

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

RFID čipy a jejich praktické využití

Jan Hejný

© 2012 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra informačních technologií

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hejný Jan

Informatika

Název práce

RFID čipy a jejich praktické využití

Anglický název

RFID chips and their practical utilization

Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku využívání RFID čipů v praxi. Hlavním cílem je porovnat výhody a nevýhody využití RFID technologie v různých odvětvích a navrhnout využití této technologie v praxi s minimalizací nevýhod. Dílčí cíle práce jsou:

- popsat vlastnosti a princip RFID technologie
- porovnat využití RFID technologie u nás a ve světě
- shrnout klady a zápory různého využití v praxi a doporučit implementaci technologie v konkrétním odvětví

Metodika

Metodika řešení problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů.

Na základě analýzy odborné literatury bude provedena specifikace RFID technologie a komparace s technologií čárových kódů.

Vlastní řešení je realizováno formou doporučení implementace RFID technologie v praxi na základě poznatků o využití této technologie jinde ve světě.

Na základě analýzy a syntézy teoretických poznatků a vlastního řešení budou formulovány závěry bakalářské práce.

Harmonogram zpracování

Zadání práce - 06/2011

Literární rešerše - 07/2011-09/2011

Vypracování vlastního řešení, zhodnocení výsledků - 10/2011-12/2011

Tvorba finálního dokumentu BP - 01/2012-02/2012

Odevzdání BP a teze - 03/2012

Rozsah textové části

30 - 40 stran

Klíčová slova

RFID, bezkontaktní čipy, RFID tag, bezdrátové systémy, bezpečnost RFID, RFID v praxi, implementace čipů

Doporučené zdroje informací

PINKENZELLER, Klaus. RFID handbook : fundamentals and applications in contactless smart cards and identification. Germany : John Wiley & Sons, 2003. 427s. 2nd edition. ISBN 0-470-84402-7

HUNT, Daniel, PUGLIA, Albert, PUGLIA, Mike. RFID: A Guide to Radio Frequency Identification. New Jersey : John Wiley & Sons, 2007. 236s. ISBN 978-0-470-10764-5

BANKS, Jerry, PACHANO, Manuel A., THOMPSON, Les G., HANNY David. RFID Applied. New Jersey : John Wiley & Sons, 2007. 528s. ISBN 978-0-471-79365-6

MILES, Stephen B., SARMA, Sanjay E., WILLIAMS, John R. RFID Technology and Applications. New York : Cambridge University Press, 2008. 242s. ISBN-13 978-0-521-88093-0

TURCU, Cristina. Development and Implementation of RFID Technology. Vienna : InTeh, 2009. 554s. ISBN 978-3-902613-54-7

Vedoucí práce

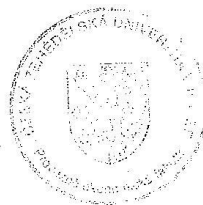
Hesová Ivana, Ing.

Termín odevzdání

březen 2012

doc. Ing. Zdeněk Havlíček, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr.h.c.

Děkan fakulty

V Praze dne 21.11.2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „RFID čipy a jejich praktické využití“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28. listopadu 2012

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Hesové za její cenné rady při vypracování této práce, panu Tomáši Kubíčkoví ze společnosti BARCO s.r.o. za odborné konzultace a Petru Veselému ze společnosti Kapsch Česká republika za poskytnutí interních materiálů.

RFID čipy a jejich praktické využití

RFID chips and their practical utilization

Souhrn

Práce se zabývá problematikou využití RFID technologie v různých oblastech. Popisuje principy této technologie, jednotlivé komponenty RFID systémů, standardy a regulace týkající se RFID a shrnuje kladné a záporné vlastnosti této technologie. Práce se také věnuje popisu různých druhů optické identifikace a porovnává je s technologií RFID. V práci jsou blíže popsány některé konkrétní aplikace této technologie v zahraničí a dvě z nejznámějších tuzemských implementací RFID – mýtné brány na dálnicích a karta Opencard. Na základě zhodnocení různých využití této technologie a jejich výhod a nedostatků doporučuje práce postup konkrétní implementace ve výrobním odvětví.

Summary

This work deals with the use of RFID technology in various domains. It describes the principles of this technology, the individual components of RFID systems, standards and regulations related to RFID and summarizes the positive and negative features of this technology. Work also describes different types of optical identification and compares them with RFID. In this work there are described some of the specific applications of this technology abroad and two famous domestic RFID implementations - tollgates on the highways and the Opencard project. Based on the review of the various usage of this technology and their advantages and disadvantages, the work recommends the procedure of RFID implementation in the industry.

Klíčová slova: RFID, bezkontaktní čipy, RFID tag, bezdrátové systémy, bezpečnost RFID, RFID v praxi, implementace čipů

Keywords: RFID, contactless chips, RFID tag, wireless systems, RFID security, RFID in practice, implementation of chips

Obsah

1	Úvod.....	5
2	Cíl práce a metodika.....	6
3	Technologie RFID.....	7
3.1	Historie RFID.....	7
3.2	Princip RFID.....	8
3.3	RFID tagy.....	9
3.3.1	Napájení.....	10
3.3.2	Frekvence.....	10
3.3.3	Paměť.....	11
3.3.4	Provedení.....	12
3.4	RFID čtecí zařízení.....	12
3.4.1	Řídící jednotka.....	14
3.4.2	Anténa.....	14
3.4.3	Rádiové rozhraní.....	14
3.5	Middleware.....	14
3.6	Bezpečnost RFID.....	15
3.6.1	Šifrování.....	15
3.6.2	Soukromí.....	15
3.6.3	RFID viry a červi.....	16
3.7	RFID standardy a regulace.....	16
3.8	Výhody RFID.....	18
3.9	Nevýhody RFID.....	19
3.9.1	Cena.....	19
3.9.2	Standardizace.....	20
3.9.3	Kolize signálu.....	20
3.9.4	Překážky signálu.....	21
3.9.5	Poškození nebo chybné načtení tagu.....	21
3.9.6	Soukromí a bezpečnost.....	21
3.10	Budoucnost RFID.....	22
4	Porovnání s čárovými kódy a jinými optickými technologiemi.....	24
4.1	1D čárové kódy.....	24
4.1.1	Porovnání RFID a čárových kódů.....	26
4.2	QR a ostatní 2D kódy.....	28
4.2.1	QR kódy.....	29
4.2.2	PDF 417.....	29
4.2.3	Data Matrix.....	30
4.2.4	MaxiCode.....	30
4.2.5	Porovnání RFID a 2D kódů.....	31
4.3	OCR.....	31
5	Praktické využití RFID ve světě.....	32
5.1	Dodavatelský řetězec.....	32
5.1.1	EPC.....	33
5.1.2	Wal-Mart.....	34
5.1.3	Ministerstvo obrany USA.....	35
5.2	Veřejná doprava.....	35

5.3	Transport	37
5.4	Bezkontaktní platební karty (Smart Cards).....	38
5.5	Automobilový průmysl	39
5.6	RFID a NFC v mobilních telefonech	40
5.7	Přístupové systémy	41
5.8	Vstupenky	43
5.9	Identifikace zvířat.....	43
5.10	Sport	44
5.11	Zdravotnictví	45
5.12	Knihovny.....	47
5.13	Ochrana proti krádeži (EAS).....	48
5.14	Cestovní pasy	49
6	Využití RFID v ČR	50
6.1	Mýtné brány na dálnicích.....	50
6.1.1	OBU – palubní jednotka.....	51
6.1.2	Tollingová brána	52
6.2	Opencard	53
7	Implementace RFID v konkrétním odvětví.....	57
7.1	Volba odvětví	57
7.2	Požadavky a přínosy systému	58
7.3	Návrh RFID systému	58
7.4	Volba tagů	59
7.5	Volba čtecích zařízení	61
7.6	Zpracování dat.....	62
7.7	Postup realizace.....	63
7.8	Zhodnocení a optimalizace	63
8	Závěr	65
9	Seznam použitých zdrojů	66

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Pasivní RFID tag	9
Obrázek 2 - RFID UHF čtecí brána	13
Obrázek 3 - Mobilní RFID terminál.....	13
Obrázek 4 - čárový kód EAN 13	25
Obrázek 5 - UCC/EAN 128 kód	25
Obrázek 6 – 1D kód Code 39	25
Obrázek 7 – 1D kód Codabar	26
Obrázek 8 – 2D QR kód.....	29
Obrázek 9 - 2D kód PDF417.....	30
Obrázek 10 - 2D kód DataMatrix	30
Obrázek 11 - 2D kód MaxiCode	31
Obrázek 12 - Mobilní telefon komunikující s NFC štítkem	41
Obrázek 13 - Offline RFID přístupový terminál.....	42

Obrázek 14 - RFID snímače s turnikety u lyžařského vleku	43
Obrázek 15 - Skleněný RFID transpondér délky 32 mm používaný pro identifikaci zvířat.....	44
Obrázek 16 - RFID transpondér umístěný na botě běžce	45
Obrázek 17 - RFID tag pracující na frekvenci 13.56 MHz s teplotním čidlem	47
Obrázek 18 - Typická podoba antén sloužících pro EAS	48
Obrázek 19 - Jednotka OBU (On-Board Unit)	52
Obrázek 20 - Zařízení na mýtné bráně	53
Obrázek 21 - Karta Opencard	53
Obrázek 22 - Tagy Inotec ve formě nalepovacích etiket	60
Obrázek 23 - Tagy Inotec vhodné pro přichycení k paletě	61
Obrázek 24 - Tagy Inotec vhodné pro umístění na kovovém předmětu	61
Obrázek 25 - RFID UHF čtecí zařízení s integrovanou anténou	62

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Frekvenční pásma určená pro systémy RFID a odpovídající vlastnosti systémů.....	11
Tabulka 2 - Rozdělení oblastí na regiony dle povolených frekvencí pro UHF RFID	17
Tabulka 3 - Srovnání RFID a optických technologií	28
Tabulka 4 – Průměrná doba odbavení cestujícího v autobusu pomocí různých technologií.....	36

1 Úvod

Problematika využití RFID byla zvolena z důvodu nízkého veřejného povědomí o této technologii, která však v posledních letech zaznamenává velký rozvoj a stává se součástí každodenního života. Již dnes je možné se s využitím této technologie běžně setkat, ať už v podobě různých bezkontaktních karet nebo u zboží v obchodě, které je označeno RFID čipy.

Téma je aktuální zejména z důvodu snahy o zavedení celosvětového značení výrobků RFID čipy v dodavatelském řetězci, která postupně vyvolává tlak na výrobce a distributory. Iniciativa pochází většinou od odběratelů – obchodních řetězců – kteří v identifikaci zboží pomocí RFID spatřují potenciál ve zvýšení efektivity jejich zásobování, snížení nákladů a zlepšení skladového hospodářství. Výhody RFID oproti jiným identifikačním technologiím si získávají pozornost mnoha společností napříč všemi odvětvími – od logistiky, dopravy a zdravotnictví až po automobilový průmysl, banky či státní správu.

Využití RFID technologie přináší kromě mnoha výhod také jistá rizika, obzvláště v době zvyšující se tzv. kyberkriminality. Vzhledem k obavám o narušení soukromí je v některých odvětvích rozvoj RFID pomalejší a stále se vyvíjejí nové bezpečnostní postupy a standardy.

Díky postupné eliminaci bezpečnostních problémů a snižování cen komponent RFID systémů se největší rozšíření této technologie teprve očekává v následujících letech.

2 Cíl práce a metodika

Práce se zabývá problematikou využití RFID technologie v praxi. Hlavním cílem je doporučit vhodný způsob její implementace v konkrétním odvětví s přihlédnutím k výhodám a nevýhodám jejího použití. Dílčím cílem práce je vytvořit přehled různých způsobů využití této technologie u nás i ve světě a také porovnat technologii RFID s optickými identifikačními technologiemi. K lepšímu pochopení problematiky se práce zabývá i historií a principy této technologie a také jednotlivými komponenty RFID systémů.

Metodika práce je založena na analýze odborných informačních zdrojů, především zahraničních¹, popisujících vlastnosti a principy technologie RFID a její konkrétní aplikace ve světě. Na základě analýzy odborných zdrojů a veřejně publikovaných sekundárních dat je provedeno shrnutí historie a specifikace RFID technologie a její porovnání s technologií čárových kódů. Pomocí analyticko-syntetických postupů jsou popsány konkrétní způsoby využití RFID a na základě nich práce předpovídá také další vývoj a budoucnost RFID technologie. Indukcí získaných poznatků o využívání RFID jsou určeny a popsány hlavní výhody a nevýhody této technologie, které jsou určující pro vlastní návrh implementace. Doporučená implementace RFID vychází ze získaných teoretických poznatků a z konzultací problematiky implementace RFID s odborníky v této oblasti ze společnosti BARCO s.r.o.

¹ Veškeré použité cizojazyčné zdroje jsou přeloženy autorem této práce.

3 Technologie RFID

Zkratka RFID pochází z anglických slov *Radio Frequency Identification*. Jedná se tedy o identifikaci (ID) pomocí radiofrekvenčních (RF) vln. RFID je pouze jednou z mnoha technologií sdružených pod pojmem automatická identifikace (*AutoID*), jako je čárový kód, magnetický inkoust, optické rozpoznávání znaků, rozpoznávání řeči, čipové karty, biometrická identifikace atd. [2]

Automatická identifikace je obecně taková identifikace, kterou používají přístroje k rozpoznání předmětu. Tato identifikace obsahuje úkony jako automatické získání informací, jejich prvotní zpracování a předání dalšímu systému. To vše probíhá bez lidské účasti. Cílem automatické identifikace je zvýšení účinnosti, eliminace chyb při ručním vkládání dat, snížení nákladů, uvolnění pracovní síly pro jinou činnost atd. [40]

Technologie RFID slouží jako vylepšení metody čárových kódů, proto se začala uplatňovat v mnoha odvětvích a oblastech, kde je kladen důraz na co nejrychlejší a přesné zpracování informací. [15]

3.1 Historie RFID

Kořeny technologie radiofrekvenční identifikace lze nalézt už v období 2. světové války. V té době vyvinul skotský fyzik Robert Alexander Watson-Watt přístroj zvaný radar. Radar vysílal do svého okolí radiové vlny, které se po nárazu od nějakého objektu odrazily zpět, a tím bylo možné tento objekt detekovat. Radar měl tehdy upozornit na blížící se letadla, avšak bylo potřeba rozpoznat, které letadlo patří spojencům a které nepřítelům. Němci zjistili, že jejich radary zachytí poněkud odlišný signál, pokud pilot při návratu na základnu provede s letadlem otočení podle podélné osy. Díky tomu byla obsluha radaru schopná poznat, jestli se blíží nepřátelský letoun. Tento způsob identifikace se dá považovat za první pasivní RFID systém. [37]

V 50. a 60. letech 20. století pokračoval vývoj směrem k využití energie radiových vln ke vzdálené identifikaci předmětů a také ke komerčnímu využití této technologie.

V pozdních 60. letech byly založeny společnosti Sensormatic a Checkpoint, které spolu s ostatními společnostmi vyvinuli systém ochrany proti krádežím EAS (*Electronic Article Surveillance*). Tento systém využíval pouze 1 bitový tag a mohl tedy obsahovat pouze hodnoty 0 nebo 1, obvykle tedy informaci, že zboží je nebo není zapláceno.

Výhodou tohoto řešení je především nízká cena tagu, a proto je tento systém široce používán i dnes. EAS je tedy první a zároveň nejrozšířenější komerční využití RFID technologie. V 70. letech se vývojáři, vynálezci, akademické instituce a vládní laboratoře aktivně podíleli na dalším vývoji RFID technologie. Tento vývoj značil počátek praktických pasivních tagů s operačním dosahem několika desítek metrů. 70. léta byly ve znamení vývoje pro praktické použití RFID technologie, poptávka byla zejména po využití pro sledování vozidel, zvířat a pro tovární automatizaci. Obzvláště v Evropě byl velký zájem o využití RFID ke sledování zvířat. Technologie RFID tagů zaznamenala pokrok ve formě zmenšení jejich velikosti a vylepšení funkčnosti. Klíčová byla nízká energetická spotřeba tagů. [5]

V 80. letech byla v plném proudu implementace RFID technologie, ačkoliv se její vývoj lišil v mnoha částech světa. Největší zájem ze strany USA byl o využití RFID v dopravě, přístupových systémech a také pro sledování zvířat. V Evropě byla největší poptávka po RFID systémech krátkého dosahu využitelných pro sledování zvířat nebo placení mýtného na silnicích. Klíčové pro další rozmach této technologie bylo rozšíření osobních počítačů, což umožňovalo pohodlně a levně zpracovávat data z RFID systémů. [5]

Počátkem 90. let vyvinula a patentovala společnost IBM první RFID systém pracující na ultra krátkých vlnách (UHF). Využití UHF zvětšilo čtecí vzdálenost a zvýšilo rychlost přenosu dat. V 90. letech se také zaváděly nové technické postupy výroby čipů, které přispěly ke snižování ceny RFID tagů. [3] [37]

Po roce 2000 docházelo k masivnímu využívání technologie RFID. Obzvláště významný byl rok 2003, kdy největší obchodní řetězec, americký Wal-Mart, vydal požadavek pro své dodavatele, že do roku 2005 musí pro dodávané zboží začít používat RFID technologii. Ostatní prodejci a mnoho výrobců tento trend následovali. [3]

3.2 Princip RFID

Plnohodnotný RFID systém se skládá ze tří hlavních komponent. Těmi jsou:

- **RFID tag**
- **čtecí zařízení**
- **middleware**

Jednotlivé součásti jsou blíže popsány v dalších kapitolách této práce.

