Vysoká škola logistiky o.p.s.

Ověření rozmístění antén na RFID bráně

(Bakalářská práce)

Přerov 2020 Zdeněk Homola, DiS.

Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

student	**Zdeněk Homola, DiS.**
studijní program	Logistika
specializace	Informatika pro logistiku

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Ověření rozmístění antén na RFID bráně**

Cíl práce:

Navrhnout efektivní rozmístění antén na RFID bráně a toto řešení experimentálně ověřit měřením v učebně pratické výuky AutoID.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod
1. Automatická identifikace v logistice
2. RFID technologie
3. Experimentální měření v učebně AutoID
4. Vyhodnocení experimentů

Závěr

Rozsah práce: 35 – 50 normostran textu

Seznam odborné literatury:

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 9788070809525.

MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 9788072614400.

JAŠEK, Roman a Ivan HLAVOŇ. Bezpečnost informačních technologií: skripta VŠLG. Přerov: VŠLG Přerov, 2019. ISBN 978-80-87179-55-0.

KVAŠŇOVSKÝ, Martin. Možnosti implementace RFID technologie v dodavatelském řetězci firmy. Přerov, 2016. Diplomová práce. VŠLG.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Libor Kavka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 31. 10. 2019
Datum odevzdání bakalářské práce: 5. 5. 2020

Přerov 31. 10. 2019

Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že bakalářská práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské práce v její tištěné i elektronické verzi. Tímto prohlášením souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

V Přerově, dne 05. 05. 2020 …….

podpis

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Liborovi Kavkovi, Ph.D. za vedení celé práce a za mnoho cenných rad spjatých s řešeným tématem. Dále děkuji Mgr. Ireně Kalupové za pomoc a rady ohledně formální stránky práce.

Anotace

Tato bakalářská práce pojednává o ověření rozmístění RFID antén na průchozí bráně. Čtenář je také seznámen s ostatními technologiemi automatické identifikace používanými v logistice a s technologií RFID jako takovou, včetně jejího historického vývoje a uvažovaného budoucího vývoje. Praktická část je věnována experimentálnímu měření pomocí variací nastavení RFID antén v učebně automatické identifikace AutoID na Vysoké škole logistiky Přerov.

Klíčová slova

automatická identifikace, čárový kód, ICT, QR kód, RFID technologie, tag

Annotation

This bachelor thesis deals with the verification of the placement of RFID antennas on the gateway. The reader is also acquainted with other automatic identification technologies used in logistics and with RFID technology as such, including its historical development and considered future development. The practical part is devoted to experimental measurements using variations of RFID antenna settings in the classroom of automatic identification AutoID at the University of Logistics Přerov.

Keywords

automatic identification, bar code, ICT, QR code, RFID technology, tag

Obsah

Úvod ... 9

1 Automatická identifikace v logistice ... 10

1.1 Logistika ... 10

1.2 Technologie automatické identifikace ... 12

1.2.1 Optické technologie ... 12

1.2.2 Magnetické technologie ... 12

1.2.3 Radiofrekvenční technologie ... 12

1.2.4 Biometrické technologie ... 13

1.3 Čárové kódy ... 13

1.3.1 Lineární čárové kódy ... 14

1.3.2 Složené čárové kódy ... 15

1.3.3 Geometrická vrstva ... 15

1.3.4 Informační vrstva ... 16

1.3.5 Snímání čárových kódů ... 16

2 RFID technologie ... 18

2.1 Historie RFID ... 19

2.2 Radar ... 20

2.2.1 Primární radary ... 20

2.2.2 Sekundární radary ... 20

2.2.3 Rychlost a poloha objektu ... 21

2.3 RFID současnosti ... 21

2.3.1 Používané RFID frekvence ... 21

2.3.2 RFID tagy ... 23

2.3.3 Bezčipové RFID tagy ... 23

2.3.4 Standardizace RFID kódů 26
2.3.5 Obecná standardizace RFID 26
3 Experimentální měření v učebně AutoID 27
3.1 Technická specifikace 28
3.2 Rozmístění antén na bráně 31
3.3 Použité tagy 31
3.4 Pole působnosti 32
3.4.1 Čtecí vzdálenost tagu č. 1 34
3.4.2 Čtecí vzdálenost tagu č. 2 35
3.4.3 Čtecí vzdálenost tagu č. 3 35
3.5 Simulace reálného využití 36
3.5.1 Nastavení č. 1 37
3.5.2 Nastavení č. 2 39
3.5.3 Nastavení č. 3 40
3.5.4 Nastavení č. 4 41
3.6 Optimální nastavení bočních antén 41
3.7 Optimální nastavení horních antén 42
4 Vyhodnocení experimentů 44
Závěr 46
Seznam zdrojů 47
Seznam grafických objektů 49
Seznam zkratek 51

Úvod

Logistika je nauka o pohybu zboží, informací nebo peněz ve správném množství, na správné místo, za správný čas a za správnou cenu. Účelem logistiky je, aby tyto toky představovaly pro firmu co nejmenší finanční náklady nejen mezi dodavatelem a zákazníkem, ale v moderním pojetí logistiky i uvnitř firemních procesů. Logistika se začátkem 21. století razantně změnila díky nástupu informačních technologií, kdy díky těmto technologiím došlo k obrovskému vzestupu v rozvoji a rychlosti logistických procesů.

Jedním z využití informačních technologií je využití automatické identifikace, kterou lze charakterizovat jako automatickou identifikaci objektů nebo osob a následné uložení těchto dat do počítače bez nutnosti lidského zásahu. RFID technologie navazuje na předchozí bezkontaktní technologii čárových kódů, které jsou v současnosti stále více nahrazovány právě RFID technologií.

Cílem této práce je experimentálně ověřit efektivní rozmístění antén na RFID bráně v učebně praktické výuky AutoID na Vysoké škole logistiky v Přerově. V teoretické části okrajově popisuji logistiku jako takovou, možnosti automatické identifikace v ní a samotnou RFID technologii (její historii, principy, druhy, možný budoucí vývoj). Praktická část práce zahrnuje analýzu a popis komponent, se kterými bylo pracováno, konfiguraci čtyř RFID antén na bráně a popis RFID tagů, které byly pro simulaci zvolené a následné vyvození optimálního nastavení pro simulovanou situaci reálného využití. Závěr práce je věnován především porovnání a přínosům zavedení optimalizované RFID technologie v logistice oproti neoptimalizované verzi a shrnutí závěrů z provedených experimentů.

1 Automatická identifikace v logistice

Pro zajištění plynulého a efektivního toku zboží či výrobku je automatická identifikace v dnešní době již neodmyslitelnou součástí logistiky. Automatická identifikace zahrnuje metody, které automaticky identifikují objekty a sbírají a ukládají o nich data do počítačového systému.

U automatické identifikace se klade důraz především na rychlost zpracování dat, a na správnost sbíraných dat, kde oba tyto faktory byly v minulosti bez automatické identifikace obrovský problém z důvodu chybovosti v lidském faktoru. Automatická identifikace (nejen v logistice) se využívá především tam, kde je potřeba identifikovat a sbírat data o velkém množství objektů a existuje již celá řada celosvětově využívaných technologií.

V logistice dnešní doby se automatická identifikace využívá téměř v každém logistickém systému, tedy například ve výrobě a distribuci zboží, v evidenci zboží, v jeho skladování, prodeji, přepravě a tak dále.

1.1 Logistika

Výraz logistika je odvozen od řeckého slova logistikon (důmysl, rozum) anebo logos (obecně řeč, slovo, myšlenka, zákon, rozum). Podle starořecké filosofie to byl zákon, podle kterého probíhá všechno světové dění. Původní použití výrazu logistika spadá do vojenství, v němž byla logistika chápána jako nauka o pohybu, zásobování a ubytování vojsk. Z principů vojenské logistiky se vyvinuly aplikace v civilní sféře. [1] [12]

Moderní chápání logistiky zahrnuje toky od vzniku produktu nebo služby, přes jejich projektování, zajišťování potřebných vstupů, plánování výroby, distribuci i likvidaci odpadu. Tyto toky se dělí do tří skupin:

Fyzické – Toky materiálů, rozpracovaných výrobků, výrobků samotných, obalů a také odpadu

Informační – Toky informací, které mají za úkol dokumentovat fyzické toky a poskytují zpětnou vazbu od zákazníků.

Peněžní – Toky peněžních příjmů a výdajů firem vyprodukované fyzickými a informačními toky. [1]

Cílem logistiky je optimalizace těchto toků na co možnou nejvyšší logistickou výkonnost (množství výstupů z logistického systému za určitý čas) za co nejmenší náklady všech zúčastněných prvků. Jednoduše lze říct, že logistika usiluje o dodání:

- správných výrobků, materiálů či služeb;
- na správné místo;
- ve správném čase;
- ve správné kvalitě a se správnými dodacími podmínkami;
- ve správném množství;
- a za správnou cenu. [1]

Z těchto cílů vyplývají určité činnosti, které jsou pro logistiku charakteristické. Klíčovými logistickými aktivitami jsou:

- Předvídání a plánování poptávky;
- Logistická komunikace a řízení objednávek;
- Nákup;
- Řízení výroby, zásob a služeb;
- Manipulace s materiálem a zbožím;
- Řízení skladování a zásob;
- Balení;
- Doprava;
- Řízení zpětných logistických toků. [1]

Při všech těchto aktivitách spojených s uspokojením logistického cíle je často klíčovým faktorem bezchybný sběr dat o daném materiálu či službě. Při sběru těchto dat je ve většině případů kamenem úrazu lidský faktor (překlepy, pomalá rychlost zpracování) a pokud je to možné, je zpravidla efektivnější tento lidský faktor v logistice eliminovat a nahradit jej automatickou identifikací. Automatizací a digitalizací nejen logistických oblastí, ale obecně výroby a s ní souvisejících změn na trhu práce se označuje jako

průmyslová revoluce 4.0. Pojem vychází z dokumentu představeného na veletrhu v Hannoveru v roce 2013 a myšlenka průmyslové revoluce 4.0 je, že „chytré továrny“ budou automaticky vykonávat jednoduché a opakující se činnosti místo lidí. [13]

1.2 Technologie automatické identifikace

Pro automatickou identifikaci jsou využívány technologie fungující na optických, induktivních, radiofrekvenčních nebo magnetických principech. Nejpoužívanější technologie pro identifikaci zboží jsou stále čárové kódy, modernější využívané technologie jsou například RFID, NFC, OCR a biometrické technologie. [1]

1.2.1 Optické technologie

Princip fungování optických technologií spočívá v tom, že je obraz tištěného kódu sejmut pomocí čtecího zařízení, převeden do binární podoby a prezentován v počítači uživateli. Mezi nejrozšířenější optickou technologii patří čárové kódy, které jsou masově používány pro identifikaci ve výrobě, evidenci, skladování, přepravě i prodeji. Druhou nejrozšířenější optickou technologií je OCR. [18]

1.2.2 Magnetické technologie

U magnetických technologií jsou data uloženy pomocí magnetického pole, kdy jsou informace (posloupnost jedniček a nul) zobrazena pomocí magnetických veličin. Magnetový zápis se využívá například u paměťových disků nebo magnetických karet. [18]

1.2.3 Radiofrekvenční technologie

Radiofrekvenční technologie fungují na principu bezdrátového přenosu informací, kdy se do čtečky přenesou data z RFID tagu prostřednictvím rádiových vln. Technologický pokrok, který snížil cenu a vylepšil vlastnosti RFID technologií dal využití RFID technologiím především tam, kde není možné nebo efektivní využívat čárové kódy, např. v případě špatné dostupnosti, špatné viditelnosti, vysokých teplot atd. [18]

1.2.4 Biometrické technologie

Jedná se o technologii, která využívá k identifikaci jedinečné biologické rysy osoby, například otisky prstů, obraz sítnice, lidský hlas nebo obličejové rysy. V moderní době je biometrie již běžně využívanou technologií, především při bezpečnostní identifikaci – uzamčení smartphonu na základě otisku prstu nebo rozpoznání obličeje. Přesnější technologie jsou nákladnější a využívány např. při vstupu do hlídaných objektů. Mezi biometrické technologie patří např.:

- Snímání otisku prstů;
- Systém rozpoznávání hlasu;
- Systém rozpoznávání obličeje;
- Scan oční sítnice a duhovky;
- Systémy pro ověření podpisu. [18]

1.3 Čárové kódy

S rozvojem světové ekonomiky a rostoucím tlakem na přesnou evidenci zboží bylo ruční přepočítávání každého objektu (zboží) nevyhnutelně nutné nahradit globální technologií, která by evidenci a přehled o zboží zjednodušila a především urychlila. Tento nápad přišel již v roce 1949, kdy Norman Joseph Woodland a Barnard Silver přišli s patentem na čárový kód a snímací zařízení, které bylo schopné čárový kód přečíst a digitalizovat bylo vynalezené o 20 let později [10].

