

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Bakalářská práce

Skladové hospodářství pomocí RFID a RaspberryPi

Místo této strany bude
zadání práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 13. dubna 2017

Jan Kohlíček

Abstract

The text of the abstract (in English). It contains the English translation of the thesis title and a short description of the thesis.

Abstrakt

Text abstraktu (česky). Obsahuje krátkou anotaci (cca 10 řádek) v češtině. Budete ji potřebovat i při vyplňování údajů o bakalářské práci ve STAGu. Český i anglický abstrakt by měly být na stejné stránce a měly by si obsahem co možná nejvíce odpovídat (samozřejmě není možný doslovný překlad!).

Obsah

1	Úvod	8
2	Skladové hospodářství	9
2.1	Současný skladový systém	9
2.2	Skladový systém s RFID	9
2.2.1	Rychlé načtení údajů	9
2.2.2	Odstranění chyb obsluhy	9
2.2.3	Zápis údajů o zboží během celého logistického pohybu	10
2.2.4	Přesná evidence spotřebitelských jednotek	10
2.2.5	Odolnost RFID čipů	10
2.2.6	Optimalizace skladových zásob	10
2.3	Popis systému RFID-RMS	11
2.3.1	Sběr dat	11
2.3.2	Sledování	12
2.3.3	Řízení	13
3	Popis zařízení	14
3.1	Raspberry Pi	14
3.1.1	GPIO	14
3.1.2	Operační systémy	15
3.2	RFID	16
3.2.1	Základní princip	16
3.2.2	Forma tagu	16
3.2.3	Frekvenční pásma	17
3.2.4	Zdroje napájení	18
3.2.5	Čtečka	19
4	Návrh řešení	20
4.1	Komunikace	20
4.1.1	MQTT	20
4.1.2	REST API	20
4.2	Databáze	20
4.2.1	MongoDB	20
4.2.2	Modely	20

5	Server	21
5.1	Platforma	21
5.2	Autorizace	21
5.2.1	MQTT	21
5.2.2	API	21
5.3	Použité knihovny	21
5.3.1	Mosca	21
5.3.2	Restify	21
5.3.3	Mongoose	21
5.3.4	Bunyan	21
5.3.5	Swagger	21
5.3.6	Passport	21
5.3.7	Swagger	21
6	Čtečka RFID	22
6.1	Sestavení	22
6.2	Platforma	22
6.3	Komunikace	22
6.4	Použité knihovny	22
6.4.1	RPi.GPIO	22
6.4.2	RC522	22
6.4.3	Eclipse Paho	22
6.4.4	SPI-Py	22
7	Mobilní aplikace	23
7.1	Platforma	23
7.2	Komunikace	23
7.3	Použité knihovny	23
7.3.1	Retrofit	23
7.3.2	Butter Knife	23
8	Testování a zhodnocení výsledků	24
9	Možnosti rozšíření	25
10	Závěr	26
	Literatura	28
	Postup nasazení	29
	Uživatelský manuál	30

1 Úvod

2 Skladové hospodářství

Skladové hospodářství je nedílnou součástí logistického systému. Sklady mají za úkol přijímat zásoby, uchovávat a vydávat je a provádět potřebné skladové manipulace. Skladové hospodářství má v podnicích návaznost na téměř všechny ostatní úseky. Hlavním úkolem skladu je ekonomické sladění rozdílně dimenzovaných toků v podniku, a to tak, aby bylo dosaženo synergického efektu.[4]

2.1 Současný skladový systém

Pod tímto pojmem si můžeme představit systém pro evidenci skladu resp. skladovaných zásob (příjem a výdej materiálu), systém pro účtování zásob a jejich objednávek nebo systém pro inventarizaci. Můžeme tedy říci, že skladový systém je systém pro správu ekonomických operací nad skladem.[3]