Princip činnosti RFID systému s běžným pasivním tagem je následující:

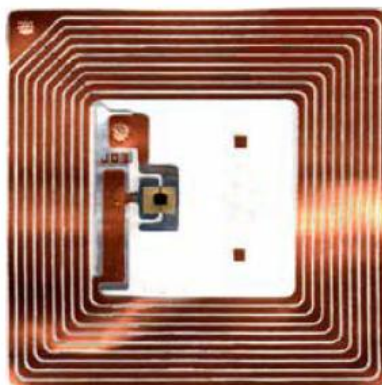
Čtecí zařízení prostřednictvím antény vytváří elektromagnetický signál a šíří ho do okolí. Pokud je v dostatečné vzdálenosti od antény RFID tag, anténa tagu signál přijme a indukované napětí vytvoří střídavý elektrický proud, který po usměrnění nabije kondenzátor tagu. Když je napětí na kondenzátoru na dostatečné úrovni, spustí se obvody uvnitř tagu a ten začne prostřednictvím své antény vysílat signál, který je zpět zachycen čtecím zařízením. Čtecí zařízení může přijatá data dále zpracovat nebo je rovnou předat middlewaru. [3]

3.3 RFID tagy

Nosič informace je v RFID systému nazýván *tag* neboli *transponder* [2] [27], v češtině je též užíváno slovo *štítek* [41]. Toto označení se používá také proto, že nosič informace bývá v praxi nejčastěji realizován formou nalepovacího štítku. [27]

Běžný pasivní RFID tag (Obrázek 1) se obvykle skládá ze tří komponent – čipu, antény a kondenzátoru.

Obrázek 1 - Pasivní RFID tag [27]



Čip je nejčastěji vyroben z křemíku a obsahuje informace o předmětu, který je tagem označen. Anténa je připojena k čipu a pomocí radiových vln vysílá informaci čtecímu zařízení. Obecně platí, že čím je delší anténa, tím je větší čtecí vzdálenost. [27]

RFID tagy můžeme dělit podle několika hledisek:

- **napájení** – RFID tagy mohou mít vlastní napájení
- **frekvence** – pro každé použití je vhodná jiná frekvence radiových vln

- **dosah** – vzdálenost, ze které lze tag přečíst se pohybuje od několika centimetrů až po desítky metrů
- **paměť** – do paměti je možné i zapisovat
- **bezpečnost** – dle konkrétní aplikace se využívají jiné bezpečnostní postupy

3.3.1 Napájení

Dle způsobu napájení tagů se dělí na pasivní a aktivní, někdy se uvádějí i tzv. semipasivní. [8] [27]

Pasivní tagy neobsahují žádný svůj zdroj napájení, veškerá energie potřebná pro jejich funkci tedy pochází z elektromagnetických vln vysílaných čtecím zařízením. Díky tomu, že pasivní tag nemá žádnou baterii, je jeho cena výrazně nižší, než cena tagů aktivních s vlastním napájením. Na druhou stranu bývá u pasivních tagů kratší čtecí vzdálenost. [2]

Aktivní tagy vysílají samy své údaje do okolí a zahajují komunikaci se čtečkou, což umožňuje vlastní miniaturní baterie umístěná v čipu.

Vzhledem k tomu, že tagy obsahují baterii, jsou méně odolné vůči extrémnějším teplotám a jejich baterie je potřeba vyměňovat. Životnost baterie u nich bývá uváděna v řádu několika let. [19]

Tyto tagy se nejčastěji využívají tam, kde je lze opětovně použít, především kvůli jejich vyšší ceně. Mezi takové oblasti patří např. automatická platba mýtného na silnicích, kde je nutné, aby tag se čtecím zařízením komunikoval na větší vzdálenost. [27]

Semipasivní tagy, někdy nazývané tagy s pomocnou baterií (*battery assisted*) [3], stejně jako pasivní tagy, komunikaci se čtecím zařízením nezahajují. Mají ale navíc baterii, která nejčastěji slouží k dodání energie pro nepřetržitý provoz čipu. Ten uchovává např. informace o okolní teplotě [27] nebo také může zvýšit dosah čtení tagu. [8]

3.3.2 Frekvence

Faktor, který nejvíce ovlivňuje dosah čtení RFID tagu a rychlost jeho čtení či zápisu, je frekvenční pásmo, ve kterém systém pracuje. RFID systémy pracují na velmi odlišných frekvencích, od 125 kHz až do 5,8 GHz. Obecně lze frekvence využívané pro RFID rozdělit na nízké frekvence (LF), vysoké frekvence (HF), velmi vysoké frekvence (UHF) a mikrovlny. [40]

RFID systémy využívající frekvence v nižších kmitočtových pásmech (LF, HF) mají obecně kratší dosah. Je to způsobeno tím, že nevyužívají odraženého signálu, ale induktivní vazby mezi tagem a čtecím zařízením. Anténa tagu tvoří cívku, kterou musí procházet indukční tok z čtecího zařízení. Proto musí být tag relativně blízko u čtecího zařízení. [33]

Systémy pracující v UHF pásmu naproti tomu využívají odrazové metody nebo také radiální metody. Tím je také dána větší maximální vzdálenost tagu od čtecího zařízení. [2]

Jednotlivá frekvenční pásma a odpovídající vlastnosti jsou shrnuty v tabulce č. 1.

**Tabulka 1 - Frekvenční pásma určená pro systémy RFID
a odpovídající vlastnosti systémů[40]**

Označení	Frekvenční pásmo	Vlastnosti
LF (Low Frequency)	125 - 134 kHz	- signál dobře prochází kapalinou i kovy - malý dosah, většinou do 10 cm (maximálně 50 cm) - vysoké výrobní náklady - malá přenosová rychlost - neexistují antikolizní mechanismy
HF (High Frequency)	13,56 MHz	- signál se odráží od kovů a obtížně prochází kapalinami - čtecí dosah do 1 m - nízká cena štítku - dostatečná přenosová rychlost
UHF (Ultra High Frequency)	860 - 930 MHz	- signál je značně absorbován kovy a zcela kapalinami - čtecí dosah do 3- 5 m - nejnižší cena štítku - vysoká přenosová rychlost
MW (Microwave)	2,45 - 5,8 GHz	- signál extrémně absorbují kapaliny - čtecí dosah až 10 m - vysoká cena tagu - možnost konfliktu s některými typy bezdrátových počítačových sítí a jiných zařízení - nejvyšší přenosová rychlost

3.3.3 Paměť

Podle toho, jak je možné na tag zapisovat, rozlišujeme tyto typy tagů:

- **Read Only** – tagy jsou pouze pro čtení a obsahují pouze informace z výroby.

- **Write Ones, Read Many** – na tagy lze data zapsat pouze jednou, číst z nich je možné libovolně. Zapsaná hodnota již nelze přepsat.
- **Read-Write** – tag je možné vícekrát přepsat a libovolně z něj číst. Někdy může být prepisovatelná jen část tagu.

3.3.4 Provedení

Velikost, tvar i forma RFID tagu může být různá a vyplývá ze specifík jednotlivých aplikací. RFID tagy velmi často nacházejí uplatnění ve formě papírové či plastové samolepicí etikety („smart label“). Takovouto etiketu je možné kódovat pomocí RFID tiskárny a potiskovat termo nebo termotransfer tiskem. [19]

RFID tagy mají také často podobu malé mince, nejčastěji v plastovém obalu.

Pro sledování a identifikaci zvířat byly navrženy tagy ve skleněném pouzdře tvaru miniaturního válečku, které se aplikují pod kůži. V souvislosti s rostoucím využitím RFID technologie pro různé přístupové systémy získávají RFID tagy rozmanitou podobu a stávají se např. součástí náramkových hodinek. [2]

3.4 RFID čtecí zařízení

RFID čtecí zařízení je speciální rádiový vysílač a přijímač a má několik základních funkcí:

- dodává energii pasivním tagům
- čte informace z tagů, případně do nich zapisuje
- komunikuje s middlewarem

Pokročilejší RFID snímače mají i další funkce:

- antikolizní mechanismus, který umožňuje komunikaci s mnoha tagy najednou
- ověřování tagů zamezující neoprávněný přístup do systému
- filtrace a šifrování dat, ochrana integrity dat

Snímače mohou být pevné (stacionární) nebo mobilní. Stacionární jsou obvykle nepřenosné s externí anténou a nacházejí uplatnění zejména u čtecích bran (Obrázek 2).

Obrázek 2 - RFID UHF čtecí brána [37]



K řadě stacionárních RFID snímačů je možné připojit více antén a tím zajistit lepší pokrytí prostoru signálem. Mobilní čtecí zařízení jsou nejčastěji přizpůsobena pro držení v ruce a jsou i odolnější vůči pádům, prašnosti, vlhku nebo jiným nepříznivým vlivům (Obrázek 3). Tyto snímače většinou komunikují bezdrátově prostřednictvím WiFi nebo Bluetooth a mohou být schopné i tzv. hybridního použití, kdy snímají kromě RFID tagů i čárové kódy. Mobilní čtecí zařízení jsou také často vybavena vlastním operačním systémem a displejem. [29], [33]

Obrázek 3 - Mobilní RFID terminál [12]



Čtecí zařízení se skládá ze tří součástí [3]:

- Řídící jednotky
- Jedné nebo více antén, které mohou být integrované nebo externí.
- Rádiového rozhraní

3.4.1 Řídící jednotka

Řídící jednotka slouží k řízení komunikace s tagem i s middlewarem a jejím hlavním prvkem je mikroprocesor. Ten řeší také různé nestandardní situace, kterými nejčastěji bývají kolize, při kterých se ve stejný okamžik snaží komunikovat se čtecím zařízením více tagů. Jelikož tagy nemají povědomí o svém okolí, posílají informace čtecímu zařízení ve chvíli, kdy zachytí jeho signál. Čtecí zařízení ale pracuje pouze na jednom kanálu, a tak je nutné vyřešit tyto kolize pomocí různých mechanismů. [3]

3.4.2 Anténa

Anténa čtecího zařízení je komponenta vyrobená z vodivého materiálu, která umožňuje přijímat a vysílat data. Každé čtecí zařízení má proto alespoň jednu integrovanou nebo externí anténu. Anténa má nejrůznější velikosti a tvary, v závislosti na konkrétní aplikaci.

Každá anténa má některou ze dvou základních polarizací:

- lineární polarizace
- kruhová polarizace

Lineárně polarizovaná anténa se používá v případech, kde je možná kontrola orientace tagů. Horizontálně orientovaná anténa dokáže komunikovat pouze s horizontálně orientovanými tagy a vertikálně orientovaná analogicky. Díky svému výkonu se hodí pro vzdálenější čtení tagů. Kruhově polarizované anténa nedosahuje takového výkonu, ale není potřeba řešit orientaci tagů. [40]

3.4.3 Rádiové rozhraní

Rádiové rozhraní je zodpovědné za modulaci, demodulaci, přenos a příjem rádiového signálu. Obsahuje vlastní přijímač i vysílač a skrze anténu komunikuje s tagem. [2] [33]

3.5 Middleware

Middleware představuje v RFID systému software (nebo i specializovaný hardware) pro příjem, správu, filtraci a analýzu dat získaných ze čtecího zařízení. Kromě zpracování dat zajišťuje také komunikaci s jednotlivými snímači RFID. Middleware bývá nejčastěji propojen s dalšími informačními systémy a představuje tak prostředníka mezi hardwarem (čtecím zařízením) a softwarem (informačním systémem). [8]

3.6 Bezpečnost RFID

Bezpečnost RFID je často diskutována převážně v souvislosti s narušením soukromí. Použití RFID technologie v případech citlivých na bezpečnost, jako jsou platby či přístupové systémy, si také žádá vysokou míru zabezpečení.

Zabezpečený RFID systém tedy musí mít ochranu proti [2]:

- neoprávněnému čtení datového nosiče
- cizím nosičům dat, díky kterým by bylo možné získat přístup do systému a tím ho potenciálně ohrozit
- odposlechu radiokomunikace a následné reprodukci dat takovým způsobem, že by došlo k napodobení skutečného datového nosiče

3.6.1 Šifrování

V některých způsobech aplikace RFID systémů je nezbytné, aby někdo nepovoláný nemohl číst či pozměňovat data uložená v tagu. Proto je nutné zajistit šifrování na všech rozhraních systému, kde by data mohla být odposlechnuta; jimi jsou tedy:

- samotný datový nosič
- komunikace mezi tagem a čtecím zařízením
- komunikace mezi čtecím zařízením a middlewarem

RFID tagy většinou nemají dostatečnou paměť k uložení silných šifrovacích klíčů (v ideálním případě velkého počtu) či algoritmů. Proto se výrobci snaží nasazovat jednoduchá proprietární řešení. [8]

3.6.2 Soukromí

Narušení soukromí potenciálně skrytými RFID čipy bylo označováno již od počátku jejich používání jako významný problém mnoha experty a asociacemi, mimo jiné např. americkou asociací „CASPIAN“². Hlavní obavy se vztahovaly k jedinečnému označování každého kusu zboží bez vědomí či souhlasu koncového uživatele – spotřebitele. [4] Podle prohlášení těchto asociací mají tyto aplikace *“potenciál ohrozit soukromí spotřebitele, snížit nebo odstranit anonymitu nákupu a ohrožují občanské svobody”*. [14]

²Consumers Against Supermarket Privacy Invasion And Numbering – česky je možné přeložit jako „Spotřebitelé proti invazi do soukromí a číslování supermarketů“. (překlad autora)

Konkrétní obavy představuje [4]:

- skryté umístění tagů a nepozorované čtení třetími osobami
- vytvoření dohledatelného spojení mezi uživatelem a položkou díky jedinečnému identifikátoru pro všechny položky po celém světě
- možnost masivní agregace dat o zboží a zákaznících
- možnost čtení tagů (zejména v pásmu UHF) bez přímé viditelnosti a z větších vzdáleností

V dnešní době se však příliš nepoužívá jedinečné označování na úrovni každé položky a ani se to v blízké budoucnosti neočekává [27]. Vyvracovány jsou také obavy z přečtení tagu z delší než osobní vzdálenosti. Čtecí vzdálenosti pasivních tagů jsou totiž většinou příliš malé a značnou část rádiového signálu pohltí okolní materiály, např. zeď budovy. [11]

Způsob, jak zajistit ochranu soukromí spotřebitelů, je umožnit deaktivaci tagu v okamžiku zaplacení zboží. To je možné zajistit pomocí speciálního příkazu čtecího zařízení, který je popsán standardem EPCglobal. [20]

3.6.3 RFID viry a červi

Ačkoliv zatím není příliš mnoho hlášení o útoku viru na RFID systémy, studie Vrije Universiteit Amsterdam [30] poukazuje na potencionální zranitelnost současného RFID software, pokud je používán společně s backendovou databází. Podobně jako již dříve známé útoky proti SQL systémům (např. Slammer virus), může úmyslně provedené přetečení zásobníku (*buffer overflow*) vést k interpretaci neověřených údajů jako příkazů SQL, kterými lze provádět škodlivé operace na obsahu databáze nebo vyzvat systém ke kopírování infikovaných dat do dalších tagů. [4]

3.7 RFID standardy a regulace

K RFID technologiím se vztahuje mnoho norem a standardů a další se připravují. Ještě do nedávna tomu však nebylo a na trhu se objevovalo mnoho proprietárních systémů, které bránily většímu rozšíření RFID. Proto byla celosvětová snaha standardy zavést a udělat tak z RFID mnohem efektivnější technologii.

RFID normy se většinou věnují těmto oblastem:

- **Komunikační protokol** – předepisuje způsob, jakým spolu komunikuje čtecí zařízení a tag
- **Formát dat** – popisuje, jakým způsobem jsou data na tagu organizována a formátována
- **Shoda se standardem** – řeší, jak otestovat, že produkt splňuje předepsaný standard
- **Aplikace normy** – upravují, jakým způsobem jsou normy použity v praxi

Vývojem norem se zabývá technická komise Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO) a zastřešuje jednotlivé národní normalizační instituce. V Evropě existuje standard ETSI, který je obecně akceptovaný, s několika místními omezeními. [29]

Nezisková organizace EPCglobal, složená z různých organizací zabývajících se RFID, vyvinula široce přijímaný standard pro identifikaci produktů EPC (Electronic Product Code). Organizace ISO a EPCglobal mají dnes největší vliv na RFID průmysl. [3] [9] Regulace omezují použití některých frekvenčních pásem a také maximální povolený vysílací výkon. Každá země má svůj vlastní regulační úřad a při použití RFID systémů je nutné řídit se těmito místními nařízeními. V roce 2012 už mělo platné regulace týkající se RFID minimálně 96% všech světových zemí. [28]

Regulace se většinou vztahují k pásmu UHF, které je nejčastěji využíváno při aplikaci RFID v dodavatelském řetězci. Z historických důvodů jsou však odlišnosti těchto regulací v různých zemích světa a lze je rozdělit na tři regiony (Tabulka 2).