Čárové kódy jsou v logistice nejrozšířenější technologií automatické identifikace. Jedná se o grafický znak, který je tvořený z černých a bílých polí, které prezentují identifikační informace o objektu. Tyto grafické znaky jsou čitelné strojovým snímačem, což vede ke značné úspoře času a chybovosti při identifikaci objektů. Používá se přibližně 200 druhů čárových kódů, kdy každý druh čárového kódu je daný popisem symboliky tohoto kódu (pravidla kódování, podle kterých se řídí zápis do příslušného znaku) [10].

Silnou stránkou čárových kódů je jejich nízká cenová náročnost při pořízení, jednoduchá implementace v téměř jakémkoliv oboru a spolehlivá a jednoznačná identifikace použitelná po celém světě. Další výhodou čárových kódů je to, že se jedná o velmi přesnou a rychlou technologii k registraci velkého množství dat, což vede ke zvýšení produktivity a efektivnosti.

Mezi nevýhody patří například nízká odolnost proti mechanickému poškození (a následná nemožnost snímání kódu), malá kapacita dat uložených do obrazce a nutnost téměř fyzického kontaktu mezi snímačem a kódem při načítání dat.

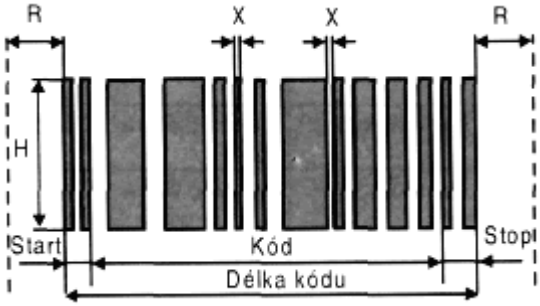
Standardem pro tvorbu čárových kódu je v současnosti globální systém GS1, který vznikl sjednocením standardů UCC, ECCC a EAN. Tato nadnárodní organizace se stará o tvorbu standardů v logistických a dodavatelsko-odběratelských řetězcích nejen na globální, ale také na mezioborové úrovni [1].

Jak již bylo zmíněno, čárový kód je tvořen posloupností černých a bílých čar. Šíře těchto čar se řídí podle zásad kódovací tabulky. Díky těmto pravidlům jsou takto vytvořené čarové kódy vždy specifické a je tedy možná jednoznačná identifikace zboží všude ve světě. Při snímání těchto čar a mezer dochází ke generování elektrických impulsů odpovídajících skladbě daného čárového kódu a tyto impulsy jsou transformovány a následně přeneseny do počítače v binárně podobě [18].

1.3.1 Lineární čárové kódy

Lineární čárové kódy jsou vytvořeny bílými a černými sloupci v jedné linii. Mohou být čteny Laserovým snímačem, CCD snímačem nebo čtecí tužkou a nejznámějšími kód této skupiny je kód EAN 13 [1].

Zkratka EAN vyjadřuje European Article Number. Kód EAN13 je nejpoužívanějším kódem po celém světě. První dvě až tři číslice určují stát původu zboží, další čtyři až šest číslic nesou informaci o výrobci produktu a zbytek číslic (kromě poslední, která slouží ke kontrole správnosti zakódování) určují konkrétní produkt [1].



Obr. 1.1 Skladba čárového kódu

Zdroj: [2].

Kde:

R světlé pásmo, kde je doporučená šíře minimálně desetkrát širší, než je šířka modulu

X šířka modulu, nejužší část kódu, ať jde už o čárku nebo mezeru

H výška kódu

Délka kódu délka celého kódu od Start do Stop

Obr. 1.2 Kód EAN13

Zdroj: vlastní zpracování.

1.3.2 Složené čárové kódy

Složené čárové kódy nejsou tvořeny pouze jednou linií černých a bílých čar, ale jsou zakresleny ve více řádcích. Čtení probíhá opět laserovými nebo CCD snímači, avšak s použitím dvojdimenzionálních snímačů. Typickým zástupcem složených čárových kódů je QR kód [1].

QR kód Byl vyvinut Japonskou firmou Denso-Wave. Zkratka QR znamená quick response, v překladu rychlá odezva. QR kódy, jak již název napovídá, jsou schopné rychle přenést poměrně velké množství informací. Kód se dělí na dvě vrstvy, na geometrickou a informační. Používá se celkem čtyřicet verzí velikostí kódů, od rozměrů 21x21 buněk do 177x177 buněk, kdy je kód schopný nést až 4269 alfanumerických znaků nebo 7089 numerických znaků [3] [10].

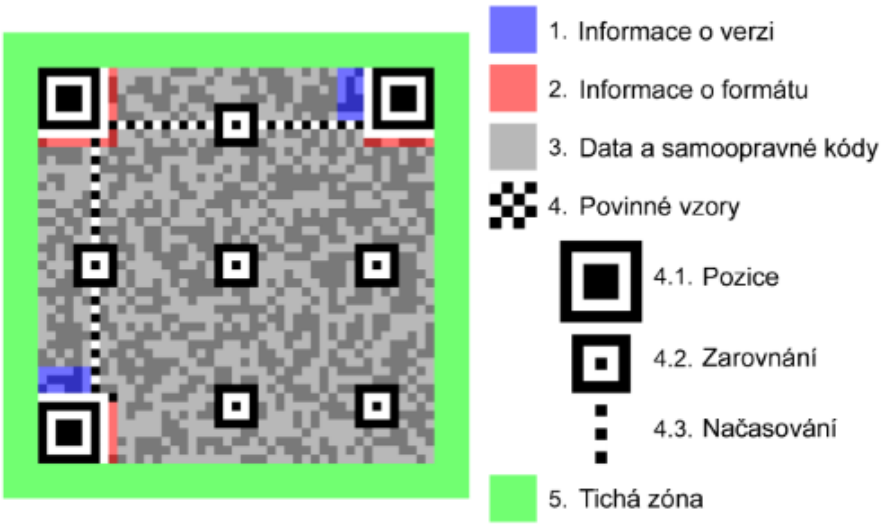
1.3.3 Geometrická vrstva

Kód je psaný ve čtvercovém tvaru, kde se do tří rohů umisťují poziční značky, Finders, které slouží k určení orientace kódu, kde mají být informace čteny. Při dekódování slouží čtverce Alignments k rozdělení kódu na jednotlivé podoblasti a umožňují čitelnost kódu

například i při prohnutí nebo šikmém čtení. Geometrická vrstva zkrátka slouží pouze k lokalizaci míst, odkud mají být v informační vrstvě čteny černé a bílé body (bity) [3].

1.3.4 Informační vrstva

Informační vrstva obsahuje již samotný binární kód, tedy informace, které má kód nést. Každý černý bod prezentuje hodnotu 1 a každý bílý bod hodnotu 0. Systém čtení těchto bodů je řízen pomocí zmíněné geometrické vrstvy. QR kódy mají povinnou skladbu, znázorněnou v obr. 3. Skládají se z tiché zóny, která odděluje kód od rušivých elementů. Povinné vzory jsou do QR kódů zakresleny za účelem orientace ve znaku, o natočení znaku a o délce a výšce skenovaného znaku. Informace o verzi a o formátu podávají základní informaci, v jakém formátu a verzi je znak zakódován a umísťují se vedle pozičních čtverců [3].



Obr. 1.3 Struktura QR kódu

Zdroj: [3].

1.3.5 Snímání čárových kódů

Na čtecí zařízení jsou při automatické identifikaci kladeny nároky především na jejich mobilnost, energetickou nenáročnost a odolnost proti otřesům. Moderní snímače

čárových kódů nemají za úkol kódy pouze snímat, ale i zpracovávat tyto data a dále s nimi pracovat. Ke snímání čárových kódů se nejčastěji používají snímací pera, CCD scannery, laserové scannery [1].

Obr. 1.4 Snímač čárových kódů

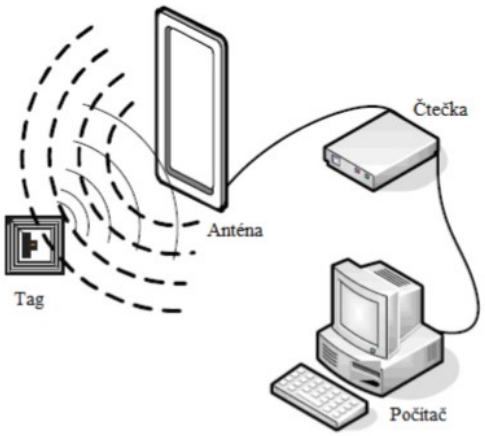
Zdroj: [1].

2 RFID technologie

Neboli systém radiofrekvenční identifikace (Radio Frequency Identification). Jedná se o systém identifikace objektů, který je navazující technologií na čárové kódy. Stejně jako u čárových kódů nedochází při přenosu dat k fyzickému kontaktu mezi čtecím zařízením a identifikátorem a slouží k jednoznačné identifikaci, kterou je možné několikanásobně opakovat. Hlavní výhodou oproti čárovým kódům je možnost čtení tagů na vzdálenost několika metrů, a také není nutné přesně polohovat čtecí zařízení [4].

Aktuálně se RFID technologie využívá v řadě podniků a odvětvích, například ve výrobě, v transportu, skladování, při zabezpečení budov, při evidenci zvířat (povinná implementace mikročipů psů z hlediska nařízení EU), organizaci sportovních akcí, ve zdravotnictví atd.

RFID systém se zpravidla skládá ze čtyř hlavních částí. Tagu, antény, čtečky a počítače. Čtečka je obvykle připojena k počítači, který uživateli poskytuje nástroj pro práci s načtenými daty do databáze. Konvenční tagy jsou složené z mikročipu, ve kterém se ukládají a zpracovávají informace, a antény, která slouží k příjmu a vysílání signálu. Z pasivních tagů se informace získává pomocí signálu vyslaným anténou čtečky, který tag aktivuje a následně tag odešle čtečce informace uložené ve své paměti. Aktivní tag tento signál nepotřebuje, jelikož má vlastní zdroj napájení. Aktivní tagy nejsou však zdaleka tolik rozšířené, jako tagy pasivní [4].



Obr. 2.1 RFID systém

Zdroj: [4].

2.1 Historie RFID

Úplným začátkem RFID technologie lze považovat objev principu odrazu elektromagnetických vln od kovových předmětů Heinrichem Hertzem v roce 1886. Po tomto objevu následovalo první zařízení, které bylo schopné vysílat souvislé rádiové vlny. Toto zařízení pojmenoval jeho vynálezce elektroinženýr Ernst Alexanderson telemobiloskop a bylo předchůdcem technologie radaru [4].

Vzhledem k nevyužitelnosti v roku 1904 se však telemobiloskop ve světě neujmul a technologie se začala využívat a masivně zkoumat až o 30 let později. První funkční a v praxi využitelné radarové zařízením bylo navrženo vědci Robertem Watsonem-Wattem (přezdívaný otcem radaru) a Arnoldem Wilkinsonem roku 1935 [4].

RFID staví svoji funkci právě na těchto principech (v kombinaci s rádiovým přenosem) a radar se tedy dá považovat z hlediska vývoje RFID za klíčovou. V tomto roce však RFID technologii chyběla zatím řada technologií, které dosud nebyly objeveny. Pro komunikaci pomocí RFID je potřeba například tranzistorů, integrovaných obvodů a mikroprocesorů, k čemuž chybělo téměř třicet let vývoje [4].

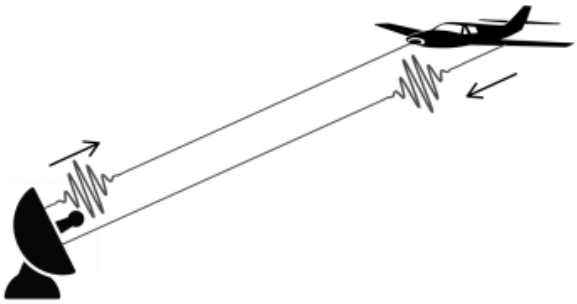
V těchto třiceti letech se odehrála celá řada výzkumů, patentů a vynalezených technologií, které v 70. letech 20. století daly vzniku samotné RFID technologie. Ta vznikla za spolupráce mnoha univerzit a výzkumných center, které nám přinesly technologii RFID, kterou známe dnes [4].

Rozsáhlá implementace RFID technologie je připisována k osmdesátým letem 20. století, kdy se začala využívat především na dálnicích k výběru mýtného a v menší míře k identifikaci zvěře. „*V této době se RFID technologie dostala do bodu, kdy byly tagy běžně vyráběny s integrovanými obvody CMOS spolu se samostatnými komponenty pro mikrovlnné tagy. Použití EEPROM pamětí umožnilo velkovýrobu identických tagů, které bylo možné naprogramovat až podle požadovaného využití. Tyto vylepšení vedly ke zmenšení tagu a ke zlepšení funkcionality*“ [4].