2.2 Skladový systém s RFID

2.2.1 Rychlé načtení údajů

RFID čip má oproti etiketě s čárovým kódem dvě hlavní výhody - rychlost čtení a nepřímou viditelnost čtecího zařízení na čip. Současné standardy UHF RFID čipů umožňují načíst najednou až 1000 čipů za sekundu, tato hodnota se však s příchodem novějších a výkonnějších zařízení bude zvyšovat. RFID čtecí zařízení nepotřebuje mít přímou viditelnost na jednotlivé čipy, čtení i zápis probíhá bezdrátově a to do vzdálenosti cca 15 m u pasivních čipů a až 100 m u aktivních čipů.[2]

Například paletový přepravník tak může projet celým RFID čtecím portálem a v jeden čas dojde k současnému načtení všech čipů na paletě, tím se dosáhne zrychlení procesu příjmu, výdeje, přesunu a inventarizace produktu.[2]

2.2.2 Odstranění chyb obsluhy

RFID čipy společně se čtecím zařízením vylučují možnost vzniku chyby obsluhy, které vzniknou například tím, že obsluha načte pouze část čárových kódů na paletě.[2]

2.2.3 Zápis údajů o zboží během celého logistického pohybu

RFID čip má oproti etiketě s čárovým kódem hlavní výhodu v tom, že do čipu lze informace i zapisovat a nejenom číst, jak je to v případě čárového kódu. Tato vlastnost bude v budoucnosti klíčová a rozhodne v mnoha odvětvích pro úplnou náhradu čárového kódu RFID čipem. Do čipu lze navíc informace zapisovat a měnit opakovaně, lze takto do každého produktu zapsat datum výroby a poté také připsat jednotlivé logistické zápisy, které vznikají po celou dobu cesty produktu.[2]

2.2.4 Přesná evidence spotřebitelských jednotek

V současnosti při samotném logistickém procesu obsluha načte čárový kód palety, ale již není schopna ověřit, zda je na paletě správný počet kartónů a správný počet produktů. Jediným řešením by bylo paletu rozebrat a postupně načíst všechny čárové kódy. RFID čtecí portál však načte najednou všechny RFID čipy na paletě nalezené. Navíc dle typu čipu dokáže vyhodnotit počet RFID čipů kartónů i počet RFID čipů samotných produktů.[2]

2.2.5 Odolnost RFID čipů

Etiketa s čárovým kódem podléhá teplotním a povětrnostním vlivům a následně dochází k poškození etikety. Je tomu hlavně proto, že je nutné etikety s čárovým kódem umisťovat tak, aby je bylo možné načíst čtecím zařízením a tudíž zvenku. RFID čip je umístěn uvnitř produktu nebo balení a tím je odolný jak proti teplotě, vodě i povětrnosti. V současné době na trhu již existují RFID čipy, které navíc mohou obsahovat čidla - například pro měření vlhkosti nebo teploty. [2]

2.2.6 Optimalizace skladových zásob

Představme si tak obvyklou záležitost, jakou je příjem materiálu (zboží) a jeho naskladnění. Tato operace dnes probíhá v mnoha společnostech po jednotlivých kusech (logistických jednotkách), a tak se také informace dostávají do informačního systému (se zpožděním). Celá došlá zásilka je načtena RFID čtečkami během několika sekund a tato informace (násobně větší objem) se přenáší do informačního systému, který dosud nebyl na tento způsob zpracování informací připraven. Výsledkem tohoto naskladnění je okamžitá informace o stavu našeho skladu, a dramatické zrychlení jejího získání. Vybavíme-li stejnou technologii také výrobu ve společnosti, získáme