Průmysl vyvíjí tlak směrem k uniformizaci frekvencí povolených pro RFID, ale stále existují výrazné rozdíly mezi těmito třemi regiony, které nutí společnosti plánující zavedení tagů ve více regionech využít jen ty frekvence, které jsou pro všechny regiony společné, což může být velmi limitující. [4]

Tabulka 2 - Rozdělení oblastí na regiony dle povolených frekvencí pro UHF RFID [15] [28]

	Oblast	Povolené frekvence pro RFID
Region 1	Evropa, Afrika, Střední východ a země bývalé SSSR	865,6 – 867,6 MHz
Region 2	Severní a jižní Amerika, část východního Pacifiku	902 – 928 MHz
Region 3	Asie, Austrálie a západní část Pacifiku	866 – 869 MHz 920 – 925 MHz

3.8 Výhody RFID

Hlavní důvod, proč si technologie RFID získala svou popularitu, je možnost čtení více tagů najednou i velké vzdálenosti mezi čtecím zařízením a tagem, a to a bez nutnosti optické viditelnosti tagu. Ačkoli není pravděpodobné, že RFID zcela nahradí čárové kódy, nabízí mnoho vlastností, které je mohou vhodně doplnit. [4]

Jedinečné vlastnosti této technologie lze shrnout do těchto bodů:

- K přečtení tagu není zapotřebí lidské činnosti a tak zavedení RFID může snížit personální náklady a eliminovat chyby vzniklé lidským faktorem. [4]
- Jelikož k přečtení tagu není potřeba přímá viditelnost mezi tagem a čtecím zařízením, je umístění tagu méně omezené. [4]
- Vzdálenost mezi čtecím zařízením a tagem může být až několik metrů. [27]
- Najednou může být přečteno velké množství tagů, které mohou být i těsně u sebe. [9]
- Data uložená v tagu je možné přepisovat. [2]
- Kromě unikátního identifikátoru mohou tagy obsahovat i mnoho dalších údajů. V současné době je kapacita aktivních tagů až 8MB. [9]
- RFID tagy mohou být velmi odolné vůči nepříznivým podmínkám (prach, chemikálie, fyzické poškození). [4]
- RFID tagy mohou obsahovat také další senzory, které do tagů průběžně ukládají další informace. [19]

Díky těmto vlastnostem se zrychlují a zjednodušují procesy ve všech možných oblastech použití a nasazení technologie RFID má tak celou řadu ekonomických přínosů, od snížení personálních nákladů po zvýšení rychlosti a přesnosti výroby či logistiky. Tagy je možné identifikovat na více předmětech najednou a ty nemusí být ani v bezprostřední blízkosti čtecího zařízení. V jednu chvíli lze načíst až stovky tagů. [15] S vysokou rychlostí načtení tagu souvisí i možnost využít převážně RFID systémy pracující na mikrovlnných frekvencích pro identifikaci rychle se pohybujících předmětů, např. automobilů. [3]

Protože RFID tagy disponují velkou datovou kapacitou, mohou sami o sobě obsahovat detailní informace o identifikovaném předmětu a nemusí být vázány na externí databázi, ve které by byly tyto podrobnosti uloženy. [9]

Možnost měnit a přepisovat data uložená v tagu dovoluje použití jediného identifikačního tagu v průběhu celého životního cyklu výrobku, který při nutnosti změny údajů stačí pouze přepsat pomocí příslušného zařízení. Téměř neomezená životnost pasivních RFID tagů je také předurčuje k opakovanému používání nebo k použití v nepříznivých podmínkách. [27]

3.9 Nevýhody RFID

Ačkoliv je ve světě zavedeno mnoho úspěšných RFID systémů, jsou jisté nevýhody a problémy, které je potřeba při implementaci této technologie brát v úvahu.

Současným problémem je stále cena RFID tagů, ale také nejednotná standardizace v této oblasti, nutnost řešení kolizí signálů, možnost poškození tagu a tím jeho nečitelnost, ale komplikované jsou také otázky týkající se soukromí a bezpečnosti. Při konkrétní aplikaci technologie je třeba brát v úvahu umístění tagu, jelikož RFID tagy pro některá frekvenční pásma mají špatnou propustnost signálu skrz různé materiály.

3.9.1 Cena

Vzhledem k technické pokročilosti technologie RFID je zatím cena komponent RFID systémů poměrně vysoká, i když se stále snižuje. [39]

Značné náklady může znamenat samotné RFID čtecí zařízení. V závislosti na typu a vlastnostech zařízení se ceny UHF snímačů pohybují od 500 do 2000 USD. V případě připojení externí antény, jejichž ceny začínají na 200 USD, cena kompletního čtecího zařízení ještě dále stoupne. [36]

Zpráva z roku 2003 uvádí aktuální cenu pasivních UHF tagů 0,57 USD a pasivních HF tagů 0,91 USD. Tato zpráva také uvádí odhad ceny tagů v roce 2008, které měly klesnout na 0,16 USD za UHF tag a 0,30 USD za HF tag. [39]

Ačkoliv se odhad zřejmě splnil a dle článku z roku 2010 [23] byla průměrná cena pasivního tagu (při odběru 10 000 kusů) v roce 2009 0,1510 USD a v roce 2010 0,1488 USD, je pokles cen tagů stále považován za nedostatečný, neboť při snížení mzdových

nákladů díky zavedení technologie RFID o 5-35% by se cena pasivního tagu pro běžné označování musela pohybovat kolem 0,05 USD, aby se dostavil přímý ekonomický přínos. [4]

Podle dalších odhadů se však cena nejjednodušších pasivních RFID tagů během několika let na tuto úroveň dostane. [36]

U aktivních a semipasivních tagů, kde se jejich cena pohybuje nad úrovní 1 USD, se jejich využití dá očekávat spíše v oblastech, kde je potřeba identifikovat cennější zboží na velké vzdálenosti. [4]

3.9.2 Standardizace

Rozdílný historický vývoj světových zemí způsobil využívání ultra vysokofrekvenčních RFID systémů v odlišných frekvenčních spektrech a tím vzájemnou nekompatibilitu těchto systémů. Je mnoho zavedených standardů pro pásma LF a HF, ale pásmo UHF, které má největší výhody pro použití v dodavatelském řetězci, není používáno tak dlouho a proto nejsou tyto standardy ještě zcela zakotveny. [8]

I když jsou snahy o zavedení globálního frekvenčního pásma pro RFID komunikaci v pásmu UHF, jsou v současné době stále patrné velké rozdíly mezi zhruba třemi regiony. [4]

Ačkoliv jsou parametry RFID systému vždy z velké části určeny charakteristikou konkrétní aplikace, zbývá ještě velký prostor při výběru komunikačních protokolů, formátu dat a množství informací uložených v tagu. Proto je potřeba v zájmu spolupracujících stran dodržovat stejné standardy. [4]

3.9.3 Kolize signálu

Při použití RFID systémů může dojít ke kolizi signálů čtecích zařízení i tagů.

Kolize čtecích zařízení nastane, když se překrývají dva nebo více signálů těchto zařízení a tag není schopný odpovídat na několik signálů najednou. Systémy musí být pečlivě nastaveny tak, aby se zabránilo tomuto problému. Mnoho systémů k řešení této situace používá antikolizní protokoly. [8]

Kolize tagů nastane, pokud je na malém prostoru přítomno mnoho tagů. Jelikož je ale čas potřebný k přečtení jednoho tagu velmi krátký, je možné pomocí antikolizních algoritmů načítat tagy postupně. [8]

Vývoj antikolizních algoritmů stále pokračuje s cílem zkrátit dobu čtení a zvýšit počet jednorázově načtených tagů. [4]

3.9.4 Překážky signálu

Vlastnosti různých materiálů mohou být překážkou v použití RFID systému v určitém frekvenčním pásmu. Tyto materiály buď rádiové vlny pohlcují, nebo odráží. Typicky vodivé materiály, jako třeba výrobky obsahující vodu nebo kovové povrchy, mohou být zdrojem problémů. [4]

Ačkoliv pasivní UHF tagy nabízejí oproti LF nebo HF tagům větší dosah a nižší cenu, jsou problémy s jejich umístěním na kovovém povrchu. Bylo provedeno mnoho testů s hliníkovou deskou, které ukázaly, že čím blíže je tag hliníkové desce, tím klesá jeho čtecí vzdálenost. Pokud je vzdálenost mezi tagem a deskou menší než 2mm, jeho čtecí vzdálenost je už nulová. [8]

Stejně tak se mění i parametry antény, pokud je v její blízkosti kovový povrch.

Řešením, jak umístit pasivní UHF tag na kovový předmět je použít tag s některou ze specifických druhů antén. [8]

3.9.5 Poškození nebo chybné načtení tagu

RFID tagy mohou být během používání poškozeny a výsledkem může být chyba při čtení, kterou je někdy obtížné detekovat. Může také dojít k chybnému načtení tagu, který se dostane náhodně do čtecího pole RFID snímače. V krajních případech může také nastat porucha čtecího zařízení, kterou nelze nikdy předpovídat. V tom případě je někdy nutné mít alternativní nouzová opatření (např. čárové kódy). [4]

3.9.6 Soukromí a bezpečnost

Problémy vyvolávající diskuze po celém světě se týkají otázek soukromí a bezpečnosti při používání RFID systémů. Veřejnost vidí obavy například v tom, že není nikdy jistota, že tag nebude možné číst i po jeho deaktivaci, která by měla proběhnout obvykle při zaplacení zboží. Tím by bylo možné i později a případně i na větší vzdálenost prostřednictvím snímacího zařízení identifikovat označený předmět a tato skutečnost je již možný zásah do soukromí. [27]

Přesto, že podle organizace EPCGlobal musí mít výrobek označený RFID tagem tuto skutečnost na sobě jasně uvedenou, včetně instrukcí jak tag deaktivovat, tak u některých výrobců může být teoreticky RFID tag přímo jejich součástí nebo může být jinak skrytý bez vědomí kupujícího, a tak není možné ho ani fyzicky odstranit. [3]

Obavy z neoprávněného čtení tagů souvisí i s rizikem získání a zneužití citlivých údajů, jako mohou být údaje z bezkontaktní RFID platební karty nebo RFID cestovních pasů. Vzhledem k tomu, že jsou dnes čtecí zařízení velmi mobilní a díky připojení externí antény je možné zvýšit několikanásobně jejich dosah, nelze se tedy spoléhat na argumenty, které tvrdí, že není reálné snímat tagy na větší vzdálenost, např. skrze zdi budovy. [8]

Problémem může být také samotné využití regulérně získaných dat z RFID systémů. Výhoda spočívající v možnosti detailního sledování produktu v dodavatelském řetězci se může stát také nástrojem, jak spojit konkrétní výrobek s konkrétní osobou a místem. Tomu přispívá také rozvoj dalších technologií, jako je např. optické rozpoznávání obličejů. [3]

3.10 Budoucnost RFID

Zájem o technologii RFID rychle roste a náklady na implementaci této technologie stále klesají. Tomuto jevu přispívá vznik a uplatňování standardů i potenciálně vysoká návratnost investice. Každý měsíc roste počet společností napříč všemi odvětvími, které provádějí pilotní zkoušky této technologie a které díky zavedení této technologie zvýšili své provozní výnosy a snížili provozní náklady. Podle odhadů zažije v příštích letech tato technologie další velký růst a do 10 let má už být tato technologie všudypřítomná. [3]

K velkému rozšíření má přispět postupné snížení ceny pasivního tagu pod hranici 0,05 USD, jelikož cena tagů je často jediný hlavní problém při jejich zavedení ve společnosti. [9]

K nahrazení čárových kódů RFID tagy pravděpodobně zcela nikdy nedojde, neboť v některých aplikacích bude cena RFID tagu stále výrazně vyšší, než cena čárového kódu. [3]

Oblasti komerčního využití technologie RFID lze rozdělit na čtyři části:

- maloobchod
- transport a distribuce
- průmysl a výroba
- bezpečnost a kontrola přístupu

Ačkoliv využití RFID stoupá ve všech těchto oblastech, nejvíce se očekává růst v oblastech distribuce a obchodu. [3]

Možnost dokonalého přehledu o pozici či stavu označeného předmětu znamená přísun velkého množství dat, které je potřeba dále zpracovávat a interpretovat. Očekává se, že data z RFID systémů budou důležitým faktorem při rozhodování společností a pravděpodobné je také stále častější využívání dat z RFID systémů ke sběru marketingových dat. [10]

Vlády různých zemí také hledají způsob, jak maximálně využít technologii RFID s cílem zlepšit služby a snížit provozních náklady. Současným lídrem v oblasti vládního použití technologie RFID je Ministerstvo obrany USA. Mnoho dalších federálních agentur ale začalo také vyvíjet své vlastní projekty, a dá se tedy předpokládat další využívání státní správou. Ve vězeňství se například osvědčila technologie RFID ke sledování vězňů a dozorců a pro tyto účely se plánuje její další budoucí využití. [3]

4 Porovnání s čárovými kódy a jinými optickými technologiemi

I když technologie RFID nemá za cíl zcela nahradit čárové kódy, často se o ní v této souvislosti mluví. Je tedy na místě její srovnání s čárovými kódy a jinými optickými technologiemi. Hlavní rozdíl mezi technologií RFID a optickými technologiemi jako jsou např. čárové kódy a QR kódy je ten, že k přečtení RFID štítku není třeba jeho přímá optická viditelnost, protože přenos funguje na principu rádiových vln.

4.1 1D čárové kódy

V dnešní době je ve světě nejrozšířenější způsob automatické identifikace pomocí jednorozměrných čárových kódů. Tato technologie byla patentována v roce 1952 dvěma výzkumníky ze společnosti IBM. Poté byla dále zdokonalována a její první komerční využití nastalo v 60. letech, kdy bylo zaměřené především na nákladní železniční dopravu a distribuci výrobků. V dalších letech se dále rozšiřovalo využití čárových kódů v obchodech s potravinami. V roce 1978 mělo v USA přibližně 1% těchto obchodů snímače čárových kódů. V roce 1981 už to ale bylo 10% a v roce 1984 dokonce 33%. V dnešní době se tato technologie používá ve více než 60% obchodů v USA. [3] V České republice se technologie čárových kódů začala objevovat až v 90. letech s příchodem obchodních řetězců.

Čárový kód je lineární jednorozměrný (1D) kód, který je tvořen řadou paralelních čar a mezer různých šířek. Ty jsou uspořádány podle předem daného vzoru a představují jednotlivé symboly. Sekvence tvořená čarami a mezerami může být interpretována numericky či alfanumericky. Ačkoliv se čárové kódy ve své fyzické podobě shodují, jsou mezi jejich rozvržením značné rozdíly. V současné době se používá přibližně deset různých typů čárových kódů. Nejoblíbenějším typem čárových kódů je EAN kód (*European Article Number*), který byl navržen speciálně pro splnění požadavků potravinářského průmyslu v roce 1976 (Obrázek 4). Zrodil se z kódu UPC (*Universal Product Code*), který byl v USA představen již v roce 1973. Nyní je UPC součástí EAN a jsou tak spolu kompatibilní. [2]

EAN kód se skládá z 13 číslic: identifikátoru země, identifikátoru společnosti,

identifikačního čísla položky a kontrolní číslice. Každou číslici kódují dvě čáry a dvě mezery. [16]

Obrázek 4 – čárový kód EAN 13 [13]



Mezi další častěji používané typy čárových kódů patří: [16]

- **UCC/EAN 128** (Obrázek 5) – Do tohoto kódu je možno zakódovat 102 znaků, kde každý znak je určován třemi čarami a třemi mezerami. Využívá se pro průmyslové kódy, kde je potřeba zakódovat více informací (datum výroby, hmotnost, trvanlivost atd.)

Obrázek 5 - UCC/EAN 128 kód [13]



- **Code 39** (Obrázek 6) – Je schopen kódovat číslice 0 až 9, písmena A až Z a dalších sedm speciálních znaků, přičemž každý znak je reprezentován pěti čarami a čtyřmi mezerami. Je přizpůsoben jako norma v automobilovém průmyslu, ve zdravotnické službě, v obraně a v mnoha dalších odvětvích průmyslu a obchodu.

Obrázek 6 – 1D kód Code 39 [13]



- **Codabar** (Obrázek 7) – Je schopen kódovat číslice 0 až 9 a šest znaků. Každý znak je reprezentován čtyřmi čarami a třemi mezerami. Tento kód je mezinárodně využíván při označování krevních bank v transfúzních stanicích.

Obrázek 7 – 1D kód Codabar [13]



Čtení čárových kódu probíhá opticky pomocí specializovaných snímačů. Ty využívají rozdílného odrazu laserového paprsku od černých a bílých prvků kódu. Paprsek je černými čarami pohlcován a bílými mezerami odrážen. Pohlcování nebo odrážení paprsku trvá tím déle, čím je čára nebo mezeza silnější. Snímače čárových kódů obvykle převádí kód již v podobě čísel a znaků do počítače či jiného zařízení, kde probíhá další zpracovávání. [2]

4.1.1 Porovnání RFID a čárových kódů

Hlavní výhodou čárových kódu a jejich použití k automatické identifikaci je dnes především jejich cena. V aplikacích, kde není potřeba načítat více kódů najednou a ruční optické snímání jednotlivých položek nepředstavuje problém, je použití čárových kódů jistě nejvýhodnější. Čárové kódy lze tisknout na běžné kancelářské či domácí tiskárně a tak se stávají široce dostupné. Také snímače čárových kódu jsou dnes cenově dostupné a často je možné připojit je jednoduše ke klasickému PC pomocí USB konektoru.

Mezi další výhody čárových kódů patří možnost identifikace předmětu i při částečném mechanickém poškození čárového kódu. Čím je větší výška kódu, tím pravděpodobněji se povede kód načíst automatickým snímačem čárových kódů, i když je jeho část poškozena. Pokud je kód poškozen více, je možné ho identifikovat už pouze ručně pomocí číslic, případně znaků, v jeho spodní části. S tím také souvisí možnost identifikovat výrobek zcela bez snímače čárových kódů. [38]

Další možnou výhodou čárových kódů je, že na jejich čtení nemá žádný negativní vliv okolní elektromagnetické záření.

Výhody RFID technologie oproti čárovým kódům vynikají především v oblastech použití, kde je třeba zajistit načítání velkého množství čipů najednou a to z větší vzdálenosti a bez přímé optické viditelnosti. Hlavním nedostatkem čárových kódů je totiž nutnost načítání položek jednotlivě po kusech a to z bezprostřední blízkosti.

Podmínka přímé viditelnosti kódu je u optické technologie samozřejmostí. Při čtení čárového kódu musí být většinou kód ke snímači správně orientován a i když některé automatické snímače čárových kódů mají vylepšené rozpoznávání orientace kódu, může být v některých případech plně automatické načítání čárových kódů nespolehlivé a je řešeno lidskou obsluhou. Jak čitelnost kódu, tak i správná funkce snímače kódů jsou ovlivněny okolním prostředím a nanesené nečistoty na čárovém kódu či prach na čočce snímače mohou způsobit nenačtení kódu. Oproti RFID je tak technologie čárových kódů mnohem více náchylná na nečistoty a poškození a samotná životnost čárového kódu, který je obvykle natištěn na papíře, je oproti RFID tagům výrazně kratší. [9]

Vzhledem k tomu, že čárový kód musí být na identifikovaném předmětu přímo viditelný, hrozí také jeho častější mechanické poškození a zničení. V tom případě pak musí být kód přelepen novým. Novým přelepením kódu se také musí řešit situace, kdy je potřeba výrobku přiřadit jiné identifikační číslo. Čárové kódy totiž na rozdíl od přepisovatelných RFID tagů neumožňují dodatečně pozměňovat již vytištěný kód. Ačkoliv např. čárové kódy typu UCC/EAN 128 nemají ve své specifikaci pevně danou délku řetězce, který mohou interpretovat, přesto v mnohých oblastech využití nedostačují, a to především kvůli příliš velkým rozměrům kódu s mnoha údaji. Kapacita RFID čipů může být totiž několikanásobně větší a to při minimálních rozměrech. [9]

Srovnání technologie RFID a čárových kódů je znázorněno v tabulce č. 3.