Posledním důležitým milníkem v historii RFID zmíním 90. léta 20. století, kdy došlo k patentování UHF (Ultra High Frequency) RFID systému firmou IBM. Vzhledem k malému počtu odběratelů UHF tagů a nedostatků ve standardizaci byla výroba i implementace velmi nákladná. Svůj patent tedy prodala firma IBM firmě Intermec, která se v současnosti zabývá výrobou a dodáváním vybavení pro automatickou identifikaci. [4]

2.2 Radar

Neboli radiolokátor, anglicky Radio Detection and Ranging, je zařízení určené k lokalizaci objektů pomocí elektromagnetických vln na rádiové frekvenci. Tato technologie je naprosto klíčovou pro RFID. Radary se dělí do dvou hlavních skupin, na primární a sekundární a mimo vyhledání objektu v dosahu, jsou schopné určit tvar, rychlost nebo polohu objektu. [5]



Obr. 2.2 Ilustrace fungování pulsního radaru

Zdroj: [5].

2.2.1 Primární radary

Základní princip fungování primárních radarů spočívá v echolokaci, tedy ve dvou hlavních krocích. Vyslání elektromagnetické vlny a následném opětovném přijetí signálu (pokud se má vlna od čeho odrazit), od kterého se část vlny odrazí. Radary na tomto principu se nazývají primární a jsou ve valné většině využívány, oproti radarům sekundárním [5].

2.2.2 Sekundární radary

Jsou založeny na principu rádiové komunikace mezi transpondérem (zařízení umístěné např. do letadla) a radarem. Radar vysílá do prostoru tzv. dotazovací signál, který transpondér přijme, a po přijetí tohoto signálu vyšle odpověď zpátky k radaru [5].

2.2.3 Rychlost a poloha objektu

Nejdůležitějšími informacemi hned po detekci objektu v radarovém pásmu jsou také informace o rychlosti, jakou se objekt pohybuje, o jeho velikosti a jeho poloze. Velikost a tvar objektu se určuje na základě toho, jak se signál od objektu odráží.

Pro určení rychlosti objektu se používá buď metoda odchylky polohy objektu mezi dvěma měřeními nebo využitím Dopplerova jevu. Ten je založený na změně frekvence a vlnové délky po odrazu od pohybujícího se objektu, který vlnovou délku a frekvenci změní v závislosti na tom, jak rychle se pohybuje, odrazí zpátky k radaru a na základě toho, jak moc délku a frekvenci objekt změnil, se odvozuje rychlost tohoto objektu [5].

Ke zjištění polohy objektu je možné radar postupně polohovat do úhlů. Následným určením úhlu, ve kterém je odražený signál nejsilnější, je možné zjistit, kde se objekt nachází. Druhým způsobem je použití dvou antén a na základě posunu mezi oběma přijatými signály vypočítání polohy objektu [5].

2.3 RFID současnosti

V současné době se RFID technologie dělí na mnoho odvětví. Mezi základní způsoby patří rozlišení tagu z hlediska aktivního nebo pasivního čtení, z hlediska frekvence, na které pracuje nebo zda se jedná o tag konvenční, či nekonvenční (bezčipový) [4].

Ač se stále jedná o technologii, která je na výrobu dražší než čárové kódy, je RFID masově využívána a v mnoha oblastech nenahraditelná. Technologie se využívá v logistice, maloobchodech, zdravotnictví, ve skladovém hospodářství, při identifikaci zvířat, při ověření identity ke vstupu do hlídaných objektů (tzv. vnitřní bezpečnost objektu) a v mnoha dalších oblastech [14].

Současně využívané RFID technologie budou pravděpodobně v budoucnu rozšířené o bezčipové tagy a možným nástupcem RFID se také uvažuje systém NFC.

2.3.1 Používané RFID frekvence

V RFID technologii se používají čtyři pásma frekvenční pásma-nízkofrekvenční, vysokofrekvenční, ultrafrekvenční a mikrovlnná. Liší se od sebe frekvencí, na které pracují, a díky tomu mají rozdílný komunikační dosah, a tedy i oblasti, kde jsou využívány [6].

Nejstaršími a zároveň nejrozšířenějšími jsou nízkofrekvenční systémy. Výhodou nízkofrekvenčních systémů je dlouhá vlnová délka, na které pracují. Díky tomuto je signál schopný penetrovat i tenké kovové materiály nebo tekutiny. Nevýhodou však je nejmenší komunikační dosah ze všech využívaných pásem [11].

Vysokofrekvenční systémy nabízejí na rozdíl od nízkofrekvenčních možnost číst více tagů najednou, nicméně kvůli jejich krátké čtecí vzdálenosti není tato vlastnost příliš využívána [11].

Ultrafrekvenční systémy využívají dvě poměrně rozdílné frekvence, kde se frekvence 433 MHz používá pro aktivní tagy a frekvence 860-960 MHz pro tagy pasivní. Na rozdíl od nízkofrekvenčních a vysokofrekvenčních systémů nabízí poměrně velkou čtecí vzdálenost až 10 m, avšak signál neprojde skrz kovové materiály nebo vodu [11].

Největší komunikační dosah mají systémy mikrovlnné, které u aktivních tagů nabízejí čtecí vzdálenost až 100 m. Své nevýhody mají mikrovlnné systémy stejné, jako ultrafrekvenční [11].

Tab. 2.1 RFID frekvenční pásma

Název pásma	Zkratka	Frekvence	Komunikační dosah	Typická oblast využití
Nízkofrekvenční	LF	124 kHz; 134,2 kHz	Méně než 0,5 m	Montážní linky
Vysokofrekvenční	HF	13,56 MHz	Méně než 1 m	Přístupové karty
Ultrafrekvenční	UHF	433 MHz; 860-960 MHz	Až 10 m	Výběr mýtného
Mikrovlnné	MF	2,45 GHz; 5,8 GHz	Až 30 m	Real-time lokační systémy

Zdroj: [6].

2.3.2 RFID tagy

RFID tag je zařízení, které má za úkol identifikovat objekt a vysílat data ke čtečce, pokud se nachází v jejím dosahu. Dělí se na tagy buď aktivní nebo pasivní. U pořizování RFID tagů se dbá především na jejich čtecí vzdálenost a samotnou cenu tagu [15].

Pasivní tagy: Pasivní RFID tag je neaktivní, dokud se v jeho blízkosti neobjeví elektromagnetické vlny. Z těchto vln energii přijme, nabije svůj napájecí kondenzátor a odešle RFID čtečce odpověď. Aktivovaný čip odešle čtečce buď přidělené EPC číslo (globální jednoznačná identifikace objektu pro RFID technologie spravovaná organizací GS1) nebo je možné například v případě elektronických peněženek i zapisovat informace na tag. Typickými oblastmi využití pasivních RFID tagů jsou:

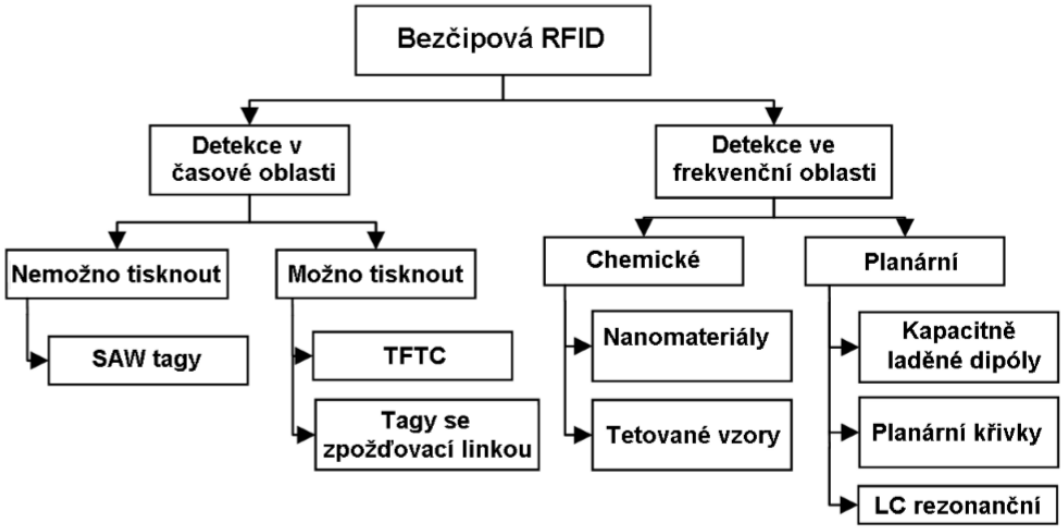
- Identifikace objektů ve skladech;
- Bezhotovostní platby ve formě elektronické peněženky;
- Identifikace osob nebo zvířat;
- Řízení přístupu do hlídaných objektů. [11]

Aktivní tagy: Aktivní tagy mají svůj vlastní zdroj napájení, baterii, a jsou schopné vysílat data i bez příjmu energie ze čtečky. Jedná se o složitější, a tudíž dražší technologii, než jsou čipy pasivní, a jejich používání je méně časté. Hlavní výhodou aktivních tagů je především vyšší čtecí vzdálenost (až několik stovek metrů), avšak na úkor již zmíněné vyšší ceny a zvýšené náchylnosti na nefunkčnost tagu (poškození baterie vnějšími vlivy, vyčerpání kapacity baterie). Využití aktivních tagů je především v kontejnerové dopravě, kde cena zboží a kontejneru odpovídá vyšší ceně tagu [11].

2.3.3 Bezčipové RFID tagy

Zajímavým odvětvím jsou nekonvenční, bezčipové RFID tagy. Jedná se o pasivní tagy, které místo fungování pomocí čipu uvnitř do tagu jsou navrženy do rezonanční struktury, která příchozí signál moduluje dle svojí struktury a odesílá zpátky ke čtecímu zařízení [7].

Vzhledem k možnému snížení pořizovací ceny mají bezčipové tagy obrovský potenciál jako náhrada čárových kódů. V současné době jsou zkoumány a testovány, o čemž svědčí i rozmanité možnosti realizace bezčipových RFID tagů.



Obr. 2.3 Metody bezčipových RFID tagů

Zdroj: [7].

Princip fungování detekce RFID tagu je podobný jako u technologie radaru. Čtecí zařízení vyšle nejdříve signál a čeká na odpověď od tagu. SAW tag, který není možné tisknout, se skládá z antény a destičky, kde je umístěná soustava reflektorů a interdigitální převodník. Anténa přijímá impulz ze čtečky a převádí jej na akustickou vlnu, která se dále šíří tagem a dochází k odrazům této vlny od reflektorů, dokud se vlna nedostane zpátky k převodníku a anténě. Čtečka tak příjme přesně definovanou posloupnost pulzů odezvy, která definuje data zapsané na tagu [7].

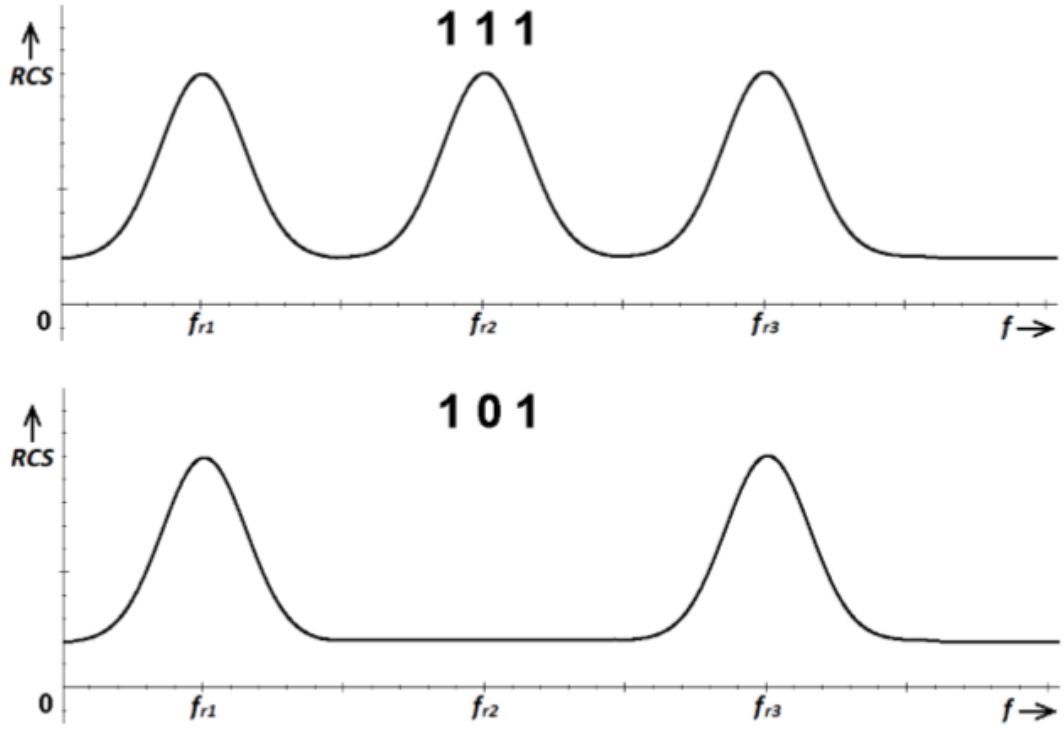
Thin Film Transistor Circuit, tenkovrstvý tranzistorový obvod neboli TFTC má za cíl náhradu klasických výrobních procesů křemíkových obvodů tiskem, který je mnohem rychlejší, úspornější a šetrný k životnímu prostředí. [7].