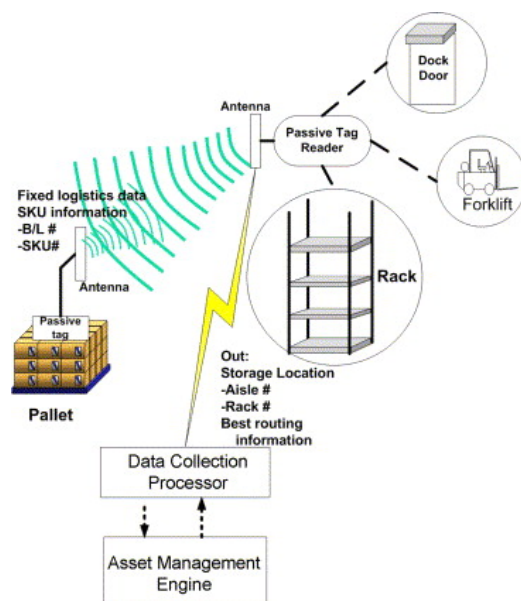
tak stejné informace z jednotlivých částí výroby (stav výroby, průběžné zásoby na pracovišti). Dramatické zrychlení sběru informací v rámci logistiky (výroby) umožňuje daleko lepší plánování zásob společnosti. Pokud máme plán výroby a stavy zásob, tak zásoby, které máme na skladě můžeme odpovědně řídit ne z hlediska Q (množství), ale z hlediska T (času). Tím se zcela zásadním způsobem zjednodušuje systém predikce objednávek a otevírá se velký prostor pro optimalizaci skladových zásob - úspory na vázaném kapitálu.[2]

2.3 Popis systému RFID-RMS

Systém RFID-RMS se používá pro poskytovatele logistických služeb ke zlepšení skladových operací pomocí sledování a optimalizace využitých zdrojů. RFID-RMS využívá mobilní technologie k přesnému určení lokalizace, sledování a řízení zdrojů v prostředí skladu. Architektura systému RFID-RMS se skládá ze dvou částí, které přispívají k rozhodovacímu procesu v oblasti řízení zdrojů. První část je **frontend**, obsahující dva moduly pro sběr dat, a to modul pevných logistických dat a modul proměnných logistických dat. Tyto dva moduly obsahují dva různé typy RFID tagů pro ulehčení přenosu a ukládání logistických dat. Druhá část je **backend**, který obsahuje modul sledování zdrojů, modul řízení zdrojů a datového úložiště. Primární funkcí této části je provádět řízení zdrojů, sledování zdrojů, hodnotit využití zdrojů, výběr nejvhodnější trasy, údržba a kontrola provozu.[1]

2.3.1 Sběr dat

Modul pevných logistických dat používá nízkoúrovňové radiové signály pro výměnu dat mezi pasivními tagy a čtečkou. Pasivní tag se skládá z integrovaného obvodu pro uložení identity položek a dalších informací. Jak je znázorněno na obrázku 2.1, pasivní značka je připojena na položky, jako jsou palety, obaly atd. Čtečky tagů s pevnou pozicí antén jsou namontovány do konstrukce jako jsou dveře, vstupní brána nebo integrované do vysokozdvizných vozíků a ostatního vybavení. Obsahuje-li více antén, dokáží v rámci svého rozsahu najednou rozpoznat a číst stovky tagů. Dále budou přijaté signály dekodovány na data a dál poslány pomocí datového připojení k serveru, na kterém běží obchodní logika. Výměna dat mezi čtečkou a řízením zdrojů je zprostředkována prostřednictvím bezdrátové sítě LAN.[1]

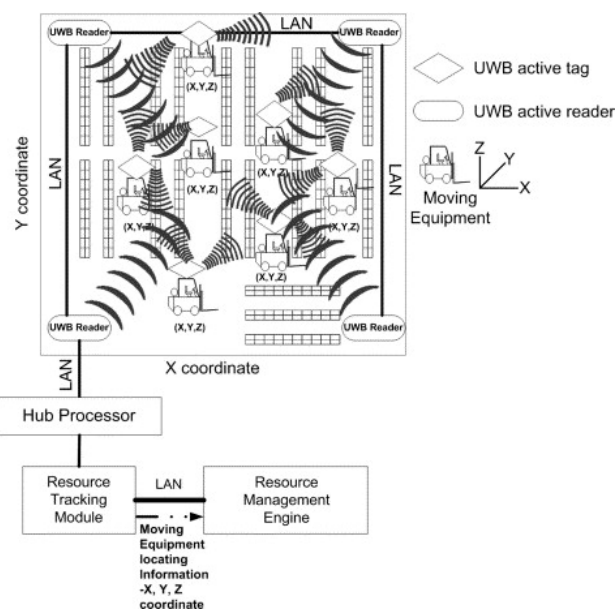


Obrázek 2.1: Modul proměnných logistických dat[1]

