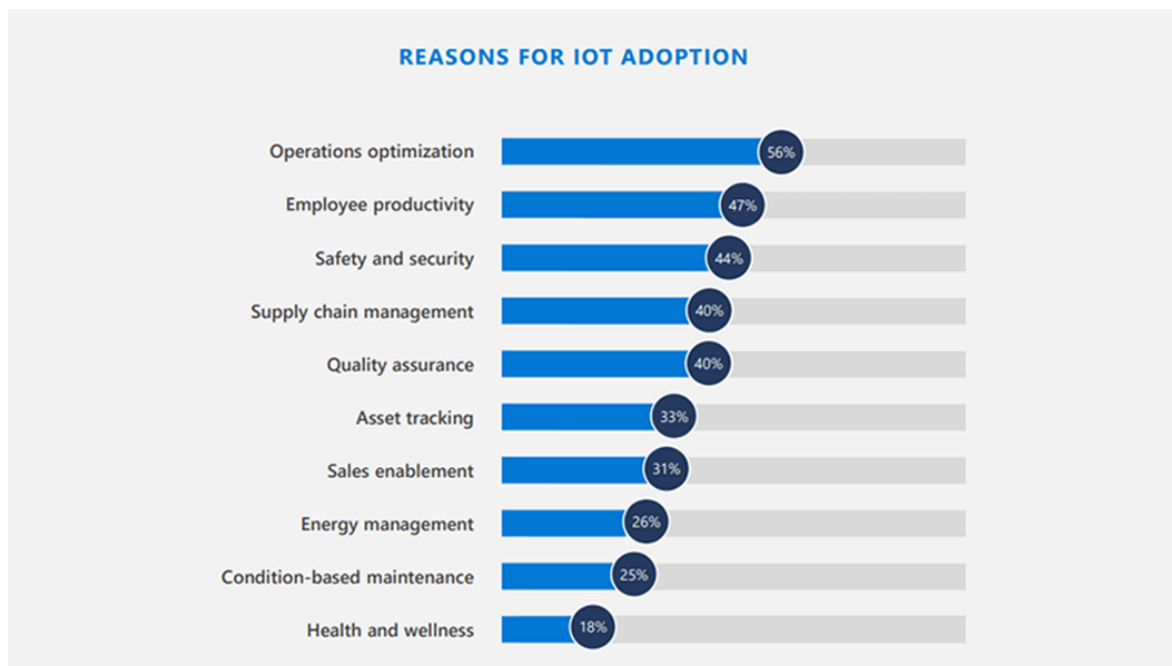
Logistickému skladu je také umožněno sledovat polohu přepravovaného zboží, a zároveň obdrží upozornění v reálném čase, která jej informují o neočekávaných událostech (Obrázek 23). V případě, že nákladní vozidlo přepravující zboží uvízne v provozu nebo bude muset využít objízdnu trasu, aplikace vydá výstrahu, která informuje o zpoždění a poskytne nový odhadovaný čas příjezdu. Podobně, pokud dojde ke zpoždění kontejneru, který cestuje lodí nebo železnicí.



Obrázek 23 - Využití IoT pro sledování přepravovaného zboží
(Zdroj: <https://www.zetes.com/en/technologies-consumables/iot-in-supply-chain>)

Sledování zaměstnanců při práci

S nárůstem internetu věcí ve spotřebitelském světě, kde načítá data s osobními údaji do rostoucího seznamu zařízení, jako jsou chytré telefony, chytré hodinky a domácí asistenční zařízení, se stává hlavním problémem ochrana soukromí.



Obrázek 24 - Důvody pro implementaci IoT řešení
(Zdroj: <https://wire19.com/enterprises-in-phase-of-iot-adoption-microsoft-report/>)

I přes tuto problematiku je jeden z hlavních důvodů implementace IoT řešení právě sledování zaměstnanců. Ať už se jedná o sledování z důvodu produktivity nebo z důvodu zabezpečení pracoviště (Obrázek 24).

Zatímco soukromí pracovníků v pracovním prostředí byla věnována menší pozornost, z mnoha důvodů se předpokládá, že v příštích letech propuknou velké změny v oblasti ochrany soukromí v IoT. Mnoho společností vkládá senzory sledování do pracovního oblečení zaměstnanců. Tyto senzory jsou velmi pokročilé a dokážou detekovat několik věcí.

- Škodlivé plyny.
- Zdraví zaměstnanců.
- Fyzicky sledovat zaměstnance.