Inkoust, který se tiskne např. na plastový povrch je tvořen např. polythiofenem a elektrody jsou tvořeny stříbrnými nanočásticemi. TFTC tagy mají obrovský potenciál a jsou v současné době intenzivně zkoumány. [7].

Tagy se zpožďovací frekvencí používají podobný princip fungování jako SAW tagy, s rozdílem, že odezva na piezoelektrickém materiálu, ale odrazem na diskontinuitách mikropáskového vedení. [7].

Hlavní výhodou těchto tagů je možnost tisku, avšak nevýhodou je příliš malá bitová kapacita, která z principu technologie není možná do budoucna navýšit. Uplatnit by se tyto tagy daly např. jako senzory. [7].

Tagy fungující na principu detekce ve frekvenční oblasti využívají princip „odrazivosti“ ploch struktur. Jsou tvořeny strukturami vykazujícími rezonanci, což má na určitých frekvencích za následek rezonanční maxima RCS. Data jsou zakódována pomocí přítomnosti či absence těchto maxim. [7]



Obr. 2.4 Kódování informací ve spektru

Zdroj: [7].

Nejnadějnějším zástupcem RFID tagů fungujících na chemickém principu se zabývá Izraelská firma CrossID, která vyvinula techniku RFID nanomateriálů pro ověřování pravosti bankovek nebo dokumentů. Funguje tak, že nanovlákna se vkládají při výrobě do papíru a inkoustu při tisku. Tyto nanovlákna jsou tvořena s různými magnetickými vlastnostmi a podávají různé rezonance na určitých frekvencích. [7].

Tagy s planárními obvody fungují na principu odraženého frekvenčního spektra, které je dáno jejich prostorovým uspořádáním, což poskytuje velký prostor pro rozmanitost těchto přístupů k bezčipové RFID. Výhodou těchto tagů je potenciální velmi levná výroba tiskem, avšak nabízejí velmi malou bitovou kapacitu. Aktuální využití těchto tagů by se dalo v současné době zvažovat při funkci těchto tagů jako čidel. [7].

2.3.4 Standardizace RFID kódů

Dle standardů EPC obsahují RFID čipy unikátní 96bitové číslo, které bývá přiděleno každému jednotlivému kusu zboží. Tyto čísla nabízejí prostor pro 268 milionů výrobců a pro každého z nich 16 milionů druhů výrobků a pro každý tento výrobek 68 miliard sériových čísel [17].

Takové množství čísel zatím není v praxi ani zdaleka využitelné, čipy tedy používají EPC čísla o délce 64 bitů. V případě nedostatku prostoru u 96bitových čísel jsou však vyhlídky na přechod 128bitového systému [17].

K získávání informací z EPC čísel se používá služba ONS. Tato služba přiřazuje ke každému EPC popis zboží ve formátu XML. V tomto formátu může firma do tagu importovat všechna potřebná data o označeném produktu- Např. trvanlivost, hmotnost, popis produktu atd [17].

2.3.5 Obecná standardizace RFID

Mezinárodní standardizaci RFID mají na starost dvě hlavní organizace-ISO a EPCglobal. RFID standardy, tak jako standardy pro každou jinou technologii, umožňují lehkou spolupráci v jedné technologii od různých výrobců [17] [16].

Standardy jsou v kompetenci technického výboru, který má navrhování norem na starost. Takto navržená norma pokračuje dále k posouzení expertům, kteří normu zkoumají v praxi a pokud je schválena, je předložena členským zemím pro ohodnocení. Pokud je ve všech článcích schválena, stává se ISO standardem a ten je zaslán všem členským zemím [16].

Příklady nejpopulárnějších RFID standardů:

- ISO 11784: ISO RFID standard který uvádí, jakým způsobem jsou data strukturována na RFID tagu;
- ISO 10536: ISO RFID standard pro bezkontaktní karty;
- ISO 15459: Jednoznačná identifikace pro přepravní jednotky. [16]

3 Experimentální měření v učebně AutoID

Praktická část práce vycházela z měření v učebně automatické identifikace AutoID na vysoké škole logistiky v Přerově. K měření byly použité komponenty:

- Kovová brána;
- 4 RFID antény Zebra AN480;
- Čtečka FR95000;
- 3 pasivní RFID tagy s rozdílnou čtecí vzdáleností;
- Pojízdný košík s plastovou krabicí.

Cílem práce bylo ověřit efektivní rozmístění čtyř antén na bráně. Efektivní rozmístění jde však ruku v ruce s optimální nastavením antén na konkrétní situaci, do práce tedy bylo zahrnuté i experimentování se situací reálného využití. Pro ověření efektivní konfigurace antén bylo zapotřebí zvážit následující dvě hlavní podmínky očekávané od každé RFID brány v provozu:

- Tag, který projde bránou, musí být vždy detekován.
- Tag, který se nachází mimo bránu, by neměl být detekován.

Důležitým faktorem správné simulace bylo také vzít v potaz velkou škálu tagů, které se mohou v reálném provozu využít. Různé druhy produktů jsou identifikované různými druhy tagů s velmi odlišnou čtecí vzdáleností. Pro vyřešení tohoto problému byly tedy pro měření použité 3 druhy tagů s různou čtecí vzdáleností, které zastupují skupiny tagů s nízkou, středí a vysokou čtecí vzdáleností.

Do nastavení bylo také potřeba zahrnout faktor rušivých elementů, které ovlivňují kvalitu signálu a snižují tak čtecí vzdálenost. Patří sem například různé obaly, do kterých se RFID tagy umísťují a čtení je posléze touto vrstvou substrátu negativně ovlivněno. Z tohoto důvodu byla využita plastová krabice, která je v reálném prostředí také často k vidění.

Před zahájením experimentů bylo zapotřebí zanalyzovat hardwarové a softwarové vybavení komponent a vymezit si situaci, pro kterou bude brána optimalizována a testována. Situace byla zvolena jako zhruba tří sekundový průchod tagu bránou, který je umístěný v plastové krabici v minimální výšce 1 m nad zemí.

3.1 Technická specifikace

Použitý hardware k experimentálnímu ověření rozmístění byla čtečka FX9500 RFID Reader. Čtečka používá multi-regionální RFID systém pracující ve frekvenčních pásmech 902-928 MHz a 865-868 MHz. Čtečka nabízí připojení až osmi Tx/Rx (8x1 monostatických nebo 4x2 bistatických) antén a rozhraní Ethernet. K dispozici jsou také diskrétní digitální vstupy a výstupy. Čtecí rozsah se pohybuje od několika centimetrů až po několik metrů. Čtečka byla připojena ke stolnímu počítači a ke čtečce byly připojeny 4 antény Zebra AN480.

Tab. 3.1 Technická specifikace antén Zebra AN480

Frekvence	865-956 MHz
Šířka pásma	65° (standardní pokles o 3 dBi)
Zisk	6 dBi
Axiální poměr	1,5 dBi
Směrový poměr	18 dB
Maximální vysílací výkon	2 W

Zdroj: vlastní zpracování.

Software 123RFID Desktop nabízí přehledné prostředí a obsahoval všechny potřebné prvky pro splnění účelu práce, kde byla zapotřebí manipulace především s dosahem pásma vysílaného signálu (E), aktivace/deaktivace vysílání signálu (C) a lišta s aktuálně detekovanými tagy nacházející se v pásmu působnosti (F).

A – identifikované RFID tagy během aktuálního čtení

B – počet tagů, počet čtení a počet čtení za sekundu

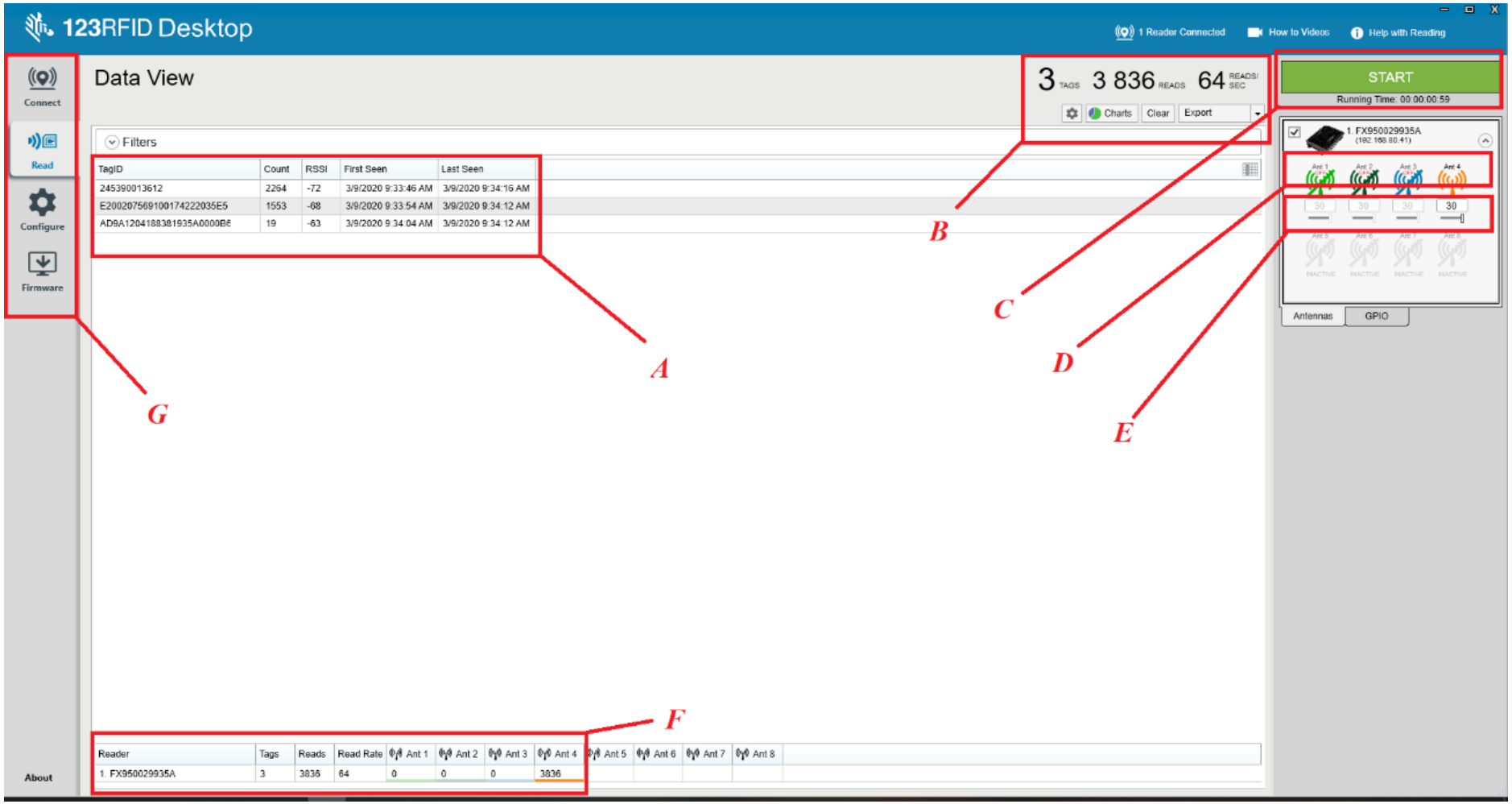
C – spouštění/zastavení čtení

D – vypnutí/zapnutí připojených antén ke čtečce

E – nastavení dosahu signálu

F – počty čtení, které jednotlivé antény provedly

G – uživatelské nastavení čtečky

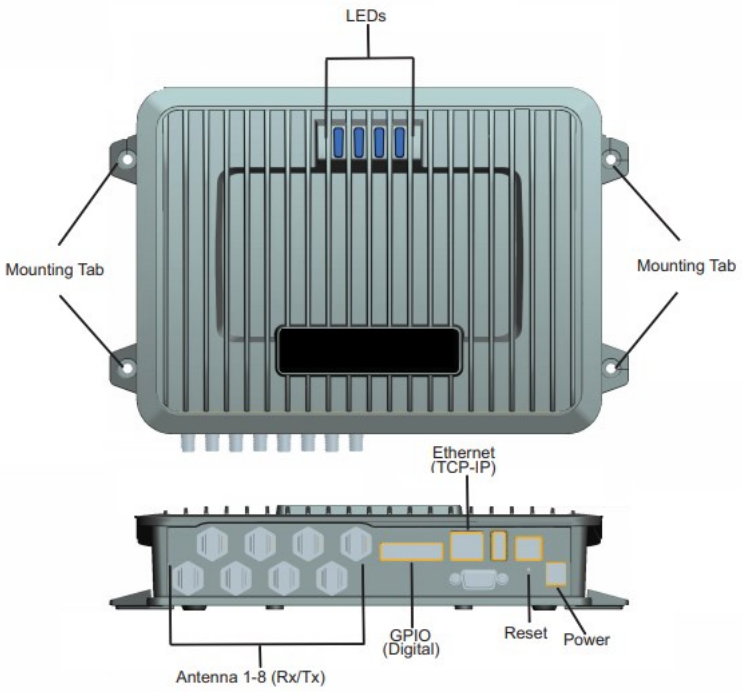


Obr. 3.1 Uživatelské rozhraní čtečky FX9500

Zdroj: vlastní zpracování.