K modulu proměnných logistických dat se vztahují ultra-širokopásmové technologie (UWB), které definují přenos proměnných logistických dat mezi čtečkou a tagem, jak je znázorněno na obrázku 2.2. Tento modul obsahuje kolekci aktivních tagů, čtyři čtečky UWB a Hub procesor pro sledování polohy zdrojů. UWB aktivní tagy se skládají z interní baterie a krátkého impulsového vysílače umožňujícího vysílat na mnohem delší vzdálenost. Tag vydá krátkodobý pulzní signál několikrát za sekundu. UWB čtečky přijímají signály a posílají je do Hub procesoru. S logickým nastavením triangulace rozdílného čtení UWB čteček lze vypočítat přesné (x, y, z) souřadnice aktivního tagu. Přitom je koordinace zdrojů ve skladu přesně vypočítaná. Takové koordinace zdrojů budou předány sledovacímu modulu zdroje pro následné zpracování.[1]

2.3.2 Sledování

Modul sledování zdrojů je server, který uloží všechny údaje aktivních tagů a poskytuje výkonné prostředí pro manipulaci s daty, filtruje a předává veškeré užitečné údaje řízení zdrojů pro formulování obchodní logiky a rozhodování. To je základem pro řízení zdrojů pro provádění činností včetně řízení zdrojů, plánování zdrojů, využívání a měření výkonnosti. Kromě výše uvedených funkcí, modul sledování je schopen převést data UWB na (x, y, z) souřadnice, které pak poskytují v reálném čase vizuální zobrazení přesného umístění zdroje na mapě skladu.[1]



Obrázek 2.2: Modul proměnných logistických dat[1]

2.3.3 Řízení

Modul řízení zdrojů zpracovává data z aktivních tagů v reálném čase. Na základě těchto informací hledá optimální trasu a délku cesty k vyzvednutí zdrojů každým potenciálním manipulačním zařízením. V důsledku toho je vybráno zařízení nejvhodnější pro provedení úkolu.[1]

3 Popis zařízení

3.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi (RPi) je řada malých jedno deskových počítačů, vyvíjená ve Velké Británii.

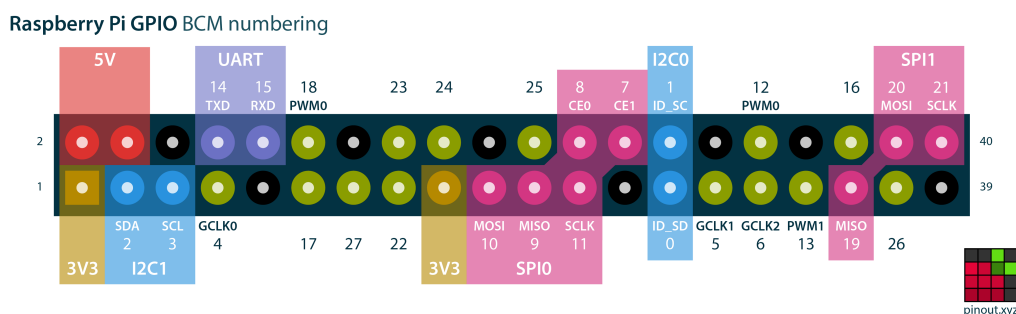
Pro tento projekt se použije Raspberry Pi 2 Model B, číslovka v názvu určuje generaci a model B značí osazení Ethernetovým portem na rozdíl od modelu A. RPi má procesor Broadcom BCM2836 ARM Cortex-A7 Quad Core 700 MHz lze přetaktovat na 900 MHz, 1GB RAM, 4x USB 2.0, HDMI, 4-pólový jack a již zmiňovaný 10/100 Ethernet. Přenosová rychlost ethernetu je velmi omezená, protože je napojený na USB řadič.