Tabulka 3 - Srovnání RFID a optických technologií [35][9][2]

Technologie/Vlastnosti	1D čárové kódy	2D kódy	OCR	RFID
Rychlost identifikace	0,3-1 s	0,3-1 s	4-8 s	0,3-0,5 s
Čtecí vzdálenost	Malá (až 1,5 m)	Malá	Velmi malá	Značně velká (i více než 100 m u aktivních tagů)
Informační hustota	Malá	Vysoká	Střední	Velmi vysoká
Informační kapacita	Obvykle až 30 číslic	Až 7200 číslic	-	Až 8 MB
Možnost modifikace dat	Ne	Ne	Ne	Ano
Zabezpečení dat	Žádné	Střední, většinou několik úrovní zabezpečení	Žádné	Od minimálního po vysoké
Cena identifikačního média	Velmi nízká	Velmi nízká	Nízká	Vysoká
Životnost ID média	Krátká	Krátká	Krátká	3–5 let u aktivních tagů, teoreticky neomezená u pasivních tagů
Možnost čtení více kódů najednou	Ne	Ne	Ne	Ano
Přímá viditelnost kódu	Ano	Ano	Ano	Ne
Standardy	Stálé a přijaté	Většinou v procesu schvalování	Stálé a přijaté	Částečně

4.2 QR a ostatní 2D kódy

2D, tedy dvoudimenzionální kódy, mají oproti lineárním čárovým kódům v sobě obsaženy informace v rámci matice. Podle způsobu uložení informace se dělí na dva druhy:

- **Skládané kódy** (*Stacked code*) – skládaný čárový kód se skládá z více řádků velmi krátkých lineárních čárových kódů, uspořádaných takovým způsobem, že se dá zajistit jejich správné dekodování. Příkladem je PDF 417. [9]
- **Maticové kódy** (*Matrix code*) – 2D kódy, kde jsou data definována dvourozměrnými souřadnicemi tmavých bodů v matici. Všechny body v matici mají pevný rozměr. Příkladem jsou kódy QR a Data Matrix. [38]

Původně byly dvoudimenzionální kódy vyvinuty pro průmyslové aplikace, kde byl požadavek uložit velké množství dat na malém prostoru. Později se 2D kódy prosadily i v aplikacích, kde prostor nebyl omezen. V současnosti je k dispozici asi 20 různých 2D symbolik. [38]

Mezi širší veřejností jsou nejvíce známé tzv. QR kódy [18], ale často používané jsou i kódy PDF 417, Data Matrix a MaxiCode [9], [17].

4.2.1 QR kódy

QR (*Quick Reponse*) byl vytvořen japonskou společností DensoWave už v roce 1994 s cílem vytvořit kód, který půjde snadno a rychle načíst. Vzhledem k tomu, že QR kód obsahuje informace v horizontálním i vertikálním směru, může obsahovat podstatně větší objem informací než běžný čárový kód, a to až 7089 číslic nebo 4296 alfanumerických znaků. Kódy jsou čtvercového tvaru a lze je jednoduše identifikovat pomocí vložených střídajících se tmavých a světlých čtverečků ve třech krajních rozích symbolu (). Rohové čtverečky slouží k detekci polohy a díky nim lze kód číst i z různých úhlů. [17]

Obrázek 8 – 2D QR kód (zpracování autora)



QR kód je tak díky svému identifikačnímu vzorku navržen pro rychlé čtení pomocí CCD kamery a technologie zpracování obrazu. [38]

Oblibu si získali např. různé aplikace pro mobilní telefony, které díky integrované kameře dokáží tyto kódy číst a data zobrazit. [18]

Výhoda QR kódu je také schopnost opravy chyb. Data mohou být obnovena, i když je symbol částečně (až z 30 %) znečištěný nebo poškozený. [17]

4.2.2 PDF 417

Kód s označením PDF 417 je dvoudimenzionální skládaný kód s vysokou informační kapacitou a schopností detekce a opravy chyb při porušení kódu (Obrázek 9).

Obrázek 9 - 2D kód PDF417 [35]



PDF 417 je patentem společnosti Symbol Technologies. Označení PDF 417 (*Portable Data File*) vychází ze struktury kódu – každé kódové slovo se skládá z modulů, které jsou tvořeny 4 čarami (a 4 mezerami) o různých šířkách. Celkem je modulů ve slově vždy přesně 17. Na rozdíl od tradičních čárových kódů, které obvykle slouží jako klíč k vyhledání údajů v nějaké databázi externího systému, si PDF 417 nese všechny údaje s sebou a stává se tak nezávislý na vnějším systému. Do PDF 417 lze zakódovat nejenom běžný text, ale i grafiku nebo speciální programovací instrukce. Velikost datového souboru může přitom být až 1,1 kB. Výhodou kódů PDF 417 bezchybné přečtení kódu, který je až z 50 % fyzicky poškozen. [38]

4.2.3 Data Matrix

Data Matrix vyvinutý společností RVSI AcuityCiMatrix je maticový kód navržený k uložení velkého množství informace na velmi malém prostoru (Obrázek 10).

Obrázek 10 - 2D kód DataMatrix [35]



Symbol může uložit až 2355 alfanumerických znaků. Informace je dekodována namísto z absolutní pozice bodu, z relativní pozice. Způsob kódování zajišťuje vysokou redundanci dat rozptýlenou v symbolu. To umožňuje přečíst kód, i když jeho část chybí. Nejčastěji se těmito kódy označují malé předměty, jako jsou integrované obvody a desky tištěných spojů. Kód lze číst CCD scannerem nebo CCD kamerou.[17]

4.2.4 MaxiCode

MaxiCode, který byl původně označován UPSCode, je maticový kód vytvořený přepravní společností United Parcel Service v roce 1992. Ačkoliv kód vypadá, že je složen ze čtvercových bodů, je pole o rozměrech 1 x 1 palec (25,4 mm) rozděleno do

866 navzájem propojených šestiúhelníků (Obrázek 11). To umožňuje kódu dosahovat až o 15% vyšší hustoty dat než klasický kód se čtvercovými body. Naproti tomu vyžaduje pro tisk kódů tiskárny s vyšším rozlišením (např. termotransferové či laserové). Uprostřed je zaměřovací symbol (*bull-eye*), který slouží pro zacílení symbolu a jeho orientaci. V symbolu 25,4 x 25,4 mm může být uloženo asi 100 ASCII znaků. Symbol je čitelný i při 25% poškození. Lze ho přečíst pomocí CCD kamery nebo skeneru. [38]

Obrázek 11 - 2D kód MaxiCode [38]



4.2.5 Porovnání RFID a 2D kódů

2D kódy mají oproti RFID stejné výhody i nevýhody jako běžné čárové 1D kódy. Na rozdíl od nich mají ale navíc několik výhod. Obvykle mají vylepšené zabezpečení kódu, ve smyslu možnosti jeho přečtení, i když je poškozen. Další nespornou výhodou oproti klasickým čárovým kódům je jejich větší datová kapacita na menší ploše kódu. Datovou kapacitou mohou 2D kódy konkurovat i některým pasivním RFID tagům, jelikož v současné době mají 2D kódy kapacitu až 3 kB. [35]

Cena průmyslových snímačů 2D kódů je vyšší než cena snímačů klasických 1D čárových kódů, ale vzhledem k možnosti rozpoznávat 2D kódy softwarově s pomocí digitálního fotoaparátu (např. pomocí aplikace v mobilním telefonu s fotoaparátem), rozšířily se zejména QR kódy mezi širokou veřejností. [18]

4.3 OCR

OCR neboli optické rozpoznávání znaku (*Optical Character Recognition*) bylo poprvé použito v 60. letech 20. století. Byly vyvinuty speciální fonty, které zobrazovaly jednotlivé znaky a mohly být čteny jak lidmi, tak i automatickými přístroji.

Největší výhoda OCR systému byla v té době vysoká hustota informací a také možnost vizuálního čtení v případě potřeby.

I když se dnes OCR používá jak ve výrobě, tak ve službách, bankách a administrativních oblastech, nestala se tato technologie univerzálně aplikovatelná kvůli komplikovanému a pomalému čtení. [2]

5 Praktické využití RFID ve světě

Současné využití technologie RFID ve světě pokrývá velmi široké spektrum oblastí, které lze rozdělit do tří skupin [4]:

- Identifikace předmětů
- Identifikace polohy
- Přenos dat z a do RFID tagu

Stejně jako je tomu u všech jiných technologií vyvíjených řadou různých organizací a výrobců, i u RFID vzniklo mnoho rozdílných standardů, což znesnadňovalo její rychlé rozšiřování po světě. Všichni tudíž uvítali aktivity spojené s vývojem a prosazováním standardů EPC, které jsou harmonizovány s již zažitými normami UCC, EAN, UID a VIN z oblasti čárových kódů. [19]

Rychlost zavádění se u různých odvětví liší, ale dnes se skutečná inovace aplikací děje ve spotřebitelských dodavatelských řetězcích – zejména v oblasti maloobchodu. Ale mezioborové investice do rozšířených internetových technologií – jako je RFID a senzorové sítě – vytvářejí podmínky pro globální trh o objemu 11,6 miliardy USD v roce 2012. Hnacím motorem této stabilní rychlosti zavádění je stejně stabilní pokles nákladů na technologii, kdy za poslední rok klesla cena štítku o 60 až 70 procent a cena čtečky o 40 procent. [41]

5.1 Dodavatelský řetězec

Přelomový okamžik ve využívání RFID technologie v dodavatelském řetězci nastal v červnu 2003, kdy největší světový obchodní řetězec Wal-Mart vydal prohlášení, ve kterém požaduje od svých největších dodavatelů zavedení RFID tagů pro palety se zbožím, a to nejpozději do ledna 2005. Tato iniciativa, podpořená společnostmi jako Metro, Tesco a Albertson, posunula kupředu vývoj v této oblasti a čím dál více společností se zabývalo zavedením této technologie, aby splnily podmínky svých odběratelů. Původní implementace RFID se týkala pouze malé části dodavatelského řetězce a byla zaměřena na označování celých palet se zbožím. I přes toto omezení mělo zavedení pro prodejce pozitivní efekty, především zlepšení skladové dostupnosti zboží.

Mnohem větší přínos ale přináší používání RFID tagů na úrovni jednotlivých položek a v celém dodavatelském řetězci. [6]

5.1.1 EPC

EPC (*Electronic Product Code*) je unikátní číslo, které slouží k identifikaci určitého zboží v dodavatelském řetězci. Toto číslo je uloženo v pasivním RFID tagu a po jeho načtení může být spojeno s údaji v databázi, která obsahuje detailní informace o zboží (datum výroby, původ). [20]

EPC zastřešuje celosvětově organizace EPCglobal a je považováno za první celosvětový RFID standard. V současné době se používá 64- a 96bitový kód EPC. 96bitový kód dokáže identifikovat až 268 milionů společností (výrobců), každá může mít 16 milionů rozdílných produktů a každý produkt může mít 68 milionů různých unikátních sériových čísel. [3]

Podobně jako čárový kód obsahuje i EPC kód čtyři skupiny informací:

- Hlavička (0.–7. bit) informuje RFID čtečku, jaké informace budou následovat.
- EPC Manager number (8.–35. bit) identifikuje výrobce.
- Objektová třída (36.–59. bit) identifikuje objekt, tedy výrobek.
- Sériové číslo (60.–95. bit) identifikuje konkrétní jedinečnou instanci výrobku.

EPC je považován za novou generaci čárových kódů a vzhledem k možnému množství unikátních sériových čísel je vhodný pro značení zboží na úrovni jednotlivé položky. [20]

EPC kód je součástí systému EPCglobal Network, který je tvořen dále: [21]

- **EPC Middleware** – zajišťující filtrování a směrování dat v reálném čase a jejich předávání do další komponenty systému – EPCIS
- **EPCIS** (*EPC Information Services*) – je databáze údajů o načtených EPC kódech u konkrétního uživatele, který zároveň rozhoduje o zpřístupnění těchto dat ostatním autorizovaným obchodním partnerům. Jedná se především o kód EPC, datum a čas načtení, identifikaci čtecího zařízení a jeho lokalizaci. Poskytuje obchodním partnerům přehled o pohybu produktu.
- **Vyhledávací služby** (*Discovery Services*) – jejich součástí je systém ONS (*Object Naming System*), který funguje na podobném principu jako doménový

system v internetu. Autorizovaný uživatel sítě zadá do vyhledávače kód EPC a pomocí ONS jsou následně lokalizovány všechny databáze, ve kterých se konkrétní EPC vyskytuje. Přístup k datům v síti EPCglobal Network je tak založen na bázi propojení EPCIS jednotlivých obchodních partnerů, kteří jsou do sítě zaregistrováni.

5.1.2 Wal-Mart

Z mnoha společností a organizací využívající RFID technologii si nejvíce pozornosti zaslouží největší světový maloobchodní řetězec Wal-Mart. Wal-Mart má jeden z nejefektivnějších dodavatelských řetězců na světě a velký počet dodavatelů z různých odvětví, a tak snaha o zavedení RFID technologie má potenciál vytvořit celou síť RFID implementací. Odhadované úspory společnosti při zavedení RFID v celém procesu činí více než 8 miliard dolarů, ale i přes tyto značné úspory probíhala implementace této technologie poměrně pomalu. 11. června 2003 společnost oznámila svým 100 největším dodavatelům, že od nich bude nejpozději od ledna 2005 vyžadovat označení každé palety se zbožím RFID tagem. Tato zpráva mezi dodavateli vyvolala vlnu paniky a ti se začali zajímat o RFID technologii a o to, jak ji nejlépe implementovat. [11]

V dubnu 2004 zahájila společnost Wal-Mart testovací provoz RFID systému v americkém Texasu a zapojila do něj 7 svých prodejen a 8 dodavatelů. Pro označování palet se zbožím se používají EPC štítky s 96 bitovou pamětí. [3]

Při postupném procesu implementace se však objevilo několik problémů, zejména s neprostupností signálu ve standardizovaném UHF pásmu skrz mnoho druhů přepravovaného zboží, jako jsou výrobky obsahující vodu nebo zboží v obalu z kovového materiálu. To nakonec vedlo Wal-Mart k několikaměsíčnímu posunutí termínu povinné implementace technologie. [11]

Vzhledem k tomu, že dodavatelé museli zavést RFID v krátkém čase, nepodařilo se jim kvůli tomu využít všech výhod, které by jim implementace mohla přinést a pro mnoho z nich znamenala jen další investiční náklady. [3]

Během roku 2005 však systém fungoval v 13 distribučních centrech a 600 obchodech a v roce 2006 společnost Wal-Mart rozšířila požadavek RFID tagů na svých 300 dalších dodavatelů. Implementaci RFID ale neprovedli všichni dodavatelé, od kterých to bylo

požadováno, proto bylo další rozšiřování RFID ze strany společnosti Wal-Mart dočasně pozastaveno. Tato strategie souvisela i se změnami ve vedení společnosti. [3]

Až v roce 2010 nastal další vývoj, kdy společnost znovu oživila RFID implementaci, tentokrát již s větším ohledem na dodavatele. [31]

S dalším poklesem cen pasivních RFID tagů se očekává postupné rozšíření tagů na jednotlivé položky a tedy postupné zavedení plné RFID implementace. [8]

5.1.3 Ministerstvo obrany USA

Ministerstvo obrany USA využívá RFID technologii již od 90. let 20. století především pro zásobování při velkých operacích, jako byly operace *Enduring Freedom* a *Iraqi Freedom*. Využití této technologie bylo motivováno vážnými problémy se zásobováním během operace *Desert Storm*, kdy tisíce kontejnerů s materiálem vůbec nedorazilo na místo určení. Porovnáním operací *Desert Storm* a *Iraqi Freedom* vyšlo najevo, že ačkoliv do operace *Iraqi Freedom* bylo zasláno o 90% méně kontejnerů s materiálem než do operace *Desert Storm*, síla vojenských jednotek byla přitom jen o 30% menší. To dokazuje schopnost RFID zvýšit efektivitu logistického systému při velkém objemu materiálu a v časovém tlaku. Ministerstvo obrany také odhaduje díky implementaci RFID úsporu při operacích v Iráku ve výši 300 milionů USD. [1]

5.2 Veřejná doprava

Veřejná doprava je jedna z aplikací s největším potenciálem využití RFID systémů, převážně formou bezkontaktních karet. V Evropě i v USA operují dopravní podniky se ztrátou, která někdy činí až 40% obrátu, a tak tuto ztrátu musí vyrovnat různé dotace státu či města. Z toho důvodu se v této oblasti hledají způsoby, jak ztráty snížit a jedním z nich je automatické vybírání jízdného (AFC – *Automatic Fare Collection*).

Náhrada papírových jízdenek bezkontaktními RFID kartami přináší mnoho výhod. Karty mají obvykle udávanou životnost 10 let a jsou odolné vůči vodě, nečistotám, prachu či mechanickému poškození, stejně tak jako samotné čtecí zařízení. Ačkoliv pořizovací cena karty je vyšší, investice se vrátí v relativně krátkém čase. Kromě možné úspory nákladů zvyšuje bezkontaktní odbavení komfort cestujících a tím také pomáhá většímu využívání veřejné dopravy, které má v důsledku pozitivní vliv na životní prostředí.

Výhody zavedení systému pro cestující jsou:

- Není zapotřebí mít s sebou hotovost na zaplacení jízdného. Karta může být nabita i velkým finančním obnosem.
- Karta zůstává v platnosti, i když se změní ceny jízdného.
- Cestující nemusí vědět přesnou cenu jízdného, ta se automaticky odečte z obnosu na kartě.
- Časové jízdenky nemusí mít pevně stanovené datum začátku platnosti, to může být určeno až prvním použitím karty.