Obr. 3.2 Anténa Zebra AN480

Zdroj: [9].



Obr. 3.3 RFID čtečka FX9500

Zdroj: [8].

3.2 Rozmístění antén na bráně

Antény byly rozmístěné 2x na boční rám brány a 2x na horní rám. Rozestup bočních antén byl 1,1 m a vzdálenost mezi horními anténami a zemí byla 1,8 m. V praxi je často k vidění také rozmístění antén 2x2 pouze na bočních rámech.

Obr. 3.4 Rozmístění antén na bráně

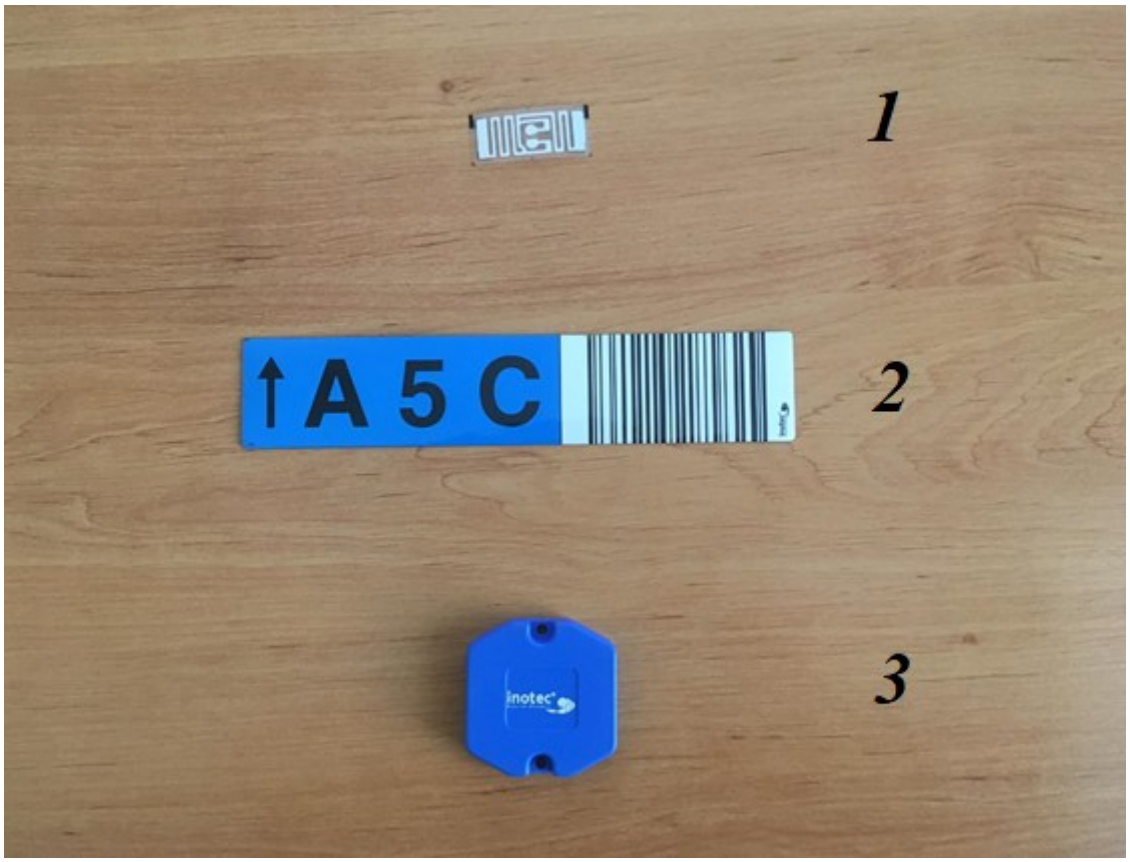
Zdroj: vlastní zpracování.

3.3 Použité tagy

Jak je již zmíněno v úvodu kapitoly, v reálném prostředí je potřeba počítat s velkým množstvím druhů tagů. Zásadní faktor pro ověření optimálního nastavení brány je čtecí dosah tagů a dle této vlastnosti byly tagy pro experimenty vybrány.

K měření byly použité 3 pasivní tagy s nosnou frekvencí 868 MHz. Jedná se ve všech třech případech o stejné typy RFID čipů, s tím rozdílem, že každý z použitých tagů má jinou čtecí vzdálenost a zastupuje tedy skupinu tagů s podobnou čtecí vzdáleností.

Tag č. 1 zastupuje skupinu tagů s nejvyšší čtecí vzdáleností, tag č. 2 skupinu tagů pro střední čtecí vzdálenost a tag č. 3 skupinu tagů s nejmenší čtecí vzdáleností.



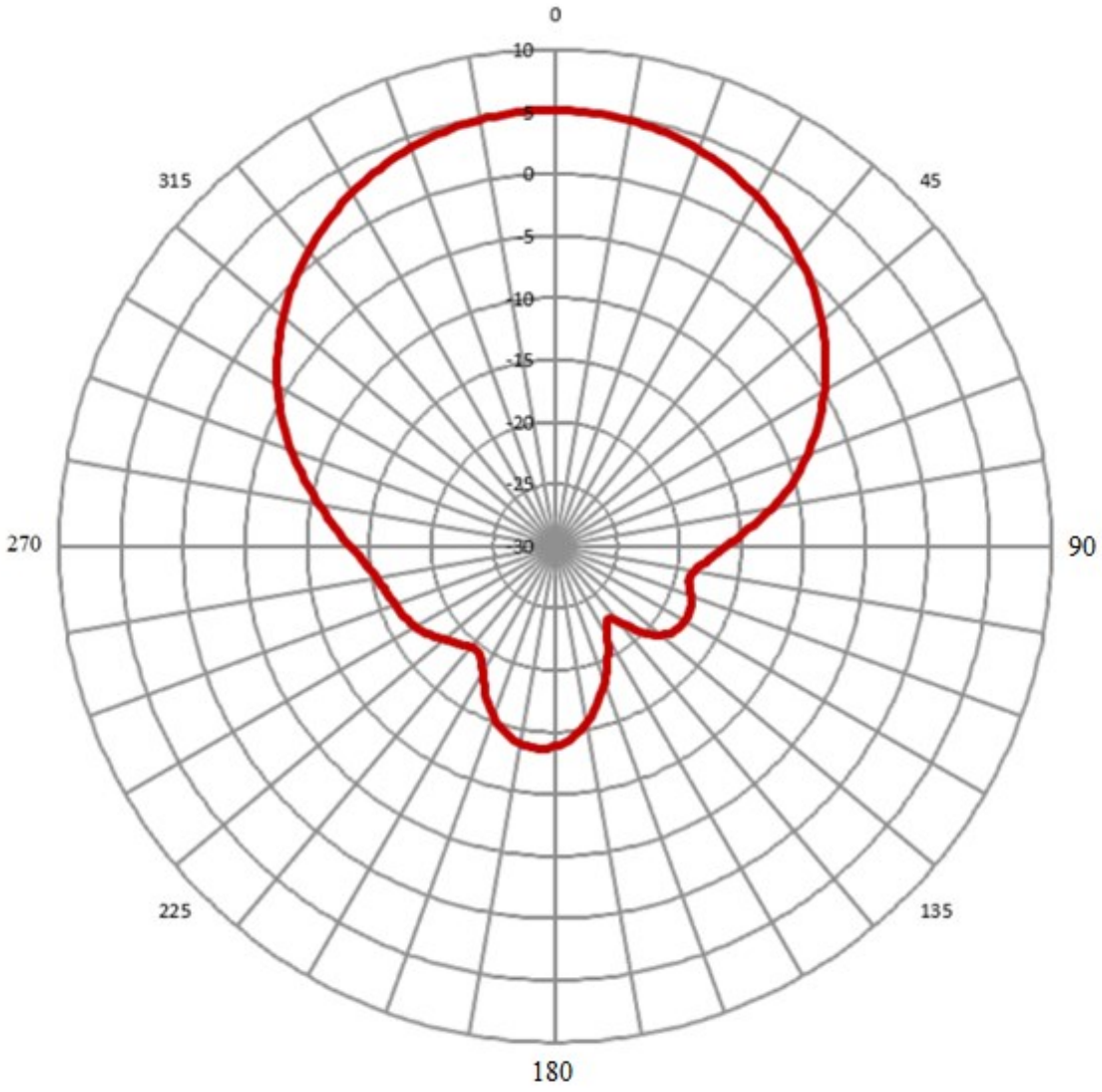
Obr. 3.5 Tagy použité k měření

Zdroj: vlastní zpracování.

3.4 Pole působnosti

Garantovaný zisk antén je výrobcem uvedený 6 dBi. Pole však bylo nutné zmapovat pro různé druhy tagů. Od těchto obecných naměřených hodnot pak bylo možné vyvozovat hodnoty optimálních nastavení u experimentálních měření.

Pro ověření pole působnosti antén a tagů byly antény nastavovány od nejvyšší možných hodnot výkonu 30 dB, po hodnotu nejnižší, 10 dB. Ověření bylo simulováno tak, že tagy se vyjmuly z dosahu signálu antény a anténa se nastavila na požadovanou hodnotu. Posléze se tag k anténě pomalu přibližoval a při zaznamenané komunikaci (detekce tagu v uživatelském rozhraní čtečky) se tato hranice označila a změřila se vzdálenost od antény.



Obr. 3.6 Vertikální vyzařovací diagram antén Zebra AN480

Zdroj: [9].

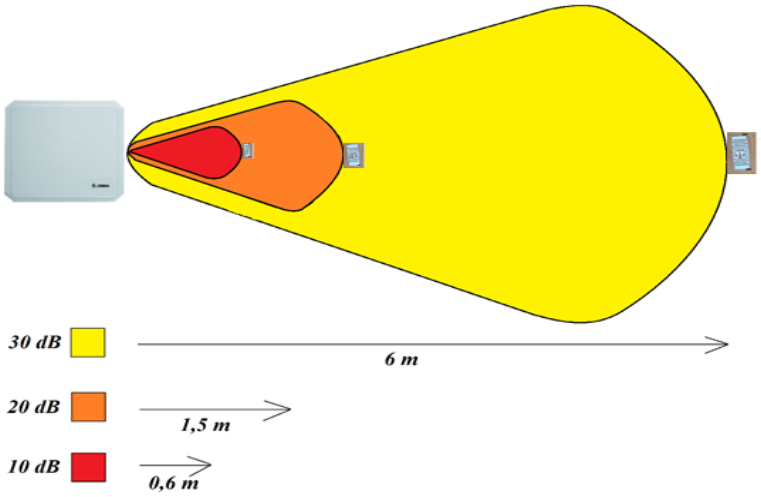
Tab. 3.2 Pole působnosti tagů při konkrétních hodnotách

Hodnota výkonu antény (dB)	Vzdálenost načtení tagu č. 1 od antény (m)	Vzdálenost načtení tagu č. 2 od antény (m)	Vzdálenost načtení tagu č. 3 od antény (m)
30	6	4,5	3
25	3,2	2	1,5
20	1,5	1,2	0,8
15	1	0,7	0,5
10	0,6	0,4	0,15

Zdroj: vlastní zpracování.

3.4.1 Čtecí vzdálenost tagu č. 1

Tag č. 1 zastupoval v simulaci tagy s nejvyšší možnou čtecí vzdáleností tagů. Počítalo se, že je načten na zhruba maximální možné čtecí vzdálenosti antény pro nastavenou hodnotu dB, tag je tedy v grafickém znázornění umístěn vždy na hranici vyzářeného signálu. Čtecí vzdálenost tagu č. 1 se pohybuje od 0,6 m (minimální výkon antény) do 6 m (maximální výkon antény).

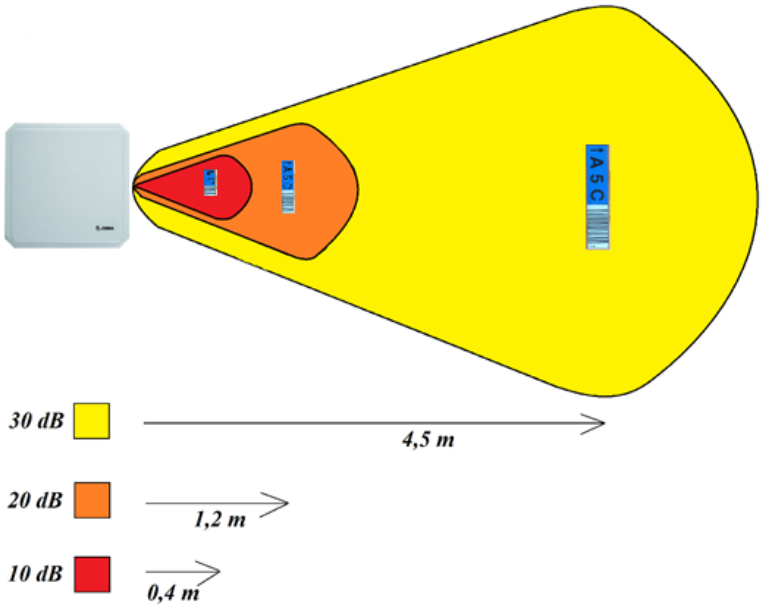


Obr. 3.7 Grafické znázornění čtecí vzdálenosti tagu č. 1

Zdroj: vlastní zpracování.