V slotu MicroSDHC musí být microSD karta, protože zní se musí nabootovat operační systém.

Na desce jsou ještě umístěny 2 řady pinů, takzvané GPIO viz. obrázek 3.2. PŘi neobsahuje RTC (Real Time Clock), získávání aktuálního času se řeší pomocí NTP (Network Time Protocol).

3.1.1 GPIO

GPIO (General Purpose Input/Output) je 40 pinů umístěných na desce ve dvou řadách. Číslování pinů je dvojího typu BCM a BOARD, u BCM se počítají jen nastavitelné piny, když to u BOARD se počítají všechny. Mezi nenastavitelné piny patří napájení 5V (**červená**), napájení 3V3 (**oranžová**) a zem (**černá**) viz. obrázek 3.2 .



Obrázek 3.1: Schéma GPIO

3.1.2 Operační systémy

Raspbian

Raspbian je operační systém založený na linuxové distribuci **Debian** a optimalizován pro hardware **Raspberry Pi**. Systém je vydáván ve dvou verzích **Pixel** a **Lite**, verze **Pixel** obsahuje navíc **GUI** a balíčky pro vývoj, což se promítlo na celkové velikost 4GB oproti **Lite** verzi s 1,5 GB. Pro většinu hlavních programujících jazyků je k dispozici knihovna pro ovládání **GPIO**.

Windows 10 IoT Core

Verze **Windows 10 IoT Core** je určena pro minipočítače typu **Raspberry Pi**. Systém je v raném vývoji a je na stránkách Microsoftu k dispozici zdarma.

Systém nemá uživatelské rozhraní. Spravuje se přes webové rozhraní nebo **Powershell** nebo na něm běží aplikace, která uživatelské rozhraní může mít. Spustit lze pouze **Universal Windows Platform (UWP)** aplikace, které je možné psát v **c#, c/c++, Pythonu, Node.js** a **javascriptu**. Pro vývoj a nahrání **UWP** aplikace je zapotřebí mít **Visual Studio 2015**.

3.2 RFID

RFID představuje technologii identifikace pomocí radiofrekvenčních vln. Jedná se v podstatě o generaci identifikátorů navržených (nejen) k identifikaci zboží, navazujících na systém čárových kódů. Identifikace a dohledatelnost je možná celosvětově, a to při dodržení standardu dat **EPC Global** a s využitím internetového rozhraní **EPC Global Network**. EPC o délce 96 bitů nabízí dostatečný číselný prostor 268 milionům výrobců produkujícím každý 16 milionů druhů výrobků (tříd), přičemž v každé třídě je prostor pro 68 miliard sériových čísel.[2]

3.2.1 Základní princip

Technologie RFID pracuje na principu radaru. **Transpondéry (tagy)** mohou být jak aktivní, tak pasivní. Čtečka nejprve vysílá na svém nosném kmitočtu **elektromagnetickou vlnu**, která je přijata anténou pasivního **transpondéru**. Indukované **napětí** vyvolá elektrický proud, který je usměrněn a nabíjí **kondenzátor** v **transpondéru**. Uložená energie je použita pro napájení **logických a rádiových obvodů** transpondéru. Když **napětí** na **kondenzátoru** dosáhne minimální potřebné úrovně, spustí se **logický automat** či **mikroprocesor** a **transpondér** začne odesílat odpověď čtečce. Vysílání **transpondéru** je realizováno zpravidla pomocí dvoustavové **ASK (Amplitude Shifting Key)** modulace, která je realizována změnou zakončovací impedance antény **transpondéru**. Odrazy, které vznikají změnou **impedance** antény, jsou detekovány čtečkou do **binární** podoby. Řízení komunikace a jednotlivých stavů komunikačního řetězce je definováno příslušnou **ISO normou**. [2]