Nepochybné výhody má tento systém i pro dopravní podnik:

- Zavedení systému, ve kterém každý cestující musí předložit cestovní doklad (kartu), může výrazně snížit počet černých pasažérů.
- Automatické získání přesných dat z platebních terminálů umožňuje mít lepší přehled o využívání jednotlivých spojů a zlepšit tak i plánování dopravy.
- Snížení nákladů na provoz a údržbu automatů na jízdenky a označovačů jízdenek.
- Při změně ceny jízdného se nemusí tisknout nové jízdenky.
- Řidič již neprodává jízdenky, tak nedochází k jeho rozptylování a zdržování a nemusí manipulovat s penězi.

Velkou roli v efektivitě dopravního systému hraje doba odbavení cestujícího. Tato doba může např. v autobusech a tramvajích být poměrně dlouhá, protože na rozdíl od metra zde nemůžou být turnikety. Ve srovnání s jinými způsoby odbavení je odbavení pomocí RFID čtecího zařízení nejrychlejší (Tabulka 4).

Tabulka 4 – Průměrná doba odbavení cestujícího v autobusu pomocí různých technologií [2]

Technologie	Doba odbavení (s)
RFID	1.7
Vizuální kontrola řidičem	2.0
Kontaktní karta	3.5
Hotovost	> 6

Odhaduje se, že zhruba 50% všech celosvětově prodaných bezkontaktních karet, je použito ve veřejné dopravě. Tyto systémy se nejvíce rozšířily ve velkých populačních centrech v Asii (Hongkong, Soul, Singapur, Šanghaj) a ve velkých evropských městech (Paříž, Londýn, Berlín). Další velký rozvoj těchto systémů se očekává v Asijsko-pacifické oblasti, kde se v poslední době buduje nová infrastruktura a rozšiřují se nové technologie. [2]

5.3 Transport

V dopravě nachází technologie RFID využití zejména v systémech mýtných bran, které jsou rozšířené na celém světě, a jedná se o jednu z nejúspěšnějších aplikací této technologie. Hlavní výhodou těchto aktivních RFID systémů je možnost využívání zpoplatněných úseků dálnic, tunelů či mostů bez nutnosti zastavit či zpomalit vozidlo u mýtné brány. Poplatky jsou v tomto případě automaticky odečteny z předem nabitého účtu. [1]

Elektronické mýtné brány jsou spolehlivý a přesný systém, který pomáhá snižovat přetížení dopravy a poskytuje non-stop možnost pohodlné platby. Pro provozovatele znamená snížení provozních nákladů a vzhledem k bezhotovostním operacím také snižuje riziko krádeže hotovosti ze strany zaměstnanců. RFID tagy jsou na vozidle obvykle umístěny na předním skle v dolním rohu před řidičem. Čtecí zařízení je umístěno na mýtné bráně a míří dolů doprostřed jízdního pruhu. Pokud se tag dostane do dosahu čtecího zařízení, odešle mu své identifikační číslo a to je pak pro účel platby poplatku dále zpracováno systémem. [2]

Využití má RFID technologie také v mezinárodní kontejnerové přepravě. Ta už od 60. let 20. století využívala identifikaci dle normy ISO 6346. Identifikační kód se skládal ze čtyř písmen, kódu vlastníka, šestimístného sériového čísla a kontrolní číslice a byl vyznačen na určené místo vnější strany kontejneru. Proces ručního přepisování kódu do počítačového systému v každém překladišti byl velmi náchylný na chyby a bylo zaznamenáno až 30% chybně zadaných kódů v některém z překladišť na trase kontejneru. Tento problém vyřešilo zavedení automatické identifikace pomocí RFID transpondéru přichycenému ke kontejneru. V roce 1991 byla vydána norma ISO 10374, která tuto identifikaci celosvětově standardizovala. Jelikož se v různých částech světa používá pro RFID technologie jiné frekvenční pásmo, transpondéry musí umět

komunikovat na třech frekvenčních pásmech: 888–889 MHz, 902–928 MHz a 2,4–2,5 GHz. Pro identifikaci přepravních kontejnerů se používají aktivní RFID tagy, které mají kapacitu 128 bitů a tato data jsou načtena během 2 ms pomocí RFID snímače, který může být vzdálený až 13 m. Oproti původním identifikačním kódům obsahují tyto tagy i další údaje, jako jsou rozměry kontejneru, váhu, jeho typ, vlastnosti apod.

Vzhledem k přítomnosti baterie u aktivního RFID tagu je jejich životnost omezena, a to zhruba na 10–15 let, což je přibližně stejně, jako je životnost samotných kontejnerů. [2]

5.4 Bezkontaktní platební karty (Smart Cards)

Platební karty jako takové existují již mnoho let. Tyto plastové karty s vytištěným číslem karty, jménem držitele, podpisem držitele a dobou platnosti obsahují také magnetický datový proužek a jsou používány ve všech možných oblastech obchodu a služeb. Magnetický proužek umožnil číst data z karty elektronicky pomocí vhodného terminálu, do kterého se karta zasunula. Nicméně kontaktní povaha těchto karet snižuje jejich účinnost a spolehlivost a platební transakce pomocí takové karty může trvat i déle, než platba hotovostí. Kromě toho mají magnetické pásky omezenou kapacitu a tak jejich vývoj již dosáhl stavu, kdy už se kvůli jejich kapacitě nedá zavést lepší zabezpečení. To vedlo trh k hledání nového způsobu platby, který bude bezpečnější, rychlejší a pohodlnější. Proto byly vyvinuty nové bezkontaktní karty, založené na bezdrátovém principu RFID. Ty mohou být čteny terminálem bez nutnosti jejich vložení, či dokonce bez nutnosti vyjmout kartu z peněženky a mohou mít až stonásobně větší kapacitu, než magnetické proužky. Podle společnosti OctopusCard Limited [1], může být transakce bezkontaktní kartou dokončena za méně než 1/3 sekundy a podle firmy FreedomPay [1], je možné celý proces transakce provést až o 60 procent rychleji, než při hotovostní platbě. Placení bezhotovostní kartou je rychlé a snadné a pro spotřebitele se stalo ideální možností jednorázových plateb menších finančních částek. Kromě veřejné dopravy, kde byl bezkontaktní platební systém zaveden nejdříve, je nyní používán jako alternativa k platbě v hotovosti v obchodech, supermarketech, automatech apod. Vzhledem k vyšší datové kapacitě bezkontaktních platebních karet, je kromě vyšší míry zabezpečení možné do nich uložit i další údaje, a karta tak může plnit i mnoho dalších funkcí, od přístupové karty po řidičský průkaz.

Jeden z dosud nejúspěšnějších systémů bezkontaktních plateb má název „*Octopus*“ a je zaveden v Hongkongu od roku 1997. Původně sloužil k platbě jízdného ve veřejné dopravě na území města. Později se použití rozšířilo i na platby v obchodech, restauracích, na parkovištích a podobně. V roce 2006 už bylo v oběhu více než 13 milionů karet, přitom Hongkong měl v té době asi 6.8 milionů obyvatel. Každý den se průměrně tímto systémem provedly transakce v hodnotě zhruba 9.2 milionů USD. Dnes je na jeho území přes 50 000 míst, kde lze platit touto kartou a tak se zde systém ukázal jako velmi úspěšný a efektivní.

Přes velký místní úspěch není tento systém uplatněn v celosvětovém měřítku, protože použitá technologie se neřídí převládajícími RFID standardy. V době zavádění systému totiž byly normy a standardy teprve ve vývoji, a tak Evropa a USA vyvíjejí vlastní systém bezkontaktních plateb, který se bude řídit dnešními standardy. [1], [2]

5.5 Automobilový průmysl

Identifikace pomocí RFID se v automobilovém průmyslu využívá především v samotném výrobním procesu, který se tím daří ještě více automatizovat. To přináší nejen efektivnější výrobu, ale díky možnosti rychlé, přesné identifikace a sledování i flexibilnější dodávání náhradních dílů zákazníkům. Jelikož je v tomto odvětví potřeba aplikovat postupy „*Just In Time*“, je nutné zavedení procesů, které umožní efektivní správu zásob. To vyžaduje pečlivé plánování založené na aktuálních a přesných informacích, které může přinést právě RFID technologie. [1]

Jedním z výrobců automobilů, který využívá RFID technologii pro identifikaci při výrobě, je společnost BMW. Ta v továrně ve městě Dingolfing v jižním Německu do výroby implementovala RFID technologie v roce 1996, kdy každá karoserie automobilu měla v sobě integrovaný transpondér pracující na frekvenci 2.45 GHz. Jedná se o aktivní transpondéry s životností baterie asi 8 let, čtecí vzdáleností až 4 m a kapacitou 32 kilobytů. V průběhu montážního procesu se pomocí 70 čtecích zařízení umístěných v různých etapách montáže čtou nebo se do transpondéru zapisují různá data o konkrétním automobilu. Tím se výrazně zrychluje a zefektivňuje montážní proces, ve kterém byla původně identifikace realizována ručně pomocí čárových kódů. [2] Další velké využití RFID v této oblasti nastalo s rozvojem zabezpečovacích systémů.

Prudký nárůst počtu odcizených vozidel na počátku 90. let – zvláště v Německu – zvýšil zájem o efektivní ochranu proti odcizení. V roce 1988 bylo v Německu hlášeno 48 514 krádeží vozidel a o pět let později, v roce 1993 už to bylo 144 057 krádeží, tedy téměř trojnásobek. Jelikož pojišťovny v reakci na to změnilly pojistné podmínky a odmítaly hradit škodu vzniklou odcizením automobilu bez odpovídajícího systému zabezpečení, začaly se vyvíjet a používat nové systémy ochrany vozidel. Bylo potřeba vyvinout systém, který bude před nastartováním automobilu kontrolovat pravost klíče, a tak se do klíče začal zabudovávat miniaturní RFID transpondér, který spolu s anténou v zapalovací skřínce automobilu tvořil systém elektronické imobilizace.

V momentě, kdy je do zapalování vložen klíč, dojde k induktivní vazbě mezi anténou čtecího zařízení a transpondérem v klíči. Z té transpondér získává energii a tím pádem je energeticky nezávislý a bezúdržbový. Transpondér vyšle data čtecímu zařízení a to ověří pravost klíče.

Elektronické imobilizéry nejčastěji pracují v LF spektru v rozmezí 100-135 kHz a od roku 1995 se staly až na výjimky součástí všech nově vyráběných automobilů. [2]

5.6 RFID a NFC v mobilních telefonech

Ačkoliv se RFID technologie úspěšně využívá v mnoha oblastech, je pravděpodobné, že velký dopad bude mít v kombinaci s mobilními telefony. Integrace RFID do mobilních telefonů ve formě protokolu NFC vytváří potenciál k úspěšnému způsobu pro mikroplatby, interakci s předměty a lidmi, což může radikálně změnit stávající zvyky spotřebitelů. Kromě náhrady peněženky může NFC sloužit i jako náhrada klíčů. NFC (*Near Field Communication*) je protokol založený na technologii RFID a je používán převážně u spotřební elektroniky. Umožňuje těmto zařízením vzájemnou bezpečnou komunikaci bez nutnosti konfigurace sítě. NFC tagy pracují na frekvenci 13.5 MHz a jejich čtecí vzdálenost je zhruba 3 cm. I když je rychlost přenosu dat poměrně nízká (od 106 do 424 kbit/s), pro předpokládané použití je však dostatečná. NFC tagy mohou být, stejně jako RFID tagy, aktivní a pasivní. Pasivní tagy nemají žádné vlastní napájení a zdroj energie jim zajišťuje jen elektromagnetická indukce druhého, aktivního zařízení. Mohou tedy fungovat pouze jako nosič informací. Aktivní tagy naopak k funkci vyžadují vlastní zdroj energie, protože kromě funkce datového nosiče fungují také jako čtecí zařízení.

V roce 2004 bylo založeno NFC forum, jehož hlavním cílem bylo podporovat využívání NFC technologie ve spotřební elektronice a poskytnout standardy a specifikace zaručující vzájemnou kompatibilitu zařízení. Velký krok ke splnění těchto cílů nastal v roce 2006, kdy NFC forum vydalo hlavní specifikace protokolu NFC.

V roce 2007 uvedl výrobce mobilních telefonů Nokia první NFC mobilní telefon – model 6131 (Obrázek 12) a od té doby se nabídka mobilních telefonů s podporou NFC prudce stoupá. [8]

V roce 2012 bylo celosvětově na trhu dostupných přes 80 modelů mobilních telefonů, které podporují NFC³ a odhaduje se, že v roce 2014 bude mít podporu NFC 50% všech „chytrých telefonů“. [22]

Největší využití má NFC v mobilních telefonech v kombinaci se SIM kartou telefonu, kdy slouží jako platební nástroj pro rychlou a pohodlnou bezhotovostní platbu.

Vzhledem k malé čtecí vzdálenosti NFC tagů se tato metoda ukázala jako bezpečná.

[34]

Obrázek 12 - Mobilní telefon komunikující s NFC štítkem [8]



5.7 Přístupové systémy

Elektronické přístupové systémy slouží k automatické kontrole oprávnění k přístupu jednotlivců do budov nebo jiných prostor. Použití technologie RFID v této oblasti odbourává hlavní nevýhodu dosud nejčastěji používaných karet s magnetickým nebo infračerveným pruhem, které je nutné vždy vložit přímo do čtecího zařízení. S využitím bezkontaktního čipu je potřeba pouze blízká vzdálenost datového nosiče od snímače.

³ <http://www.nfcworld.com/nfc-phones-list/>

Jako datový nosič se v elektronických přístupových systémech používají nejčastěji PVC karty, ale používají se také různé přívěsky na klíče a dokonce i náramkové hodinky.

Přístupové systémy se dají rozdělit na online a offline systémy. [2]

Online systémy se využívají v oblastech, kde je potřeba zkontrolovat velké množství osob a to v několika vchodech zároveň, jako jsou třeba velké kancelářské budovy.

Terminál u každého vchodu je síťově propojen s centrálním počítačem, který obsahuje databázi, do které se ukládají data generovaná terminály, a zároveň poskytuje terminálům odpovědi na žádosti o přístup. Datový nosič obsahuje obvykle jen jedinečné číslo a tím také nehrozí riziko zneužití citlivých údajů např. při jeho ztrátě. Ke změně přístupu jednotlivce stačí pak změnit záznam v databázi a není k tomu již potřeba přítomnost samotného datového nosiče. [2]

Offline systémy se používají zejména v místech, kde je větší množství jednotlivých místností, do kterých má přístup jen několik osob, jako jsou např. hotely (Obrázek 13). Každý přístupový terminál má v sobě uložený svůj seznam oprávněných identifikačních klíčů a s ostatními terminály ani s centrálním počítačem není nijak propojen. Datové nosiče jsou obvykle při každém použití znovu naprogramovány, např. v hotelu na recepci při příjezdu hosta, kdy se do datového nosiče zapíší identifikační klíče pro přístup do vybraných prostor. Kromě těchto klíčů může datový nosič obsahovat i údaje o době platnosti, takže po skončení pobytu hosta mu již nebude umožněn přístup. Pouze v případě ztráty datového nosiče je nutné terminál přeprogramovat a vymazat z něj identifikátor ztraceného nosiče. [2]

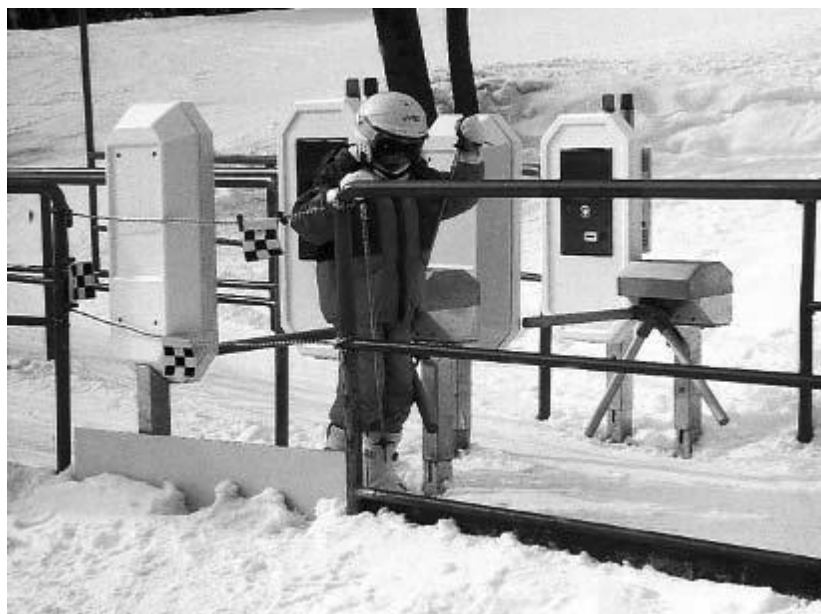
Obrázek 13 - Offline RFID přístupový terminál [2]



5.8 Vstupenky

Zejména v horských lyžařských střediscích se lze setkat s další úspěšnou aplikací RFID systémů. RFID tagy tu mají funkci vstupenek na lyžařské vleky a lanovky (Obrázek 14). Původní papírové vstupenky musely být vždy kontrolovány vizuálně lidskou obsluhou a pro lyžaře byl tento způsob nepohodlný, protože při každé jízdě museli, obvykle v zimních rukavicích, manipulovat s papírovou vstupenkou. RFID technologie nabízí k tomuto způsobu ideální alternativu, neboť pro její použití je možné vstupenku ponechat uschovanou u sebe a stačí s ní pouze projít turniketem, který při načtení platné vstupenky čtecím zařízením povolí vstup. Lidská obsluha pro kontrolu platnosti vstupenek tedy již není vyžadována. [2]

Obrázek 14 - RFID snímače s turnikety u lyžařského vleku [2]



Transpondéry pracují v HF pásmu a mají obvykle podobu karty nebo žetonu. Díky informacím z RFID systému lze lépe vyhodnocovat efektivitu provozu, vytížení jednotlivých zařízení a sledovat zvyky a chování lyžařů. [9]

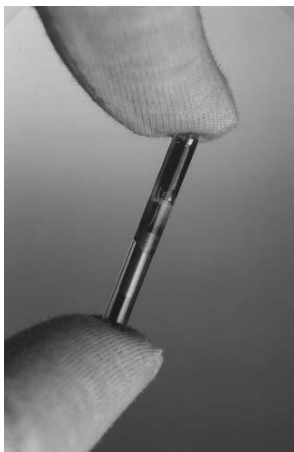
5.9 Identifikace zvířat

Elektronická identifikace se v chovu zvířat používá již přes 20 let. Systémy rádiové identifikace zvířat využívají frekvenci 134.2 kHz a specifikace se řídí normami ISO

11784 a ISO 11785. Pro identifikaci hospodářských zvířat se využívají čtyři druhy transpondérů: [2]

- **Obojkový transpondér** – lze snadno přenášet z jednoho zvířete na druhé
- **Ušní transpondér** – oproti klasické dobytčí známce s čárovým kódem může být RFID známka čtena ze vzdálenosti 1 m.
- **Injekční transpondér** (Obrázek 15) – je zaveden pod kůži zvířete a následně může být vyjmut pouze chirurgicky. Proto se využívá např. k ověření původu zvířete. Skleněný transpondér má obvykle rozměry pouze 23.1 mm x 3.85 mm, ale existují i menší, zhruba 10 mm dlouhé transpondéry.