3.4.2 Čtecí vzdálenost tagu č. 2

Tag č. 2 v simulaci zastupoval tagy se střední čtecí vzdáleností, kdy je čtecí vzdálenost tagu zhruba o 25% nižší, než u tagu č. 1. Čtecí vzdálenost se pohybuje od 0,4 m (minimální výkon antény) po 4,5 m (maximální výkon antény)

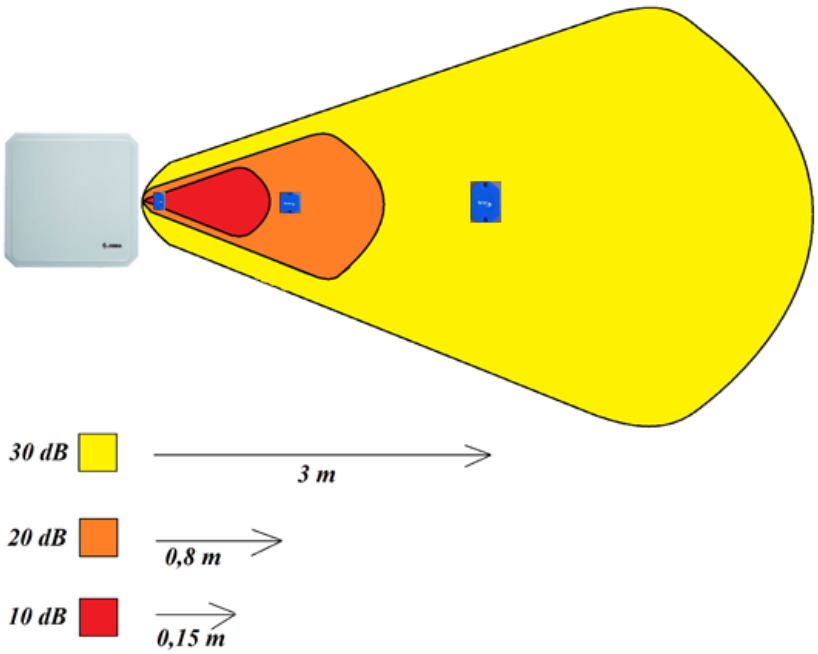


Obr. 3.8 Grafické znázornění čtecí vzdálenosti tagu č. 2

Zdroj: vlastní zpracování.

3.4.3 Čtecí vzdálenost tagu č. 3

Tag č. 3 v simulaci prezentoval tagy s nejnižší možnou čtecí vzdáleností. Čtecí vzdálenost tagu je zhruba o 50% menší než u tagu č. 1 a jeho čtecí vzdálenosti se pohybují v rozmezí od 0,15 m (minimální výkon antény) do 3 m (maximální výkon antény).



Obr. 3.9 Grafické znázornění čtecí vzdálenosti tagu č. 3

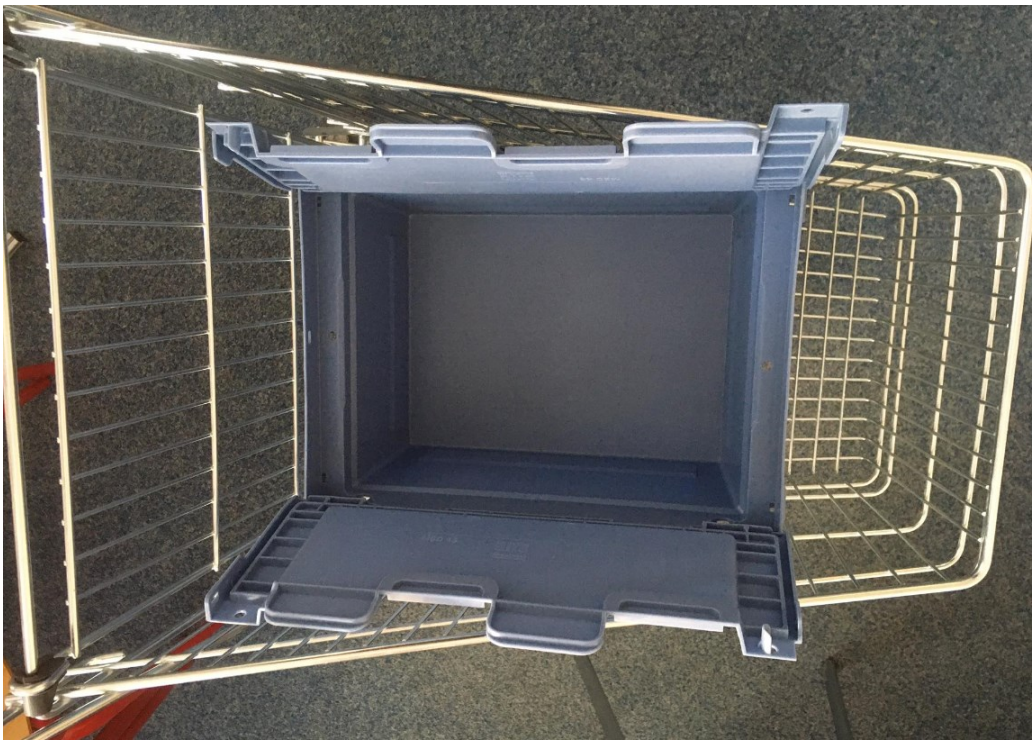
Zdroj: vlastní zpracování.

3.5 Simulace reálného využití

Optimální nastavení sestavené RFID brány spočívá v tom, aby každý tag, co projde bránou byl vždy detekován, a přitom bylo pásmo působnosti mimo bránu co nejmenší. Zde je však potřeba určit, jaké druhy tagů, v jaké výšce, popř. v jakém obalu budou bránou procházet.

Nastavení brány bylo simulováno k situaci, kdy tag prochází bránou ve výšce zhruba 1 m nad zemí a tag je chráněn vrstvou plastu o šířce 1 cm (umístěný v plastové krabici na Obr. 3.7).

Měření probíhalo u každého nastavení pro každý tag zvlášť. Tag se umístil do plastové krabice a bránou se s košíkem projelo (doba v poli působnosti antén zhruba 3 s). Načtené hodnoty byly následně zaznamenány a z nich byly generované grafy 3.1 až 3.4.



Obr. 3.10 Plastová krabice a pojízdný košík použité pro simulaci

Zdroj: vlastní zpracování.

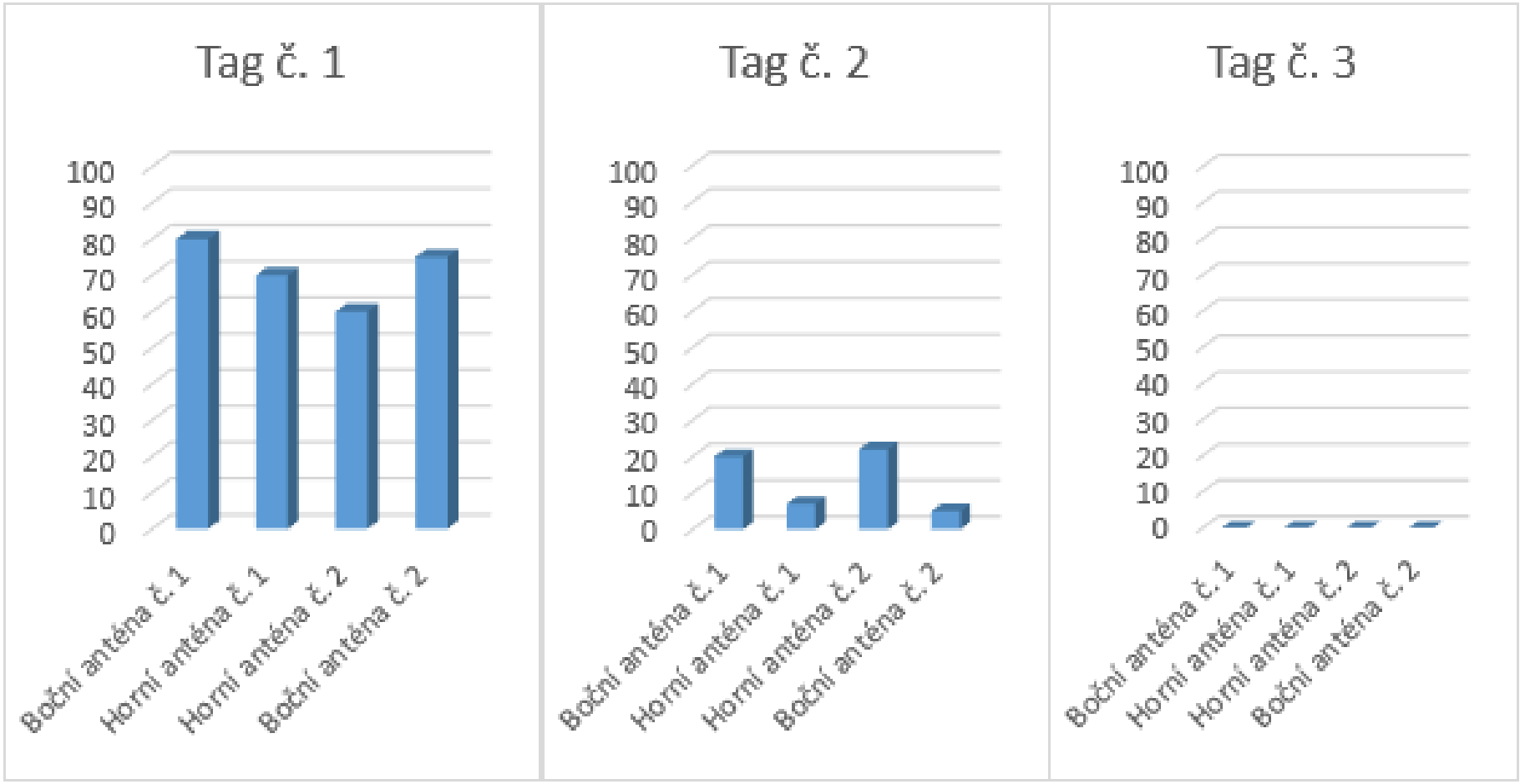
3.5.1 Nastavení č. 1

Tab. 3.3 Nastavení výkonu antén pro první praktickou simulaci

Boční antény	15 dB
Horní antény	20 dB

Zdroj: vlastní zpracování.

Uvedené nastavení spolehlivě přečetlo tag s vysokou čtecí vzdáleností (0,6 – 6 m). Tag se středním čtecím dosahem (0,4 – 4,5 m) byl načten, avšak s nízkou mírou rezervy. Pro tag s nízkým čtecím dosahem (0,15 – 3 m) byl signál nedostatečný a tag nenačetla ani jedna z antén. Nastavení hodnotím jako ideální pro tag číslo 1, pro tag číslo 2 bych si přál vyšší míru rezervy signálu.



Graf 3.1 Počet načtení tagů 1-3, první nastavení

Zdroj: vlastní zpracování.

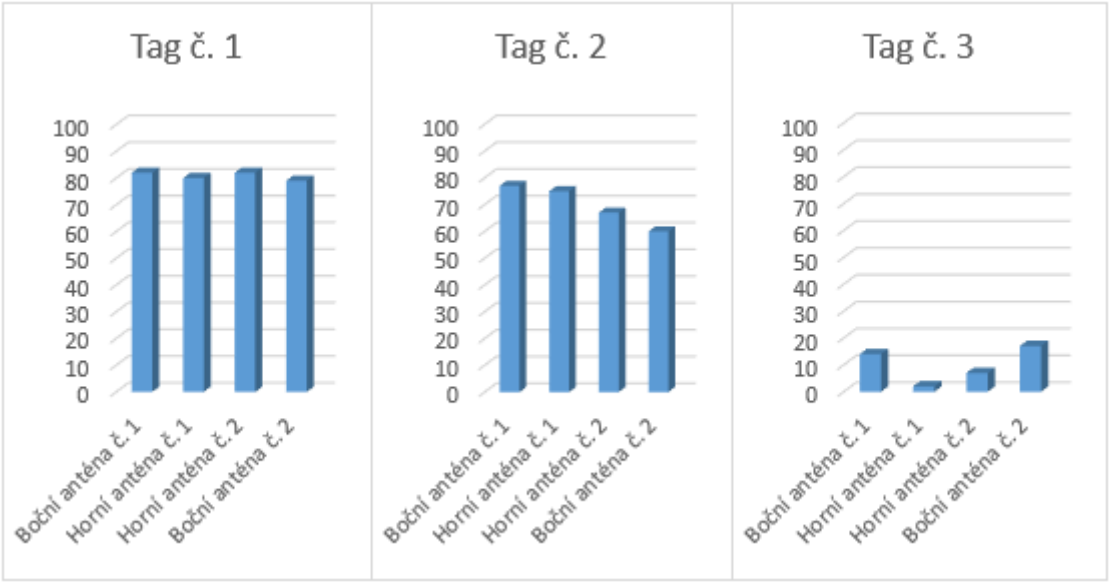
3.5.2 Nastavení č. 2

Tab. 3.4 Nastavení výkonu antén pro druhou praktickou simulaci

Boční antény	20 dB
Horní antény	25 dB

Zdroj: vlastní zpracování.