3.2.2 Forma tagu

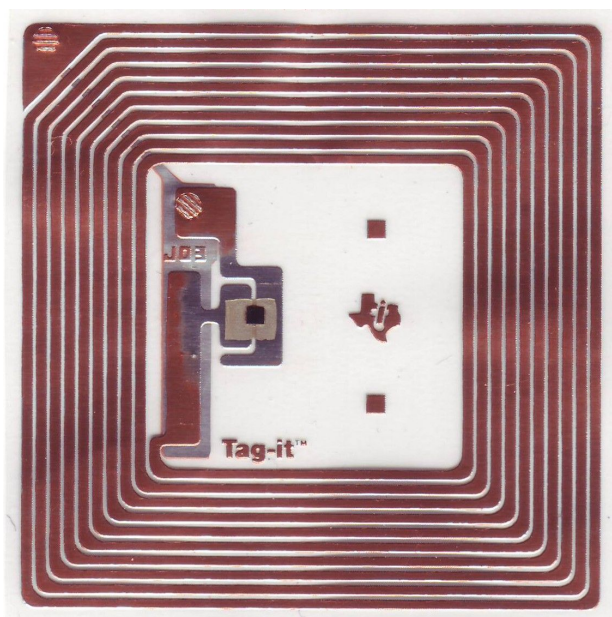
RFID **tag** - paměťový **radiofrekvenční** čip nesoucí datovou informaci, který komunikuje bezkontaktně a bez přímé viditelnosti se snímačem - nejčastěji v podobě etikety nebo štítku. Provedení (tvar, rozměry, materiál) se mohou velmi lišit dle požadavků aplikace. **RFID tag** se skládá z vlastního čipu, antény, propojení a zapouzdření, případně baterie. Čip definuje kapacitu a typ **RFID tagu**, anténa stanovuje kvalitu příjmu a odesílání **radiofrekvenčního** signálu, zapouzdření ovlivňuje možnost použití v různých prostředích a životnost tagu.[2]

RFID Smart label - čip je umístěn na po tisknutelné etiketě s možností dalších informací (text, čárový kód) viz. obrázek 3.2

RFID wristband - náramek na ruku obsahující RFID čip, využití ve zdravotnictví k identifikaci osob.

RFID karta - čip může být zapouzdřen do plastové karty nebo předmětu typu klíčenky – např. k využití v platebních a docházkových systémech.

RFID inlay - zabudování čipu přímo do produktu, v případě kovového výrobku možnost oddělující vrstvy kvůli rušení.



Obrázek 3.2: Pasivní HF RFID

3.2.3 Frekvenční pásma

Systémy RFID pracují s různými frekvencemi, která ovlivňuje rychlost čtení a zápisu, dosah signálu a prostor pokrytí atd. Více informací v tabulce 3.1

Frekvence	Dosah	Popis
Nízká frekvence (LF) 125–134 kHz	0,5 m	krátký dosah, velká anténa, pouze pro čtení, nízká přenosová rychlost, kovy a kapaliny nevadí
Vysoká frekvence (HF) 13,56 MHz	1 m	krátký dosah, velká anténa, pouze pro čtení, kapaliny znesnadňují čtení
Velmi vysoká frekvence (UHF) 860-930 MHz	3 m	možnost číst i zapisovat, vysoká přenosová rychlost, nelze číst přes kapaliny
Mikrovlnná frekvence (MW) 2,54 a 5,8 GHz	10 m	možnost číst i zapisovat, vysoká přenosová rychlost, kapaliny a kovy příliš nevadí

Tabulka 3.1: Frekvenční pásma RFID

3.2.4 Zdroje napájení

Čipy (**tagy**) se dělí na aktivní a pasivní podle toho, zda je možné informace z nich nejen číst (pasivní), ale i do nich zapisovat (aktivní). Aktivní jednotky pak musí disponovat vlastním zdrojem energie; ten obstarává miniaturní baterie. Jejich paměť pro zápis může dosahovat až 1 MB.[2]