Obrázek 15 - Skleněný RFID transpondér délky 32 mm používaný pro identifikaci zvířat [2]



- **tzv. bolus** – je zabudovaný v pouzdru (nejčastěji keramickém), které jej chrání před kyselinami. Aplikuje se orálně a poté zůstává v žaludku zvířete.

5.10 Sport

Při velkých sportovních událostech jako jsou maratony, mají běžci startující v zadních řadách vždy nevýhodu. Jejich čas je vypočítáván na základě času startu závodu a při velkém počtu účastníků (10 000 a více) může trvat i 5 minut od startu, než poslední závodník překročí startovací čáru. Bez individuálního sledování času tedy mají zadní řady běžců znatelnou nevýhodu, proto se při těchto sportovních událostech začaly využívat RFID transpondéry, které nosí běžci na sobě.

Princip spočívá v počítání individuálního času startu od doby, kdy se transpondér dostane do blízkosti antény.

Transpondér pracuje na frekvenci 135 kHz a je vložen do malého skleněného válečku a obklopen plastovým krytem, který také slouží k jeho uchycení ke tkaničce boty (Obrázek 16). Transpondér si běžec obvykle jednorázově zakoupí a poté ho může opět použít na všech závodech s kompatibilním systémem měření času.

Obrázek 16 - RFID transpondér umístěný na botě běžce [2]



Anténa je zatavena do tenké rohože velikosti 2,1 m x 1 m, může být tedy položena přímo na zemi a je chráněna před vlivy okolního prostředí.

Experimenty ukázaly, že správně nastavené antény dokáží registrovat až 8000 běžců za minutu a to při délce startovní čáry pouhé 4 m. Při běžné rychlosti běhu může systém vykazovat odchylku ± 1 s, způsobenou dobou v dosahu antény. U cyklistiky je přesnost zvýšena na $\pm 0,2$ s.

Spolehlivost a přesnost této metody se prokázaly na maratonech v Rotterdamu (10 000 běžců), Hamburgu (11 500 běžců) nebo Berlíně (13 500 běžců). [2]

5.11 Zdravotnictví

Schopnost pasivních RFID tagů fungovat spolehlivě po dlouhou dobu, vzhledem k absenci vlastního napájení, předurčila jejich využití také ve zdravotnictví, kde je spolehlivost prioritní.

Jedno z využití technologie RFID je zajištění přepravy zdravotnického materiálu citlivého na teplotu. I přes velké zlepšení v této oblasti v poslední době je v některých případech přepravy citlivého zdravotnického materiálu, zejména do rozvojových zemí, odhadována ztráta nebo znehodnocení až 50 % takto zasílaných vakcín.

Většina vakcín musí být skladována a přepravována při teplotě od 2 do 8 °C a některé vyžadují dokonce zmrazení na teplotu -20 °C. Při nedodržení předepsané teploty se vakcínám výrazně zkracuje jejich životnost a účinnost. Nesprávné podmínky při přepravě tedy mohou vakcínu znehodnotit, to se ale může ukázat až ve chvíli, kdy po podání nezačne u pacienta účinkovat. [32]

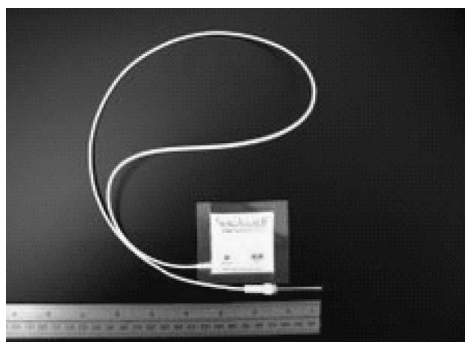
Mnoho let byl záznam teploty během přepravy prováděn pomocí mechanického zapisovače, který na pásku zapisoval teplotní odchylky během přepravy. Ten byl nahrazen měřičem digitálním s vlastní zapisovatelnou pamětí, hodinami a s možností programování teplotních hranic, jejichž překročení potom signalizuje LED dioda. Ačkoliv je toto digitální měření velmi rozšířené, má nevýhodu v nutnosti fyzického připojení měřiče k počítači pro přenesení jeho uložených dat. Proces získání teplotní historie je tak stále manuální a navíc je téměř nemožné číst data i během samotné přepravy. Právě potřeba průběžných dat byla důležitým faktorem pro zavedení sledování teploty pomocí technologie RFID. [6]

Pro monitorování teploty se využívají RFID čipy s vlastní baterií, tedy čipy aktivní nebo semipasivní (Obrázek 17). Semipasivní tagy na rozdíl od aktivních mohou být bezpečně přepravovány v letadlech a to i na běžných komerčních linkách. Pracují buď na frekvenci 13,56 MHz, díky které jsou čitelné i skrz tekutiny, nebo frekvenci 2,4 GHz, která nabízí sice horší prostupnost tekutinami, ale obecně delší čtecí vzdálenost (3–5 m).

Aktivní RFID tagy využívají napájení k nepřetržitému vysílání signálu, pracují obvykle na frekvenci 915 MHz a nabízejí čtecí vzdálenost více než 30 m. Dlouhá čtecí vzdálenost však může být někdy i nevýhodou, protože zde hrozí riziko neúmyslného načtení tagu během distribuce, což může způsobit potíže. Aktivní tagy také nesmí být přepravovány letecky. [1]

Stálé napájení jim umožňuje kontinuálně měřit a zaznamenávat teplotu získanou z přídatného teplotního senzoru. Tyto zaznamenané údaje lze kdykoliv načíst pomocí čtecího zařízení ze vzdálenosti až několika metrů. Čtecí zařízení může být umístěno přímo v transportním voze a posádka tak může mít neustálý přehled o aktuální teplotě přepravovaného materiálu. [32]

Obrázek 17 - RFID tag pracující na frekvenci 13,56 MHz s teplotním čidlem [6]



5.12 Knihovny

Knihovny začaly v pozdních 90. letech používat RFID systémy jako náhradu za čárové nebo elektromagnetické kódy. Primárně slouží pro sledování knih a jejich inventarizaci, která se díky RFID stala mnohem méně časově náročnou. Celou polici knih je tak možné načíst najednou pomocí přenosného čtecího zařízení, které potom ihned hlásí chybějící nebo špatně zařazené knihy. RFID technologie slouží také k zabezpečení knih, kdy RFID tag slouží jak k inventarizaci, tak k ochraně proti krádeži.

Z pohledu návštěvníka knihovny má použití RFID technologie také výhody. Především může usnadnit a urychlit hledání knihy i samotné odbavení při zapůjčení či vrácení knih. I když se v knihovnách zatím používají RFID tagy převážně jen k identifikaci knih (při vypůjčení/vrácení a inventarizaci), jejich možné využití je i k rychlému a intuitivnímu vyhledání knihy návštěvníkem knihovny. Funkce takového systému je následující:

1. Čtenář se identifikuje u vstupu pomocí své identifikační karty s RFID čipem.
2. Po úspěšné identifikaci je čtenář vybaven přenosným zařízením (PDA), pomocí kterého může v databázi knihovny vyhledat požadovanou knihu podle různých kritérií.
3. Po zvolení konkrétní knihy se na obrazovce zařízení objeví plánek rozvržení knihovny a polic s informací o umístění hledané knihy.
4. Čtenář následuje pokyny na zařízení, kterými je doveden až k polici s hledanou knihou.
5. Když je čtenář v blízkosti police, senzory umístěné v policích načtou jeho identifikační kartu a zjistí jeho vyhledávanou knihu. Čidla dokážou v rámci

police určit polohu knihy označené konkrétním tagem a rozsvítí barevnou LED kontrolku v příslušné části police.

6. Tím čtenář okamžitě nalezne hledanou knihu a může pokračovat v dalším vyhledávání nebo odejít s vypůjčenou knihou.
7. Vypůjčení probíhá samoodbavovacím terminálem, u kterého se čtenář identifikuje svojí kartou a ten poté načte tagy všech knih přinesených k terminálu.

Tento systém vyhledávání knih byl testován v knihovně na Mississippi State University v USA. Ukázalo se, že první nalezení knihy trvalo mnohem kratší dobu zkušenějším i nezkušeným uživatelům než původně. Další hledání trvalo uživatelům ještě kratší dobu, než se předpokládalo. [8]

5.13 Ochrana proti krádeži (EAS)

RFID systém ochrany proti krádeži EAS (*Electronic Article Surveillance*) se skládá z čtecího zařízení s jednou nebo více anténami tvořící čtecí bránu (Obrázek 18), RFID tagu a zařízení pro deaktivaci tagu. Šířka čtecí brány určuje výkonnost systému. Tag obsahuje nejmenší možné množství informací – 1 bit. Hodnota tagu tedy může nabývat pouze hodnoty 1 nebo 0 a tag nemá tedy sloužit k identifikaci výrobku. Z důvodu nízké ceny jednobitových tagů jsou tyto systémy velmi rozšířené po celém světě. [2]

Nacházejí využití zejména při ochraně konfekce, prádla a dalších textilních výrobků, obuvi a kožené galanterie, potravin, alkoholických nápojů a drogerie, sportovního zboží, keramiky, skla, hraček, apod. Pracují zpravidla na frekvenci 1,9 MHz nebo 8,2 MHz. Deaktivace tagu probíhá v moderních systémech při registraci zboží v pokladně a je provedeno RFID snímačem zabudovaným v pokladním prostoru. [2], [33]

Obrázek 18 - Typická podoba antén sloužících pro EAS (systém ochrany proti krádeži) [2]



5.14 Cestovní pasy

Z důvodu učinit identifikační doklady lidí více odolné vůči padělání a samotnou identifikaci rychlejší a pohodlnější se začaly rozvíjet různé technologie automatického čtení. V některých státech se používají identifikační doklady s pamětí ve formě magnetického pásku nebo optického kódu. Výhody RFID se ukázaly až ve spojení s cestovními pasy, jelikož forma pasu (brožura) činí použití kontaktních metod obtížné. I když bezdrátový přenos pomocí RFID vytváří potenciální bezpečnostní riziko, velká paměť RFID čipů umožňuje použít mnohem lepší a důmyslnější bezpečnostní opatření, než je možné např. u magnetických proužků. Tyto RFID cestovní pasy byly zavedeny v mnoha zemích, včetně všech států Evropské unie. Pasy v sobě mají zabudovaný RFID tag komunikující na frekvenci 13,56 MHz, který se řídí normou ISO 14443. Tag obsahuje osobní údaje, údaje o pasu a fotku držitele. Druhá generace těchto pasů obsahuje také otisk prstu a další biometrická data do nich bude možné přidat. [10] Hlavním bezpečnostním rizikem těchto pasů je možnost získat data z pasu pomocí odposlechu až ze vzdálenosti několik metrů. K zamezení neoprávněnému čtení byla implementována tři bezpečnostní opatření: [1]

- **Šifrování** – informace v čipu jsou zašifrované.
- **Kontrola přístupu** – klíč k dešifrování uložených dat je sestaven pomocí údajů vytištěných na poslední straně pasu, které musí být přečteny optickým snímačem (číslo pasu, jméno, datum narození atd.).
- **Omezení vzdálenosti** – vnější desky pasu obsahují kovovou síť tvořící Faradayovu klec, což znemožňuje čtení čipu při zavřených deskách pasu.

Velikost klíče ale nemusí být dostatečná pro pasy obsahující další biometrické údaje, proto pro ně bylo vyvinuto silnější zabezpečení EAC (*Extended Access Control*). To spočívá v aktivní autentizaci čtecího zařízení i pasu. Biometrické údaje z pasu tak mohou být přečteny pouze zařízením s příslušným certifikátem. [10]

6 Využití RFID v ČR

Evropa má historicky oproti USA ve vývoji a implementaci RFID technologie zpoždění. Většina aktivit v souvislosti s jejím vývojem totiž od samotného počátku přicházela z USA. Využití RFID technologie v ČR je velmi rozšířené ve veřejné dopravě, kdy dnes všechna krajská města a většina okresních měst mají zavedeny bezkontaktní čipové karty sloužící jako jízdní doklady, a v některých aplikacích (Opencard v Praze, Opuscard v Liberci či Plzeňská karta) slouží také jako platební prostředek. Úspěšnou aplikací RFID je také funkční a výdělečný systém mýtných bran na dálnicích a rychlostních silnicích v ČR. [42]

Současný stav projektů v České republice v oblasti implementace RFID technologií v otevřených systémech dle standardu EPCglobal je stále ještě „v plenkách“. Návržnost investice do RFID v tuto chvíli slibují zejména uzavřené systémy. Vyplynulo to ze závěrů semináře „RFID in Retail“, který se zabýval stavem zavádění RFID technologií. [7]

6.1 Mýtné brány na dálnicích

Podle rozhodnutí vlády ČR z roku 2004 se od začátku roku 2007 zavedlo na českých dálnicích výkonové zpoplatnění průjezdu pro vozidla nad 12 tun. Šlo o tzv. první etapu přechodu od starého systému, kdy se platilo umožnění užívání komunikací po určitý časový úsek bez ohledu na ujeté kilometry. Výkonové zpoplatnění znamená, že každý uživatel platí podle toho, kolik kilometrů skutečně ujel. Tento způsob zpoplatnění je bezesporu spravedlivější a vzhledem ke stále narůstající úrovni tranzitní dopravy i výhodnější pro stát. Dále umožňuje do jisté míry ovlivňovat zatížení komunikací nákladní dopravou a to díky různým tarifům na různých úsecích v daných časových pásmech.⁴

Za dnes už historický způsob lze považovat výstavbu mýtných stanic, kde se platí obsluhu tak, jak to dnes funguje např. v Itálii nebo Chorvatsku. To obnáší nákladnou výstavbu budov a zázemí pro obsluhu na hraničních bodech úseků, další náklady na plat vysokého počtu personálu a v neposlední řadě to řidiče zdržuje, protože musí kvůli platbě zastavit.

⁴ http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Silnice+dalnice+mosty/mytne/

Elektronický systém použitý na dálnicích v ČR má jako největší výhodu dvě základní vlastnosti: freeflow a multilane. To znamená, že vozidlo není nijak omezeno průjezdem kontrolního bodu – nemusí omezit svou rychlost a může jet nebo přejíždět mezi libovolnými pruhy. Celý systém je po technické stránce spravován z dohledového centra ve Vídni a pro kontrolu a vyhodnocování transakcí slouží dohledové a administrativní centrum v Praze. Základem systému je jednotka OBU (*on-board unit*) a mýtné brány na zpoplatněných úsecích. Na každém placeném úseku dálnice je kontrolní bod, tzv. brána. Jedná se o konstrukci napříč dálnicí, na které jsou umístěna zařízení pro komunikaci s OBU projíždějícího vozidla. Tyto RFID snímače při průjezdu vozidla identifikují OBU a data přenášejí do systému, který je vyhodnocuje. Na branách jsou kromě RFID snímačů (tzv. „baků“) instalovány skenery, kamery a infračervené blesky pro noční vidění. Skenery nad každým jízdním pruhem rozpoznají osobní vůz od nákladního a počet jeho náprav. Dají signál čelní kameře v příslušném jízdním pruhu a kameře pohledové sledující provoz z boku ze servisního pruhu. Tyto kamery pořídí snímky ve chvíli průjezdu vozidla. Za tmy jsou pak použity infra blesky. Z těchto snímků se pomocí OCR softwaru rozpozná SPZ vozidla, ze skenerů počet náprav a informace se porovnají s daty přenesenými z OBU. Pokud vše souhlasí, tak software sám vyhodnotí vozidlo jako bezproblémové a jen se přenese transakce o průjezdu vozidla. Pokud dojde k jakékoli nesrovnalosti v údajích nebo OBU úplně chybí, je informován operátor v dohledové centrále v Praze. Ten pak, po manuální kontrole, předává podklady o přestupku státnímu orgánu, v tomto případě je to Celní správa. [42]

6.1.1 OBU – palubní jednotka

Každý řidič vozidla nad 12 tun je povinen vybavit vozidlo palubní jednotkou OBU (*on-board unit*) (Obrázek 19), správně ji nastavit v souladu s uzavřenou smlouvou a umístit na určené místo na čelním skle tak, aby mohla správně pracovat. Pokud tak učiní, může se pohybovat po placených úsecích. Tuto jednotku si uživatel po zaplacení zálohy pořídí v distribučních centrech. Jednotka OBU obsahuje několik informací, které předává při průjezdu kontrolním bodem: ID jednotky, počet náprav, hmotnostní kategorii. Je vybavena baterií s životností cca tři roky, po té době je nutno jednotku vyměnit. Jednotka je v pasivním režimu do chvíle, než dostane signál z antény (snímače

umístěném na bráně). Potom pomocí mikrovln dochází k přenosu dat. Řidič je o transakci informován akustickým signálem. [42]

Obrázek 19 - Jednotka OBU (On-Board Unit) [42]