Nastavení přečetlo všechny 3 tagy, avšak pokud by brána byla určena pro skupinu tagů se čtecí vzdáleností tagu 3, představoval bych si míru rezervy síly signálu vyšší. Nastavení hodnotím jako ideální pro skupinu tagů číslo 1 a 2.



Graf 3.2 Počet načtení tagů 1-3, druhé nastavení

Zdroj: vlastní zpracování.

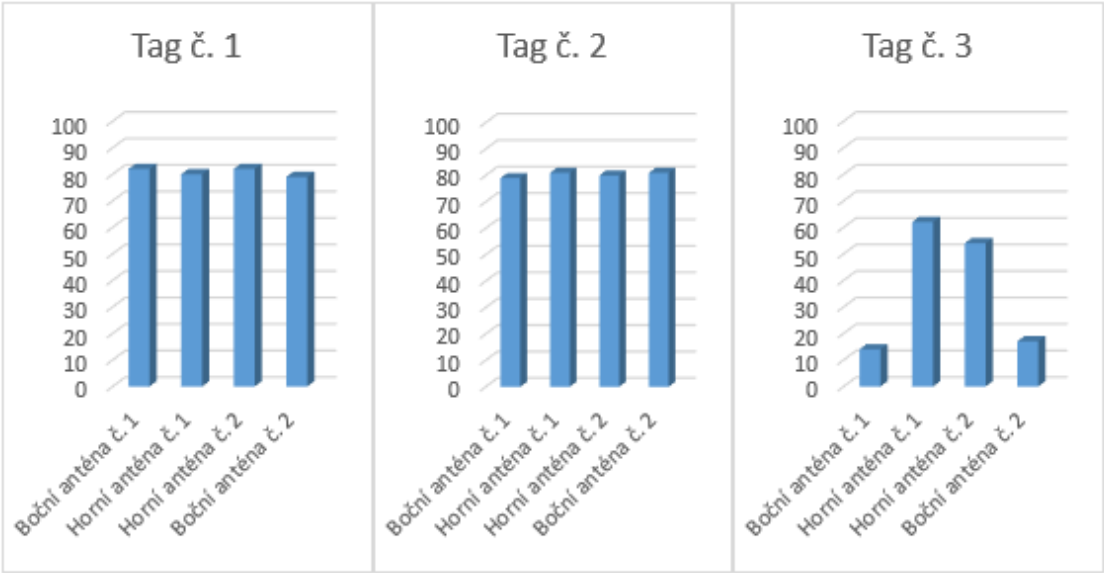
3.5.3 Nastavení č. 3

Tab. 3.5 Nastavení výkonu antén pro třetí praktickou simulaci

Boční antény	20 dB
Horní antény	30 dB

Zdroj: vlastní zpracování.

Nastavení splnilo účel, avšak rezerva signálu je zde dle mého názoru až zbytečně velká. I když se jedná o změnu signálu pouze u horních antén, nastavení takto velkého výkonu antény nese riziko odrazu signálu od objektu či země a následné nechtěné čtení mimo bránu.



Graf 3.3 Počet načtení tagů 1-3, třetí nastavení

Zdroj: vlastní zpracování.

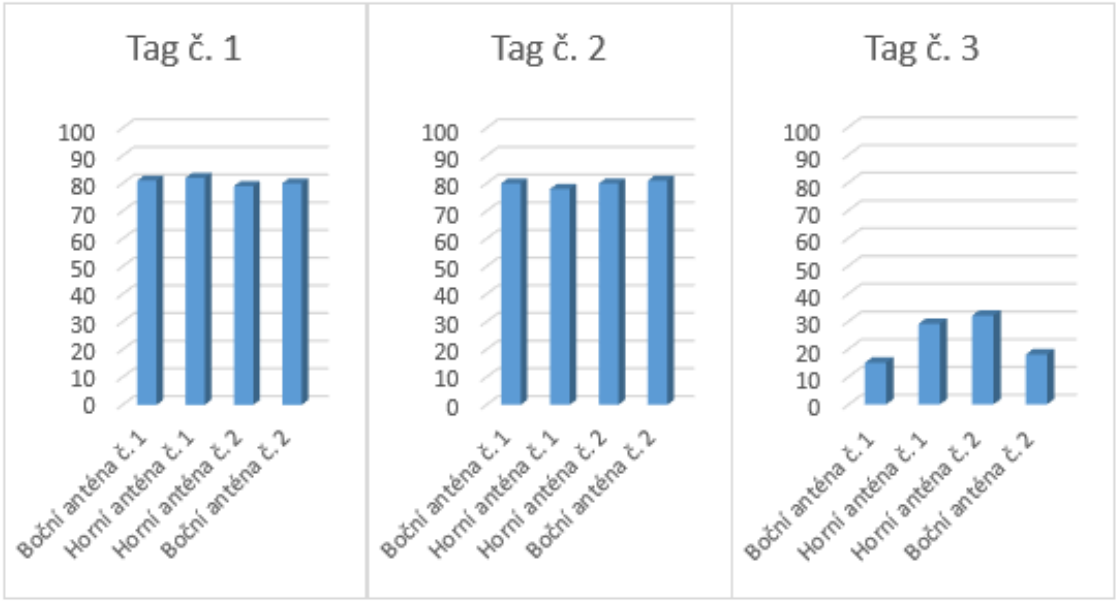
3.5.4 Nastavení č. 4

Tab. 3.6 Nastavení výkonu antén pro čtvrtou praktickou simulaci

Boční antény	20 dB
Horní antény	27 dB

Zdroj: vlastní zpracování.

Toto nastavení hodnotím jako optimální pro tag číslo 3. Počet načtení tagu je s dostatečnou rezervou, ale ne se zbytečně velkou.



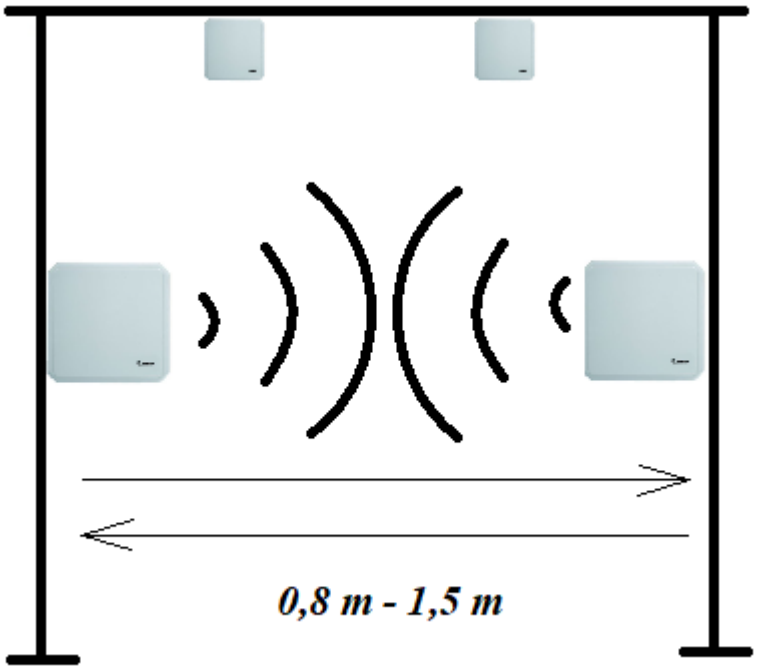
Graf 3.4 Počet načtení tagů 1-3, čtvrté nastavení

Zdroj: vlastní zpracování.

3.6 Optimální nastavení bočních antén

U bočních antén bylo zvažováno nastavení výkonu na hodnotu 15 dB pro všechny tři druhy tagů, avšak po ověřovacím měření měl tag č. 3 po vložení do plastové krabice problémy – nebyl vůbec detekován. Pro detekci tagu č. 3 byly antény nastaveny na hodnotu 20 dB. Maximální čtecí vzdálenost je tedy 1,5 m (0,4 m nechtěná čtecí

vzdálenost mimo bránu, která platí pouze pro tagy s vysokou čtecí vzdáleností). Signál u tagu č. 3 je poměrně stále slabý, ale vzhledem k nechtěnému čtení mimo hranice brány navrhuji maximální hodnotu výkonu u bočních antén 20 dB.



Obr. 3.11 Rozsah čtecí vzdálenosti u bočních antén

Zdroj: vlastní zpracování.

3.7 Optimální nastavení horních antén

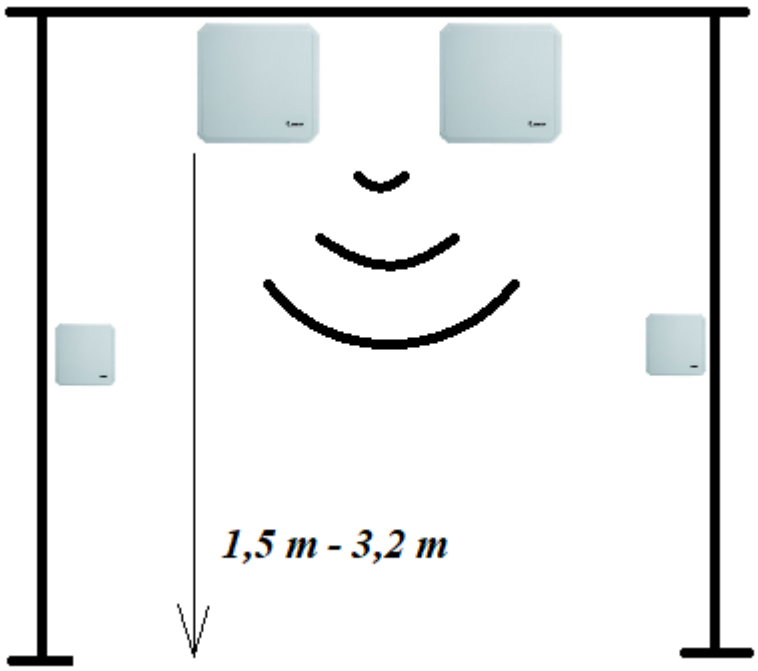
Nastavení horních antén bylo řízené především tagem č. 3 s nejmenším dosahem signálu, jelikož zbylé 2 tagy byly detekovány už u prvního experimentálního nastavení 15 dB u bočních a 20 dB u horních antén.

U horních antén se po všech měřeních jeví jako nejlepší možnost pro skupinu tagů č. 3 hodnota výkonu horních antén 30 dB – počet čtení se v tomto případě blíží k tagům č. 1 a 2.

Toto nastavení však nedoporučuji vzhledem k vysoké šanci odrazu příliš silného signálu od objektu a následného nechtěného čtení mimo zadanou čtecí oblast. Simulace byla

zaměřená na průchod tagů skrz bránu ve výšce 1 m nad zemí, pro optimální nastavení byla tedy brána v potaz především tato situace.

Vzhledem k bočním anténám, které tag č. 3 spolehlivě detekují také, stanovuji dostačující nastavení výkonu 25 dB. Jsem však zastáncem vyšší rezervy a jako optimální nastavení výkonu hodnotím 27 dB.