S těmito výhodami existují také některé nevýhody. Zaměstnavatelé mohou také pomocí těchto zařízení provádět negativní závěry a zpochybňovat výkon zaměstnanců. Předpokládá se, že zaměstnavatelé využijí data shromážděná ze zařízení IoT ke zlepšení jejich správy a dalších aspektů pracovního prostředí. Na druhou stranu zaměstnavatelé musí tyto údaje sami analyzovat, aby se vyhnuli nevhodnému vyhodnocení.

Společnosti nebo vývojáři softwaru pro monitorování zaměstnanců by měli mít tyto negativní aspekty na paměti, aby se vyhnuli nárokům zaměstnanců na ochranu osobních údajů. Doporučují se následující kroky.

- Předem nahlásit podmínky ochrany osobních údajů. Většina společností poskytuje oznámení nebo soubor zásad týkajících se podmínek ochrany osobních údajů již při podpisu pracovní smlouvy
- Kompletovat pouze data, která jsou užitečná. Je zcela přirozené chtít co nejvíce informací za účelem zvýšení efektivity pracoviště. Propracovanější údaje vedou k lepšímu hodnocení zlepšení. Obrovská data však také vedou k problematickým právním situacím.
- Uvést jak dlouho se budou data uchovávat. Udržování citlivých údajů o zaměstnancích po delší dobu může být problematické.

6 Závěr

Diplomová práce se zabývala problematikou analýzy a nasazením technologie iBeacon do logistického procesu. V následujících odstavcích byly zhodnoceny výsledky cílů a věcně popsány veškeré metody pro jejich získání.

Teoretická část charakterizovala problematiku bezdrátové lokalizační technologie zaměřené na sledování objektů a osob. Následně proběhla analýza problematiky nasazení a fungování technologie BLE (Bluetooth Low Energy). Zároveň popsala metody zpracování lokalizačních dat a analyzovala dostupné možnosti těchto technologií.

Hlavním informačním zdrojem pro vývoj aplikací byla použita kniha *Building Applications with iBeacon* od Matthewa Gasta, kde byly definovány postupy při tvorbě aplikace pro lokační zařízení a její chování. V diplomové práci bylo vypracováno řešení, které se zaměřuje na detekci náramků a rozhodování dle jejich vzdálenosti.

Pro rozhodování bylo zapotřebí poptat 3 nabídky iBeacon systému u dodavatelů těchto řešení. První firmou, která byla vybrána do užšího výběru, byla firma Estimote, která měla velký počet referencí. Druhé řešení bylo vybráno od firmy Kontakt.io, kde došlo k poptání jejich základního řešení. Jako poslední bylo nabídnuto mé vlastní řešení, které bylo realizováno nákupem hardwaru a naprogramování aplikace pro správu a řízení technologie iBeacon. Následně byla provedena vícekriteriální analýza variant, kde jsme z vybraných možností zvolili dle vah kritérií tu nejvhodnější. Dle výsledků vícekriteriální analýzy variant bylo rozhodnuto, že nejvhodnější varianta vzhledem k zadaným kritériím bylo vlastní řešení.

V praktické části byly analyzovány kladené požadavky na systém a následně došlo k návrhu a vývoji dvou aplikací. První z nich se zabývala samotným řízením provozu v okolí antény. Druhá byla vyvinuta pro správu a zadávání iBeacon náramků a pracovních směn. Pro obě aplikace byl využit vodopádový model vývoje a to s ohledem na osobní preferenci tohoto řešení. U aplikace pro správu náramků, která měla uživatelské rozhraní, bylo použito metody „Focus group“ pro uživatelské testování. Dle tohoto testování bylo zjištěno, že by uživatelé pozitivně přijali implementaci ikon do aplikace pro lepší orientaci a ovládání. Tato funkcionality byla doplněna.

Následně proběhlo dvoutýdenní testování, kdy byl v prvním týdnu testován běžný provoz, během něhož nebyl zjištěn žádný nedostatek systému. V druhém týdnu probíhaly na pracovišti zátěžové testy. Během nich byly zjištěny nedokonalosti systému. Hlavním z nich byl jedno-vláknový proces, který zpracovával odesílání informací emailem. V případě vysokého počtu těchto požadavků docházelo ke snížení rychlosti zpracování odesílání emailů

a i případnému pádu. Řešením tohoto problému bylo přidání asynchronního zpracování tohoto procesu.

Následně byl celý systém předán do produkčního provozu. Se zaměstnanci, kteří budou se systémem pracovat, byl absolvován kurz používání a vysvětleno, jakým způsobem celý systém funguje.