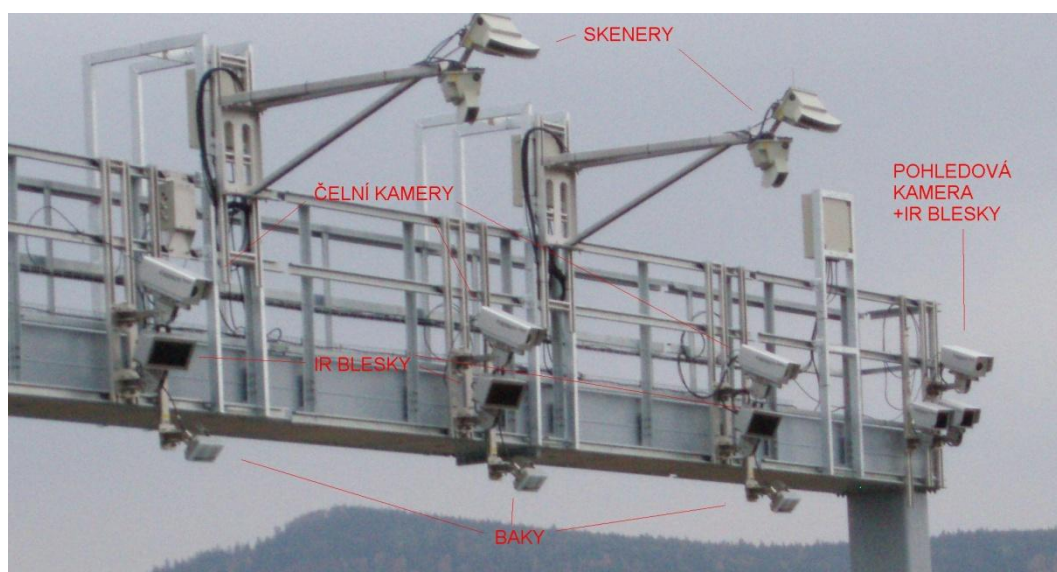


6.1.2 Tollingová brána

Základem celého systému jsou tzv. tollingové (mýtné) brány (Obrázek 20). Mají za úkol zaznamenat každé vozidlo s OBU, které pod nimi projede a naopak rozpoznat nákladní vozidlo, které OBU jednotku nemá funkční nebo vůbec přítomnou. Na vrchní části brány jsou umístěny antény pro komunikaci s OBU (tzv. baky) a to jeden nad každým jízdním i servisním (odstavným) pruhem. Komunikace je zajišťována podle standardu dedikované komunikace krátkého dosahu DSRC (*Dedicated Short Range Communication*) v pásmu 5,8 GHz. Dedikované spojení se vyznačuje tím, že používá směrové antény zaměřené na vozovku, kde vytváří elipsovité tvar a kde se odehrává komunikace. Tato pásma se překrývají, aby byla zachycena i přejíždějící vozidla. Antény jsou umístěny přibližně 5,5m nad vozovkou, aby se zamezilo stínění vyššími vozidly. Ideální úroveň signálu je potom od 1 m nad vozovkou výše, v ploše asi 3,5m x 4,5m. Vzhledem k přenosovým rychlostem asi 500 kbit/s se při rychlosti 100 km/h celá transakce odehraje za 160 ms. Po vjetí do zóny signálu vysílač aktivuje OBU a dojde k přenosu dat. Mikro počítač umístěný ve skříni u patky portálu řídí vždy všechny baky v jednom směru dálnice. Vzhledem k překrývání signálů zajišťuje, že sousední baky pracují na různých kanálech, aby nedocházelo ke kolizím, případně zdvojení transakce. Uchovává periodicky aktualizovanou databázi všech aktivovaných OBU v systému.

Data se předávají do počítače, tzv. *Tolling Controlleru* (TC), který je zpracovává a odesílá přes síť do centrály k vyhodnocení. Jednotlivá zařízení v technologické skříní jsou zapojena do sítě a komunikují pomocí TCP/IP protokolu. To umožňuje vzdálené připojení z vídeňské servisní centrály prostřednictvím datové linky, která je jinak využívána k přenosu dat. [42]

Obrázek 20 - Zařízení na mýtné bráně [42]



6.2 Opencard

Karta Opencard (Obrázek 21) byla zamýšlena jako karta pro obyvatele a návštěvníky Prahy. Jejím vydavatelem je Magistrát hl. m. Prahy a cílem projektu je nejen otevření nových možností komunikace mezi městem a jeho obyvateli, ale především příjemnější a jednodušší přístup ke službám města.

Obrázek 21 - Karta Opencard [25]



Opencard v současné době slouží jako náhrada průkazek některých městských institucí a služeb provozovaných hlavním městem: [25]

- Lze ji používat jako průkazku v Pražské integrované dopravě, papírové časové kupóny v tomto případě nahrazují elektronické.
- Opencard jako čtenářský průkaz přijímá také síť 38 automatizovaných poboček Městské knihovny v Praze a Národní technická knihovna v Praze.
- Karta může nahradit drobné mince při placení za parkování v parkovacích automatech v zónách placeného stání na území městských částí Praha 1, 2, 3 a 7.

Opencard funguje na principu „smartcard“, tedy karty s integrovaným RFID čipem a anténou, pracující v UHF spektru na frekvenci 13.56 MHz a řídicí se normou ISO 14443-A. Využívá ve světě široce rozšířené karty typu MIFARE od společnosti Philips. Původně použité čipy MIFARE Classic byly později z bezpečnostních důvodů nahrazeny novějšími a bezpečnějšími čipy MIFARE DESFire.[24]

Pilotní provoz projektu Opencard byl spuštěn 12. dubna 2007. V této fázi bylo do září 2007 vydáno 50 000 karet, které byly k dispozici bezplatně. Ovšem 12. června 2007 na tiskové konferenci demonstroval kryptolog Tomáš Rosa z občanského sdružení Iuridicum Remedium možnost veřejné přístupnosti osobních údajů uložených v čipu karty Opencard. Prakticky každý, kdo zná komunikační rozhraní použitých karet typu MIFARE, může pomocí běžně dostupných zařízení přečíst jméno, pohlaví a datum narození držitele a to ze vzdálenosti několika centimetrů. Jelikož rádiové vlny procházejí dobře většinou materiálů, je možné takové čtení provádět nepozorovaně v davu lidí v MHD, restauracích, klubech apod. Občanské sdružení proto požadovalo zjednání nápravy v podobě vydávání anonymních karet nebo úplného zastavení projektu Opencard do doby, než budou náležitě přezkoumána jeho bezpečnostní rizika.

Náměstek primátora Rudolf Blažek v reakci na to oznámil, že hlavní město dočasně ustupuje od praxe ukládání osobních údajů na bezkontaktní čip v nově zaváděném projektu Opencard. V odpovědi na interpelaci zastupitelky hl. m. Prahy Petry Kolínské informoval, že v souladu s návrhem občanského sdružení Iuridicum Remedium byl projekt modifikován tak, aby vydávané karty neobsahovaly osobní údaje čitelné bez vědomí držitele karty. Zavázal se přitom, že: „Hlavní město Praha zároveň ve smlouvách se všemi spolupracujícími subjekty zajistí, že s údaji o využívání karet bude

nakládáno v souladu s platnou legislativou, zejména se zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů.“⁵

Karty využívající MIFARE Classic byly vydávány do srpna 2008. Čipy ale obsahovaly už jen číslo karty a datum narození držitele. Ostatní informace nebyly do nově vydaných MIFARE Classic karet vůbec uloženy a u již používaných došlo ke smazání těchto údajů při načtení terminálem. V roce 2008 se začaly vydávat nové karty s čipem MIFARE DESFire, které již poskytovaly mnohem větší míru zabezpečení.⁶

V době, kdy končil prodej ročních předplatních kupónů PID, tedy na konci ledna 2009, byl počet vydaných Opencard již přes 320 000.⁷ Ke dni 30. 6. 2009 bylo evidováno již 372 745 karet, z toho 4 950 karet původních hybridních, které byly vydány v rámci pilotní etapy projektu. Z celkového počtu karet mělo 369 036 karet implementovanou aplikaci DOS (Dopravní odbavovací systém), takže karta mohla fungovat jako nositel předplatního jízdného pro městskou hromadnou dopravu. Dále 169 772 karet mělo nahanou Kartovou Aplikaci Parkování (KAP) a 32 tisíc karet bylo využíváno pro vstup do městských knihoven. [26]

Ke konci roku 2009 byl zpracován audit, který z hlediska technologického prověřoval projekt Opencard. Audit došel k těmto závěrům:⁸

- Projekt je progresivní a dlouhodobě udržitelný.
- Uživatelská základna je natolik zajímavá, že lze předpokládat dobrou výchozí pozici pro jednání s případnými strategickými partnery, především bankami.
- Komerční sféra má o podobná řešení zájem.
- Díky použitému standardu je vytvořena bezpečná a flexibilní platforma pro nejširší použití aplikací na bázi bezkontaktního čipu.
- Zásadní je podpora co nejširší škály možných funkcí.
- Vlastní projekt PCMS je postaven na obecně fungujících principech podobných řešení v ČR i v zahraničí a má vysoký potenciál dalšího využití.

⁵ Pražský magistrát ustoupil tlaku ochránců soukromí. 27. 7. 2007. - <http://www.slidilove.cz/node/281>

⁶ http://opencard.praha.eu/jnp/cz/aktuality/pro_media/karty_opencard_jsou_bezpecne.html

⁷ http://www.praha.eu/jnp/cz/home/magistrat/tiskovy_servis/archiv_tiskovych_zprav/opencard_ma_jiz_320_tisic_lidi.html

⁸ http://www.praha.eu/jnp/cz/home/magistrat/tiskovy_servis/tiskove_zpravy/mestska_rada_projednala_vy_sledky.html

Audit mimo jiné vyjmenovává další potenciál využití karet Opencard, například:

- elektronická peněženka a mikroplatby
- větší rozvoj v oblasti městských služeb (sport, kultura, školství)
- městské kontaktní centrum – portál města, přepážkový systém, městská policie
- sociální služby
- cestovní ruch/turistické aplikace – např. jednotlivé jízdné (SMS jízdenky fungují jen pro klienty českých operátorů), denní, třídní, týdenní jízdné, parkování, kultura, sport, služby, ubytování
- další rozvoj dopravní infrastruktury (placení parkovišť P+R, krátkodobé jízdné MHD, mýtný systém)
- zapojení komerčních subjektů do projektu (obchodní řetězce, restaurace, hotely, stravování pro zaměstnance, prodejní automaty, kina apod.)

Na konci roku 2010, kdy došlo k úplnému nahrazení papírových předplatních kupónů, vlastnilo Opencard již 600 000 lidí.⁹ Využití Opencard jako průkazky PID umožňuje její použití jako náhradu tramvajenky pro všechna tarifní pásma PID. V současné době lze koupit 30 denní a 90 denní nepřenosný (občanský, dětský, juniorský, studentský a seniorský) elektronický kupon. Projekt bohužel nepředpokládá, že by Opencard byla využívána k nákupu ostatních druhů individuálního jízdného (zejména jednotlivé, denní jízdné apod.). V současné době má terminálová síť Opencard cca 2 000 terminálů různého typu (parkovací automaty, validátory v metru, terminály u ostatních dopravců PID, revizorské čtečky DPP a ČD). [26]

⁹ http://www.praha.eu/jnp/cz/home/magistrat/tiskovy_servis/archiv_tiskovych_zprav/opencard_vlastni_600_000_lidi.html

7 Implementace RFID v konkrétním odvětví

7.1 Volba odvětví

Na základě poznatků ohledně využití RFID technologie ve světě se jeví jako perspektivní její využití v následujících oblastech:

- Logistika
- Výroba
- Veřejná doprava
- Zdravotnictví
- Různé přístupové systémy
- Maloobchod
- Mikroplatby

Pro návrh postupu implementace byl zvolen výrobní sektor, který jako součást dodavatelského řetězce má, podobně jako v zahraničí, velký potenciál ve zvýšení efektivity a transparentnosti, snížení nákladů, zlepšení využití zdrojů, zvýšení kvality zboží a snížení přebytečných skladových zásob.

Zejména vzhledem k požadavkům obchodního řetězce Wal-Mart, který před několika lety zavedl pro své největší dodavatele povinnost označovat palety se zbožím RFID tagy, se dá v budoucnosti očekávat podobný požadavek i od obchodních řetězců působících v Evropě a ČR. Zavedením RFID systému bez časového tlaku, v jakém byly dodavatelé pro řetězec Wal-Mart, umožní navrhnout systém tak, aby přinesl co nejvíce pozitivních efektů pro samotného výrobce a aby vynaložené náklady na zavedení této technologie byly vyváženy úsporami při následném provozu.

Předpokladem této doporučené implementace RFID je již fungující informační systém ve společnosti a dobře nastavené a funkční procesy na všech úrovních. Také se předpokládá, že společnost dosud k identifikaci výrobků využívá některou z optických metod, např. čárové kódy.

7.2 Požadavky a přínosy systému

Ve výrobním sektoru lze uplatnit mnoho výhod RFID a každé výrobní odvětví má různá specifika, která určují, co od zavedení systému může podnik očekávat. Mezi obecné požadavky těchto podniků nejčastěji patří:

- **Automatizovat činnosti prováděné lidmi** – Zavedením RFID čtecích zařízení místo lidské obsluhy, která ručně načítá čárové kódy, se sníží personální náklady.
- **Vyloučit chybovost** – Eliminací lidského faktoru a zvolením vhodných antén a tagů lze předejít chybnému načtení informací.
- **Plně využít data získaná z RFID systému** – RFID systémy mohou generovat obrovské množství dat. Jen pomocí jejich vhodného zpracování je možné data dále interpretovat a účelně využít.
- **Snížit množství skladových zásob** – Využitím aktuálních dat z RFID systému lze detailně sledovat vytížení skladu a množství jednotlivých výrobků na skladě a tím lze efektivněji plánovat distribuci.
- **Zabránit krádežím výrobků ze strany zaměstnanců** – Označením všech výrobků RFID tagy lze předejít jejich neoprávněnému vynesení z výrobního areálu.

7.3 Návrh RFID systému

Při návrhu RFID systému je důležité nejprve zvolit vhodné frekvenční pásmo, které je ale obvykle dáno konkrétní aplikací. Některá frekvenční pásma jsou pro určitá použití vyloženě nevhodná, ať už kvůli čtecí vzdálenosti, neprostupnosti skrz některé materiály nebo velikosti či ceně tagu. Pro použití ve výrobním sektoru lze vyloučit pásma LF a HF, pracující na principu indukce, které nabízejí jen velmi krátké čtecí vzdálenosti. Využití mikrovlnného spektra je naopak pro toto použití zbytečné, neboť mikrovlnné systémy se vyznačují hlavně schopností přečíst informaci z tagu ve vysoké rychlosti, a to je ve výrobním procesu a logistice neupotřebitelné. Ideální volbou je tedy pásmo UHF, které se vyznačuje dostatečnou čtecí vzdáleností a také nejnižšími cenami tagů. I když obecně UHF vlny špatně procházejí kovy a kapalinami, lze využít tagy se speciálními anténami, které zlepšují průchodnost signálu skrze problémové materiály.

Na samotný dosah rádiového signálu má vliv několik faktorů:

- použitá frekvence (v ČR povoleno 865.6-867.6 MHz) [28]
- vyzařovaný výkon čtecího zařízení (v ČR povoleno 2W ERP) [28]
- umístění tagu a jeho podklad
- překážky mezi tagem a čtecím zařízením
- rádiové rušení z jiného zdroje

7.4 Volba tagů

Při výběru vhodných RFID tagů, které budou použity pro označení výrobků, je nutné brát ohledy na:

- prostředí, ve kterém budou tagy načítány
- materiál, ze kterého budou vyrobené označované produkty
- prostředí, ve kterém se bude výrobek během výrobního a distribučního procesu pohybovat
- vzdálenost, ze které bude potřeba tagy načítat
- velikost označovaného produktu a dle toho volit i velikost tagu
- množství dat, která bude potřeba do tagu uložit
- cenu tagu, která musí být pro konkrétní aplikaci přijatelná

Prostředí, ve kterém má RFID systém pracovat, má na jeho funkci velký vliv.

V prostředí s vysokou vzdušnou vlhkostí dochází k znatelnému zkrácení čtecí vzdálenosti. Prostředí, ve kterém se produkty během výroby a distribuce pohybují, také určuje, jak musí být tag odolný vůči mechanickému poškození.

Výběr tagu usnadní skutečnost, kdy se v továrně vyrábí jen produkty, které neobsahují problémové materiály, jako jsou kovy a kapaliny. Pokud se jedná o širší spektrum výrobků s různým složením, je nutné zvolit štítky univerzální, které nemají takový problém s průchodností těmito materiály, avšak jejich cena je vyšší.

Pro potřebu jednoznačné identifikace produktu v rámci výroby i celého dodavatelského řetězce postačuje základní 96 bitová paměť čipu. Paměť bude obsahovat EPC kód, který výrobci dovolí označit až 16 milionů rozdílných artiklů a od každého až 68 milionů různých unikátních produktů. Většina UHF tagů však poskytuje také uživatelskou

paměť obvykle od 64 do 512 bitů a tuto paměť lze využít pro uložení dodatečných informací o produktu – např. hmotnost, datum výroby apod. Tyto informace však mohou být uloženy pouze přímo v informačním systému společnosti a lze je následně spárovat pomocí EPC kódu výrobku. Přítomnost těchto informací přímo v tagu však může mít výhody pro další články dodavatelského řetězce, pro které bude zjišťování těchto informací snazší díky síti EPCglobal.

Je vhodné mít na RFID tagu natištěn i čárový kód, který identifikuje konkrétní artikl a slouží jako záložní identifikace v případě poškození RFID tagu nebo jiných technických problémů (např. porucha čtecího zařízení).

V závislosti na druhu konkrétního vyráběného zboží lze využít 3 druhy označování:

- **Na úrovni produktu** – vhodné zejména pro rozměrnější či hodnotnější výrobky.
- **Na úrovni kartonu či jiného hromadného balení** – u výrobků, které se seskupují do větších balení a na jedné paletě je např. více různých výrobků.
- **Na úrovni palety** – vhodné zejména pro výrobky nižší hodnoty, jejichž jednotlivé označování RFID tagy je v současnosti kvůli jejich ceně neefektivní.