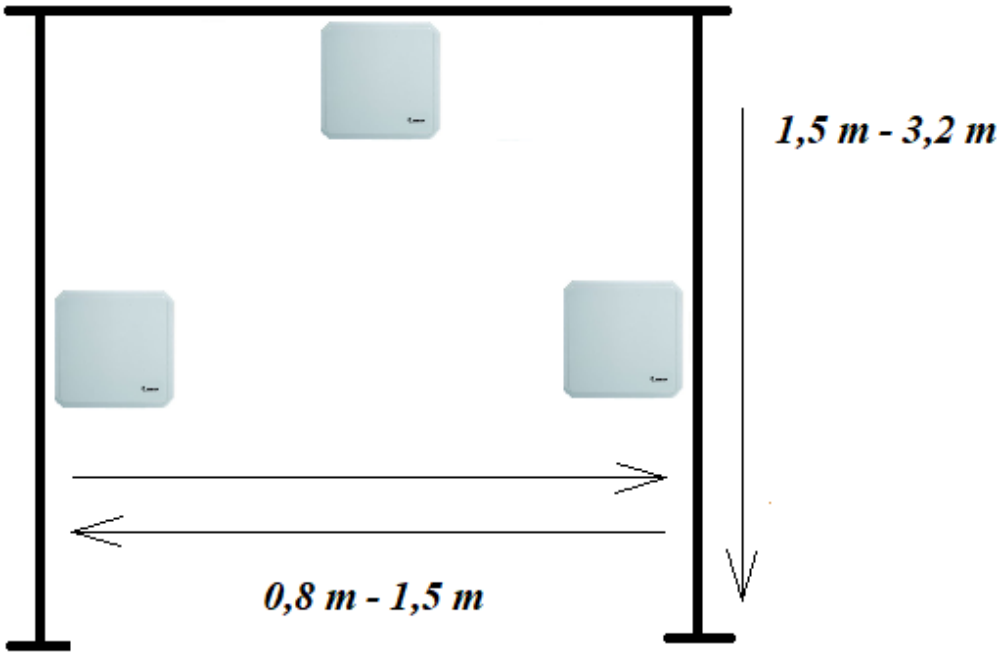


Obr. 3.12 Rozsah čtecí vzdálenosti u horních antén

Zdroj: vlastní zpracování.

4 Vyhodnocení experimentů

Vzhledem k cenové nákladnosti RFID antén bychom mohli zvažovat bránu s menším počtem antén. Se snižováním počtu antén na bráně však roste nutnost razantního navyšování výkonu antén, což vede k rozšíření čtecí oblasti mimo bránu. Za možnou bych v tomto případě považoval jedinou situaci, a to místo dvou horních antén použít pouze jednu a umístit ji doprostřed vrchního rámu.



Obr. 4.1 Možné rozmístění při nižším počtu antén

Zdroj: vlastní zpracování.

Pro optimalizaci brány bylo zásadní si rozdělit tagy na skupiny, pro které bude brána funkční. Pro experimenty byly použité 3 různé tagy s rozdílnou čtecí vzdáleností. V praxi bych tuto obecnou analýzu čtecích vzdáleností tagů také doporučil. Tagy se jednoduše rozčlení do skupin dle jejich čtecích vzdáleností a díky tomuto přehledu je proces konfigurace mnohem jednodušší. Následně bych doporučil provedení analýzy všech druhů tagů, která bránou budou procházet, jejich přiřazení do skupin vyhodnocených měřením s experimentálními tagy a následné nastavení brány pro skupinu (skupiny), pro kterou bude brána využívána.

Pro správnou konfiguraci brány je také velmi důležité zvážit ochranný obal, ve kterém budou tagy v době průchodu bránou umístěné. Zde také doporučuji provést obecné simulace, do jaké míry je možné tag chránit (jakou vrstvou substrátu), aniž by u čtení bylo riziko nedetekování tagu.

Z experimentů je také zřejmé, že čím více skupin tagů je brána schopná pokrýt, tím více je to na úkor „neideálního“ nastavení brány. Například, pokud chceme, aby brána pokryla všechny tři čtecí vzdálenosti tagů, je tato volba na úkor toho, že razantně zvyšujeme výkon antén. Tím pádem i zvyšujeme šanci na nechtěné čtení mimo bránu. Příklad opačný je, že pokud výkon antén snížíme, a tím pádem minimalizujeme šanci na čtení mimo bránu, děláme toto nastavení na úkor toho, že brána bude detekovat pouze tagy s vyšší čtecí vzdáleností. Je tedy velice důležité si určit, pro kterou skupinu tagů bude brána v provozu využívána a na tuto skupinu tagů se zaměřit a bránu podle ní konfigurovat. Bylo by zbytečné mít všestrannou bránu, která pokryje kompletně celou škálu čtecích vzdáleností tagů, když bude brána v provozu využívána například pouze pro tagy s vysokou čtecí vzdáleností bez jakéhokoliv rušivého elementu. Zde by přemrštěný signál neměl smysl a zbytečně by zvyšoval riziko nechtěného čtení.

Posledním faktorem, který z experimentů hodnotím, je rezerva výkonu antén. Jak jsem již zmínil, podmínky reálného provozu se často do jisté míry liší od podmínek, se kterými jsme počítali v simulaci. Vždy doporučuji rozumnou míru rezervy, aby sebemenší odchylka v reálném prostředí neměla za následek nepřečtení tagu.

Závěr

Efektivní rozmístění RFID antén nezahrnuje pouze rozmístění samotné, ale následně jejich optimální nastavení pro danou situaci. RFID technologie jako každá jiná vyžaduje před uvedením do provozu důkladnou analýzu používaných komponent a alespoň okrajovou studii principů fungování této technologie, pokud se provozovatel chce vyhnout problémům spojeným se špatnou optimalizací. Problémy se špatnou optimalizací technologie mohou představovat například větší míru chybovosti při automatické identifikaci, což v důsledku může vést ke zbytečným finančním výdajům při dohledávání a nápravě těchto chyb.

Teoreticky by bylo dostačující optimální nastavení stanovit pouze na základě výpočtů bez praktické simulace, avšak pokud se nejedná o situaci, kdy je simulace nerealizovatelná, doporučuji vždy před zavedením do provozu simulaci provést a vyhnout se tak nečekaným chybám, kdy náprava těchto chyb je v provozu mnohem nákladnější než v pouhé simulaci.

Důležitost simulací bych chtěl zmínit nejen v případě technologie RFID, ale obecně u jakékoliv technologie před uvedením do provozu. Při srovnání situací řádně simulované technologie oproti nesimulované verzi je úroveň chybovosti nesrovnatelná a simulace se zpravidla vždy vyplatí provést.

U experimentálního měření RFID technologie je také velmi důležitý aspekt volba tagů, které v experimentech budou zvolené. Vzhledem k tomu, že dosah signálu mezi druhy tagů se může lišit až o desetinásobky, je nezbytné si před uvedením do provozu určit skupinu (skupiny) tagů, které budou bránou procházet, poté co možná nejvěrněji nasimulovat podmínky provozu, nastavení optimalizovat, znovu ověřit a až poté uvést technologii do provozu.

Jako poslední zmiňuji volbu počtu antén, kterými by brána mohla disponovat. Zde je potřeba brát v potaz, že se snižujícím počtem antén rostou nároky na sílu signálu zavedených antén pro pokrytí chtěné čtecí zóny. Zde je rozhodnutí na každém provozovateli, do jaké míry je ochotný připustit kompromis mezi ušetřenými financemi za antény navíc a potenciálním rizikem nechtěného čtení mimo chtěnou čtecí zónu kvůli nutnosti zesílení signálu při nižším počtu antén.

Seznam zdrojů

[1] MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ. Logistika. Ostrava: VŠB-TU, 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.

[2] *Čárové kódy* [online]. 2020 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: http://www.et-pocitacovesystemy.wz.cz/cislicova_technika/kodovani/carovy/carovy_kod.html.

[3] *QR kódy. QR kódy* [online]. PortálDigi, 2020 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: https://kurzy.portaldigi.cz/course/view.php?id=9.

[4] BOROVANSKÝ, Petr. *Textilní RFID tagy*. Plzeň, 2018. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Ing. Martin Pavec.

[5] PIŇOS, Michal. *Radarové měření pro rychlostní disciplíny*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Lukáš Maršík.

[6] GS1 EPCglobal. *RFID a globální standard EPC* [online]. Praha: GS1, 2020 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: https://www.gs1cz.org/media/volne-dostupne-brozury/publikace-epc-rfid.pdf.

[7] HAVLÍČEK, Jaroslav. *Malé odražeče pro bezčipovou rádiovou identifikaci*. Praha, 2015. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Polívka, Ph.D.

[8] Zebra Technologies Corporation. *FX9500 RFID Reader USER GUIDE* [online]. 2017 [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: https://www.zebra.com/us/en/support-downloads/rfid/rfid-readers/fx9500.html.

[9] Zebra Technologies Corporation. *Zebra UHF RFID Antennas* [online]. 2020 [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/solutions-verticals/product/RFID/Antenna/brochure/uhf-rfid-antennas-brochure-en-us.pdf.

[10] MACHÁŇ, Michal. *Čárové kódy*. Praha, 2010. Bakalářská práce. Bankovní institut vysoká škola Praha. Vedoucí práce Ing. Vladimír Beneš.

[11] ULBERT, Martin. *Možnosti využití RFID technologie pro potřeby Dopravního podniku měst Chomutova a Jirkova, a. s*. Pardubice, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.

[12] GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5. Dostupné také z: https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7080-952-5.

[13] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.

[14] JAŠEK, Roman a Ivan HLAVOŇ. *Bezpečnost informačních technologií*. Přerov: VŠLG, 2019. ISBN 978-80-87179-55-0.

[15] KVAŠŇOVSKÝ, Martin. *Možnosti implementace RFID technologie v dodavatelském řetězci firmy*. Přerov, 2016. Vysoká škola logistiky o.p.s. Diplomová práce. Vedoucí práce Ing. Libor Kavka, Ph.D.

[16] ISO. *ISO - About us* [online]. 2020 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.iso.org/about-us.html.

[17] EPC. *EPCglobal – Standards GS1* [online]. GS1, 2020 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.gs1.org/epcglobal.

[18] HAMPLOVÁ, Miloslava. *Využití technologie automatické identifikace pro optimalizaci procesů skladové logistiky*. Přerov, 2019. Vysoká škola logistiky o.p.s. Diplomová práce. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym.

Seznam grafických objektů

Seznam grafů

Graf 3.1 Počet načtení tagů 1-3, první nastavení 38
Graf 3.2 Počet načtení tagů 1-3, druhé nastavení 39
Graf 3.3 Počet načtení tagů 1-3, třetí nastavení 40
Graf 3.4 Počet načtení tagů 1-3, čtvrté nastavení 41

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Skladba čárového kódu 14
Obr. 1.2 Kód EAN13 15
Obr. 1.3 Struktura QR kódu 16
Obr. 1.4 Snímač čárových kódů 17
Obr. 2.1 RFID systém 18
Obr. 2.2 Ilustrace fungování pulsního radaru 20
Obr. 2.3 Metody bezčipových RFID tagů 24
Obr. 2.4 Kódování informací ve spektru 25
Obr. 3.1 Uživatelské rozhraní čtečky FR95000 29
Obr. 3.2 Anténa Zebra AN480 30
Obr. 3.3 RFID čtečka FX9500 30
Obr. 3.4 Rozmístění antén na bráně 31
Obr. 3.5 Tagy použité k měření 32
Obr. 3.6 Vertikální vyzařovací diagram antén Zebra AN480 33
Obr. 3.7 Grafické znázornění čtecí vzdálenosti tagu č. 1 34
Obr. 3.8 Grafické znázornění čtecí vzdálenosti tagu č. 2 35
Obr. 3.9 Grafické znázornění čtecí vzdálenosti tagu č. 3 36
Obr. 3.10 Plastová krabice a pojízdný košík použité pro simulaci 37
Obr. 3.11 Rozsah čtecí vzdálenosti u bočních antén 42
Obr. 3.12 Rozsah čtecí vzdálenosti u horních antén 43
Obr. 4.1 Možné rozmístění při nižším počtu antén 44

Seznam tabulek

Tab. 2.1 RFID frekvenční pásma 22
Tab. 3.1 Technická specifikace antén Zebra AN480 28
Tab. 3.2 Pole působnosti tagů při konkrétních hodnotách 34
Tab. 3.3 Nastavení výkonu antén pro první praktickou simulaci 37
Tab. 3.4 Nastavení výkonu antén pro druhou praktickou simulaci 39
Tab. 3.5 Nastavení výkonu antén pro třetí praktickou simulaci 40
Tab. 3.6 Nastavení výkonu antén pro čtvrtou praktickou simulaci 41

Seznam zkratek

CCD	Charge-coupled Device
EAN	European Article Number
ECCC	Electronic Code Council of Canada
EPC	Electronics Product Code Global Incorporated
ISO	International Organization for Standardization
NFC	Near Field Communication
OCR	Optic Character Recognition
ONS	Object Name Service
RFID	Radio Frequency Identification
SAW	Surface acoustic wave
UCC	Uniform Code Council
XML	Extensible Markup Language

Autor/ka	**Zdeněk Homola, DiS.**
Název BP	**Ověření rozmístění antén na RFID bráně**
Studijní obor	**IPL**
Rok obhajoby BP	**2020**
Počet stran	38
Počet příloh	0
Vedoucí BP	**Ing. Libor Kavka, Ph.D.**
Anotace	Tato bakalářská práce pojednává o ověření rozmístění RFID antén na průchozí bráně. Čtenář je také seznámen s ostatními technologiemi automatické identifikace používanými v logistice a s technologií RFID jako takovou, včetně jejího historického vývoje a uvažovaného budoucího vývoje. Praktická část je věnována experimentálnímu měření pomocí variací nastavení RFID antén v učebně automatické identifikace AutoID na Vysoké škole logistiky Přerov.
Klíčová slova	automatická identifikace, čárový kód, ICT, QR kód, RFID technologie, tag
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	