Hlavních i dílčích cílů bylo dosaženo pomocí metodiky uvedené v zadání diplomové práce. Přínosem této práce je pokročilá analýza využití nízkoenergetických lokačních zařízení, která byla doložena i testovacím nasazením systému založeném na technologii iBeacon. Řešení bylo implementováno v logistickém skladu, které přispělo ke zlepšení procesů. Konkrétně se jedná o virtuální oddělení dvou fyzických prostorů, které následně dovoluje lepší kontrolu nad pohybem zaměstnanců a zároveň redukuje náklady spojené s ochrannými pracovními pomůckami.

7 Seznam použitých zdrojů

Bartlett, David. 2013. *Essentials of Positioning and Location Technology*. Cambridge University Press, 2013. 110700621X.

Blokdyk, Gerardus. 2018. *iBeacons and Bluetooth Beacons Third Edition*. 5STARCOoks, 2018. 9780655338611.

BOZP, BOZP. 2018. BOZP. *BOZP*. [Online] 2018. [Citace: 22. Listopad 2020.] <https://www.bozp.cz/aktuality/bezpecnost-prace-ve-skladu/>.

Buyya, Rajkumar. 2016. *Internet of Things: Principles and Paradigms*. Morgan Kaufmann, 2016. 012805395X.

Digitium. 2020. Digitium - How Does IoT Data Collection Work? *Digitium*. [Online] 2020. [Citace: 12. Březen 2021.] <https://www.digitium.com/iot-data-collection/>.

Enertiv. 2020. Enertiv - What is IoT Data Collection? *Enertiv*. [Online] 2020. [Citace: 26. Únor 2021.] <https://www.enertiv.com/resources/faq/what-is-iot-data-collection>.

Gast, Matthew. 2014. *Building Applications with iBeacon: Proximity and Location Services with Bluetooth Low Energy*. O'Reilly Media, 2014. 1491904577.

Chandler, Amy. 2020. Adelaidezoo. *Adelaidezoo*. [Online] 2020. [Citace: 20. Prosinec 2020.] <https://www.adelaidezoo.com.au/adelaide-zoo-first-zoo-australia-roll-ibeacon-technology/>.

Junnila, Anni. 2018. Trackinno. *Trackinno*. [Online] 2018. [Citace: 3. Leden 2021.] <https://trackinno.com/2018/07/06/how-iot-works-part-3-data-processing/>.

Junnila, Anni. 2018. Trackinno. *Trackinno*. [Online] 2018. [Citace: 3. Leden 2021.] <https://trackinno.com/2018/08/09/how-iot-works-part-4-user-interface/>.

Lipartiã, Vladimir. 2020. Lifewire. *Lifewire*. [Online] 2020. [Citace: 17. Únor 2021.] <https://www.lifewire.com/ultra-wide-band-817953>.

McClelland, Calum. 2016. How Does an IoT System Actually Work? *Leverage*. [Online] 2016. [Citace: 14. 1 2021.] <https://www.leverage.com/blogpost/iot-explained-how-does-an-iot-system-actually-work>.

McClelland, Calum. 2019. IoTforall. *IoTforall*. [Online] 2019. [Citace: 20. Březen 2021.] <https://www.iotforall.com/connecting-the-internet-of-things>.

Rushton, Alan. 2017. *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain*. Kogan Page, 2017. 074947677X.

Sladden, Darryl. 2017. *Connected Mobile Experiences and Location Based Services: Understanding Indoor and Outdoor Location Technologies Using Wifi, Ble, Ibeacon and Other Sensors (Networking Technology)*. Cisco Systems, 2017. 1587144697.

Smart Tec, Smart Tec. 2016. Smart-tec. *Smart-tec*. [Online] 2016. [Citace: 8. Leden 2021.] <https://www.smart-tec.com/cs/auto-id-svet/technologie-rfid>.

Statler, Stephen. 2016. *Beacon Technologies: The Hitchhiker's Guide to the Beacosystem*. místo neznámé : Apress, 2016. 978-1484218884.

Tech Terms, Tech Terms. 2017. Tech Terms. *Tech Terms*. [Online] 2017. [Citace: 3. Listopad 2020.] <https://techterms.com/definition/wlan>.

O'Keefe, B., 2017. *Finding Location with Time of Arrival and Time Difference of Arrival Techniques*. [Online] 2020. [Citace 15 Listopad 2020]. https://sites.tufts.edu/eesenior/designhandbook/files/2017/05/FireBrick_OKeefe_F1.pdf

Ubitel, 2019. *Systémy pro určení polohy v reálném čase*. [Online] 2018 [Citace 4 Listopad 2020]. Dostupné z: <http://www.ubitel.ru/rtls/>