Pasivní

Pasivní zdroje jsou nejrozšířenější, nemají vlastní baterii, napájeny jsou polem snímače. Ten periodicky vysílá pulsy prostřednictvím antény do prostoru, čip využije přijímaný signál k nabití svého napájecího **kondenzátoru** a vyšle odpověď. Pasivní tagy mají různou vzdálenost čtení od 0,5 m do 10 m, dlouhou životnost čipu a používají metodu **RTF (reader talk first)**. V současné době jsou nejvíce rozšířeny pasivní čipy a to zejména kvůli své nenáročnosti na obsluhu a odolnosti, velikost paměti 64-256 bitů.[2]

Aktivní

Aktivní zdroje mají vlastní baterii, jsou schopny vyslat svoji identifikaci. Používají se méně často než pasivní systém RFID. Jsou složitější, obsahují

navíc i zdroj napájení a jsou schopny samostatně vysílat své identifikace - používají se proto pro aktivní lokalizaci. Aktivní čipy vysílají samy své údaje do okolí TTF (**tag talks first**), to umožňuje vlastní miniaturní baterie umístěná v čipu, která vydrží cca 1-5 let. Tyto čipy však kvůli baterii mají menší odolnost na teplotu a je nutné provádět výměnu baterie. Aktivní čipy mají vzdálenost čtení až 100 m, velikost paměti na čipu může dosahovat až 100 kb.[2]

3.2.5 Čtečka

Snímače neboli čtečky RFID jsou zařízení, která dokáží zachytit vysílání aktivního nebo pasivního tagu. Čtečka nemusí pouze informace zachycovat, ale také může do **tagu** zapisovat. Čtečka používá pro vysílání a přijímání signálu anténu, která může být integrovaná nebo externí. Základním požadavkem na čtečku je schopnost zpracovat obrovské množství dat. Čtečky musí poznat již jednou přečtené **tagy** a odstranit odrazy signálů tagů od pevných překážek a musí zvládnout současně načíst velký počet **tagů**. S tím souvisí schopnost paralelně načítat **tagy** v relativně krátkém časovém intervalu.[2]

4 Návrh řešení

4.1 Komunikace

4.1.1 MQTT

4.1.2 REST API

4.2 Databáze

4.2.1 MongoDB

4.2.2 Modely

5 Server

5.1 Platforma

nodejs

5.2 Autorizace

5.2.1 MQTT

5.2.2 API

Basic Auth

JSON Web Token

OAuth 2.0

5.3 Použité knihovny

npm

5.3.1 Mosca

5.3.2 Restify

5.3.3 Mongoose

5.3.4 Bunyan

5.3.5 Swagger

5.3.6 Passport

5.3.7 Swagger

6 Čtečka RFID

požadavky na čtečku

6.1 Sestavení

6.2 Platforma

linux Raspbian, python

6.3 Komunikace

6.4 Použité knihovny

6.4.1 RPi.GPIO

6.4.2 RC522

<https://github.com/ondryaso/pi-rc522>

6.4.3 Eclipse Paho

<http://www.eclipse.org/paho/>

6.4.4 SPI-Py

<https://github.com/lthiery/SPI-Py>

7 Mobilní aplikace

požadavky na mobilní aplikaci

7.1 Platforma

7.2 Komunikace

7.3 Použité knihovny

7.3.1 Retrofit

7.3.2 Butter Knife

8 Testování a zhodnocení výsledků

9 Možnosti rozšíření

10 Závěr

Přehled zkratek

Literatura

- [1] CHOW, H. K. et al. Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations. *Expert systems with applications*. 2006, 30, 4, s. 561–576.
- [2] DOLEČEK, J. *Identifikace v informačních systémech (RFID)-radiofrekvenční identifikace*. PhD thesis, Bankovní institut vysoká škola, 2010.
- [3] HRON, M. Skladový systém pro obalovny živičných směsí. Master's thesis, Západočeská univerzita v Plzni, 2014.
- [4] VÍTEK, M. *Skladové hospodářství konkrétního podniku*. PhD thesis, Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, 2007.

Postup nasazení

Uživatelský manuál

Obsah přiloženého CD