Nabídka UHF tagů je dnes poměrně široká a určeným požadavkům odpovídají např. tagy od společnosti Alien Technology¹⁰ nebo tagy značky Inotec¹¹. Z jejich nabídek lze vybrat tagy ve formě nalepovacích etiket, vhodných spíše pro jednotlivé výrobky a kartony (Obrázek 22), ale i tagy pro snadné a bezpečné přichycení k paletě (Obrázek 23) nebo tagy vhodné pro umístění na kovové povrchy (Obrázek 24).

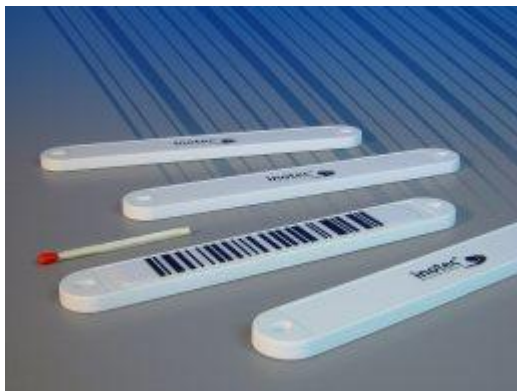
Obrázek 22 - Tagy Inotec ve formě nalepovacích etiket
(Zdroj: <http://www.inotec-barcode.cz>)



¹⁰ <http://www.alientechnology.com/>

¹¹ <http://www.inotec-barcode.cz/>

Obrázek 23 - Tagy Inotec vhodné pro přichycení k paletě
(Zdroj: <http://www.inotec-barcode.cz>)



Obrázek 24 - Tagy Inotec vhodné pro umístění na kovovém předmětu
(Zdroj: <http://www.inotec-barcode.cz>)



7.5 Volba čtecích zařízení

Vzhledem ke snaze o maximální automatizaci při výrobě, nacházejí v tomto odvětví uplatnění hlavně pevné (stacionární) RFID snímače, právě kvůli tomu, že není potřeba lidské obsluhy. Počet a typ čtecích zařízení závisí na počtu kontrolních míst, kde má docházet k evidenci výrobku, vzdálenosti mezi tagy a snímačem, vzdálenosti od jiných čtecích zařízení a stejně jako u RFID tagů záleží na materiálu označovaných výrobků a na okolním prostředí.

Pro volbu a umístění čtecích zařízení a antén je však klíčové provést důkladné měření v místě implementace. Měření zjistí zdroje rušení, dosah signálu v konkrétních podmínkách a pomůže určit vhodné umístění antén a čtecích zařízení a to i vzhledem k technické infrastruktuře (přívody napájení, datové zásuvky apod.).

Pro vytvoření čtecích zón ve vstupech, výstupech, průjezdech či na expedičních rampách bývají nejvhodnější stacionární RFID brány. Pro snímání výrobků pohybujících se na dopravníkovém pásu obvykle postačují čtecí zařízení s integrovanou anténou (Obrázek 25).

Obrázek 25 - RFID UHF čtecí zařízení s integrovanou anténou
(Zdroj: <http://www.codeware.cz/>)



7.6 Zpracování dat

Důležitou roli v úspěšnosti systému hraje zpracování dat získaných z RFID snímačů. Vzhledem k základní paměti štítku minimálně 96 bitů a další uživatelské paměti až 512 bitů, se při načítání velkého množství položek může generovat až několik megabytů dat za sekundu. Tyto údaje je nutné v reálném čase zpracovávat a získat z nich co nejvíce informací, které povedou ke zvyšování efektivity výroby a celkového provozu. V závislosti na současně využívaném informačním systému ve společnosti je nutné provést větší či menší úpravy v systému, případně vytvořit systém nový, který dokáže efektivně zpracovávat vstupní data a především je transformovat na použitelné výstupy. Fáze návrhu zpracování dat by neměla být úspěšána, neboť jak ukázaly zkušenosti ze zahraničí při implementaci RFID kvůli tlaku ze strany řetězce Wal-Mart, velká část dodavatelů, kteří technologii implementovali, ji už nedokázalo efektivně využít ve svůj prospěch a tak jim tento systém přinesl pouze dodatečné náklady.

7.7 Postup realizace

Po vytvoření návrhu systému, zvolení schopného vedoucího projektu, důkladné volbě tagů, čtecích zařízení a jejich dodavatele, by měly následovat procesy vedoucí k implementaci vlastního EPC kódu. Jelikož společnost se chce zapojit do otevřeného systému EPCglobal, kde má každý výrobce pevně daný prvních 36 bitů kódu, musí postoupit registraci a získat licenci EPCglobal. K procesu registrace je potřeba vytvořit v podniku tzv. EPC skupinu, tedy tým lidí z vyššího managementu, který bude implementaci koordinovat. V České republice registrace probíhá u společnosti GS1 Czech Republic¹².

Po registraci společnost získává přístup do sítě *EPCglobal Network*, ve které se nacházejí informace o položkách označených EPC kódem.

V další fázi je nutné zabývat se tím, jaká data budou v tagu uložena a jak je dále zpracovávat. S tím souvisí již výše zmíněná úprava stávajícího informačního systému. Změna v identifikaci výrobků s sebou nese i změny v různých procesech společnosti, se kterými je nutné seznámit všechny zaměstnance, kterých se to týká.

Po těchto přípravách a instalaci jednotlivých komponent systému je vhodné provést závěrečné měření rádiového signálu, zda se neliší od měření provedených při výběru čtecích zařízení a zda bude systém plně funkční. Po úspěšném měření je možné zahájit zkušební provoz technologie. Jelikož jsou tagy opatřeny zároveň i čárovým kódem, nehrozí kolaps ve výrobě v případě selhání zkušebního provozu RFID. V tom případě je možné provádět identifikaci opět pomocí čteček čárových kódů, které si podnik ponechá jako záložní alternativu.

V případě úspěšnosti zkušebního provozu je důležité tento provoz kriticky zhodnotit a na základě toho navrhnout možnosti další optimalizace.

7.8 Zhodnocení a optimalizace

Po skončení zkušebního provozu je nutné zhodnotit, jak systém plní stanovené cíle a zda jeho dosud změřené nebo odhadnuté ekonomické přínosy dlouhodobě vyváží vynaložené náklady na implementaci. Pokud jsou zjištěny nějaké nedostatky, je na místě věnovat jim pozornost a snažit se je odstranit.

¹² <http://www.gs1.cz/>

Mezi nedostatky se může objevit:

- **Problém s načtením tagů** – Může být vyřešen změnou umístění tagů či polohy antény snímače. Vhodné je také znovu proměřit rádiové rušení v místě.
- **Dochází k poškození tagů** – Při výběru tagu byl zřejmě pro konkrétní použití zvolen málo odolný typ.
- **Získaná data ze RFID systému jsou špatně interpretována** – Tato skutečnost může souviset se špatným návrhem informačního systému nebo s nedostatečným proškolením odpovědných pracovníků.

Během provozu RFID systému může společnost postupně nalézt i další využití této technologie a ještě více zvýšit užitek, který ji tato technologie přináší. Využití se nemusí týkat samotného procesu výroby, může být uplatněna při inventarizaci majetku, evidenci či sledování zaměstnanců, v závodním stravování apod.

8 Závěr

Technologie RFID nachází svoje uplatnění všude tam, kde je potřeba identifikovat nějaké objekty plně automatizovaně a rychle. Kromě využití v maloobchodě, průmyslu nebo veřejné dopravě ve městech po celém světě, má dnes velký význam také ve zdravotnictví, kde slouží k identifikaci zdravotnického materiálu a také pomáhá zabezpečit přepravu materiálu citlivého na teplotu. V souvislosti s vývojem a zlepšováním zabezpečení RFID systémů nachází tato technologie uplatnění jako platební prostředek ve formě bezkontaktních karet a také jako identifikační doklady (cestovní pasy, občanské průkazy), které mohou uchovávat biometrické údaje.

Technologie RFID má v současné době ještě několik omezení, které brání jejímu velkému rozšíření. Z pohledu společností, které by rády využily výhod této technologie, je jedním z největších problémů stále cena jednoho RFID tagu, která ještě neklesla na takovou úroveň, aby se vyplatilo i označování předmětů nižší hodnoty. Globálnímu rozšíření této technologie také brání rozdílný vývoj této technologie v různých oblastech světa, ve kterém Evropa zaostává nad USA. Pomalé rozšiřování této technologie bylo způsobeno dlouhou existencí nejednotných standardů, podle kterých by se implementace RFID řídily. Zavedení standardizace později umožnilo zvýšit výrobu RFID čipů a tím postupně docházelo ke snižování jejich ceny.

Ze získaných poznatků o využívání RFID se jako jedna z perspektivních jeví její aplikace v dodavatelském řetězci, kde je však zapotřebí, aby se do implementace zapojily všechny jeho články, protože jen tak lze plně využít její potenciál. I bez zapojení ostatních článků řetězce lze však využít RFID jako efektivní nástroj ke zvýšení automatizace ve výrobě, přesnému řízení interní logistiky a zlepšení využití vlastních zdrojů. Z toho důvodu byl vybrán pro doporučení postupu implementace výrobní podnik, který kromě zmiňovaných výhod získá konkurenční náskok v případě tlaku na povinné zavedení označování RFID tagy ze strany odběratelů, který se objevil v minulých letech v USA a dá se očekávat později také v Evropě.

Díky neustálému snižování cen všech komponent RFID systémů se v blízké době dá očekávat další prudký vzestup využívání RFID napříč všemi odvětvími, a to zejména tam, kde největší překážkou je dosud cena jednoho RFID tagu.

9 Seznam použitých zdrojů

Tištěné zdroje:

1. BANKS, Jerry, et al. *RFID Applied*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. 528s. ISBN 978-0-471-79365-6.
2. FINKENZELLER, Klaus. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. Germany: John Wiley & Sons, 2003. 427s. 2nd edition. ISBN 0-470-84402-7.
3. HUNT, Daniel – PUGLIA, Albert – PUGLIA, Mike. *RFID: A Guide to Radio Frequency Identification*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. 236s. ISBN 978-0-470-10764-5.
4. ILIE-ZUDOR, Elisabeth, et al. The RFID technology and its current applications. In *The Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises 2006*. Budapest, 2006. ISBN 963 865865-7.
5. LANDT, Jeremy. *Shrouds of Time – The history of RFID*. An AIM Publication. AIM, Inc., 2001.
6. MILES, Stephen B. – SARMA, Sanjay E. – WILLIAMS, John R. *RFID Technology and Applications*. New York: Cambridge University Press, 2008. 242s. ISBN 978-0-511-39669-4.
7. RFID v ČR: zatím téměř výhradně v uzavřených systémech. *Automa: časopis pro automatizační techniku*. Praha: FCC Public, 2007, číslo 07. ISSN 1210-9592.
8. *RFID handbook: applications, technology, security, and privacy*. edited by Syed Ahson and Mohammad Ilyas. 2008. CRC Press. 674s. ISBN 978-1-4200-5499-6.
9. SWEENEY, Patrick J. *RFID For Dummies*, New Jersey: Wiley Publishing, Inc., 2005. ISBN 0-7645-7910X.
10. TURCU, Cristina. *Development and Implementation of RFID Technology*. Vienna: InTeh, 2009. 554s. ISBN 978-3-902613-54-7.

11. WEINSTEIN, Ron. RFID: A Technical Overview and Its Application to the Enterprise. *IT professional*. IEEE Computer Society, June 2005. ISSN 1520-9202.

Elektronické zdroje:

12. Barco - automatická identifikace. Barco, s.r.o. [online]. © 2012 [cit. 2012-11-05]. Dostupné z: <<http://www.barco.cz/>>.
13. Barcodetypes. SCHENK, Lars a Frank HORN. *Active Barcode* [online]. Version 5.60 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://www.activebarcode.com/codes/>>.
14. CASPIAN, et al. Position Statement on the Use of RFID on Consumer Products. *Spychips.com: how RFID will compromise privacy, security, freedom* [online]. CASPIAN, November 14, 2003. [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://www.spychips.com/jointrfid_position_paper.html>.
15. Co je RFID. PROJECT INVEST, s. r. o. *RFID portál* [online]. © 2007 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid_obecne>.
16. Čárový kód. ELSONVILLE, s. r. o. *Carovykod.com* [online]. © 2009 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.carovykod.com/index.php?id=2&lang=cz>>.
17. DENSO WAVE INC. *QRcode.com* [online]. © 2000-2010 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.qrcode.com/en/>>.
18. DOČEKAL, Daniel. Budoucnost a současnost „čárových“ kódů pro mobily. *Lupa.cz: server o českém Internetu* [online]. 31. 7. 2008 [cit. 2012-11-08]. ISSN 1213-0702. Dostupné z: <<http://www.lupa.cz/clanky/budoucnost-a-soucasnost-carovych-kodu-pro-mobily/>>.
19. DOLEŽAL, Luboš. Úvod do tajů RFID technologie. *CIO BUSINESS WORLD*. [online]. IDG Czech Republic, a. s., 14.09.07 [cit. 2012-09-18]. Dostupné z: <<http://businessworld.cz/produkty-a-sluzby/uvod-do-taju-rfid-technologie-2719>>.
20. EPCglobal. Dostupné z: <<http://www.epcglobalinc.org/>>.

21. GS1 CZECH REPUBLIC. RFID a globální standard EPC [online]. 2009 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://rfid.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/rfid/cs/okruhy/informace/EPC_rub.pdf>.
22. CHANDLER, Nathan. What's the difference between RFID and NFC?. HowStuffWorks [online]. 07 March 2012 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://electronics.howstuffworks.com/difference-between-rfid-and-nfc1.htm>>.
23. KINSELLA, Bret. What do RFID Tags Cost. Odin RFID Blog. [online]. Sep 28, 2010 [cit. 2012-11-21]. Dostupné z: <<http://blog.odintechnologies.com/bid/52341/What-do-RFID-Tags-Cost>>.
24. KLÍMA, Vlastimil – ROSA, Tomáš. Bezkontaktní karty MIFARE. Sdělovací technika [online]. 2/2007 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://crypto.hyperlink.cz/files/ST_2007_02_x_x.pdf>.
25. MAGISTRÁT HL. M. PRAHY. O kartě. Opencard: Chytrá čipová karta pro Pražany i návštěvníky Prahy [online]. © 2006-2010 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://opencard.praha.eu/jnp/cz/o_karte/index.html>.
26. NEXIA AP a.s. *Zpráva o průběhu a výsledcích provedeného forenzního auditu dosavadní realizace projektu OpenCard* [online]. 20. 11. 2009 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://www.praha.eu/public/95/2b/b/684328_2374_Zprava_o_provedeni_forenznihho_auditu_OpenCard_2010_2009.pdf>.
27. *Radio Frequency IDentification: Applications and Implications for Consumers. A Workshop Report from the Staff of the Federal Trade Commission.* March 2005. [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.ftc.gov/os/2005/03/050308rfidrpt.pdf>>.
28. Regulatory status for using RFID in the UHF spectrum. GS1 AISBL. *GS1: The global language of business* [online]. 28 September 2012 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://www.gs1.org/docs/epcglobal/UHF_Regulations.pdf>.
29. RFID - radiofrekvenční identifikace. KODYS, spol. s r.o. *Kodys* [online]. © 2009 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.kodys.cz/rfid.html>>.
30. RIEBACK, M. R. – CRISPO, B. – TANENBAUM, A. S. Is Your Cat Infected with a Computer Virus?. In *Proceedings: Fourth annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, March 13-17, 2006*,

- Pisa, Italy* [online]. Los Alamitos, Calif.: IEEE Computer Society, 2006 [cit. 2012-11-08]. ISBN 0-7695-2518-0. Dostupné z: <<http://www.rfidvirus.org/papers/percom.06.pdf>>.
31. ROBERTI, Mark. Wal-Mart Relaunches EPC RFID Effort, Starting With Men's Jeans and Basics. RFID JOURNAL LLC. *RFID Journal* [online]. © 2002-2012 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/7753>>.
32. RUIZ-GARCIA, Luis – LUNADEI, Loredana. Monitoring Cold Chain Logistics by Means of RFID [online]. InTech, 2010 [cit. 2012-11-08]. ISBN: 978-953-7619-74-9. Dostupné z: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/8493/InTech-Monitoring_cold_chain_logistics_by_means_of_rfid.pdf>.
33. SOMMEROVÁ, Martina. *Základy RFID technologií* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://rfid.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/rfid/cs/okruhy/informace/RFID_pro_Logistickou_akademii.pdf>. Výukový materiál. VŠB-TU Ostrava.
34. SRB, Luděk. NFC technologie – odborný pohled na funkčnost a využití v praxi. *Mobilizujeme.cz: Bez mobilu ani ránu!* [online]. 27. 2. 2011 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://mobilizujeme.cz/clanky/nfc-technologie-odborny-pohled-na-funkcnost-a-vyuziti-v-praxi/>>
35. SYSCAN. Comparison between 1D barcode and 2D barcode, CM code, GM barcode, PDF417, QR codes, data matrix. Syscan, manufacturer of CIS sensor and scanners for passport, ID card, 2D barcode, etc. [online]. © 2001-2010 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://www.syscantech.com/en/SyscanCode/Syscan_2dcode.asp>.
36. The Cost of RFID Equipment. *RFID Journal* [online]. © 2002-2012 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.rfidjournal.com/faq/20>>.
37. The History of RFID Technology. RFID JOURNAL LLC. *RFID Journal* [online]. © 2002-2012 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/1338>>.
38. Typy čárových kódů 2D. DUBEN, Stanislav. *Čárové kódy* [online]. [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.duben.org/skola/fel/5.rocnik/NM/TypyKodu2D.htm>>.

39. WARD, Diane Marie. 5-Cent Tag Unlikely in 4 Years. RFID Journal [online]. Aug. 26, 2004 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1098/1/1/>>.
40. YÜKSEL, Mehmet Erkan – YÜKSEL, Asım Sinan. RFID Technology in Business Systems and Supply Chain Management. *Journal of Economic and Social Studies*. January 2001. [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www.jecoss.com/jecoss/53-71.pdf>>.
41. Zaměřeno na RFID. IBM CORP. *IBM - Česká republika* [online]. © 2007 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <<http://www-05.ibm.com/cz/ideasfromibm/rfid/index1.html>>.

Ostatní zdroje:

42. Systém elektronického výběru mýta v České republice. Interní materiály společnosti Kapsch Česká republika.