

Přehled dostupných RFID čipů vhodných pro malosériovou výrobu

Overview of available RFID chips being suitable for
a small series production

Jana Grmelová



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jana GRMELOVÁ**
Osobní číslo: **A09112**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Přehled dostupných RFID čipů, vhodných pro malosériovou výrobu**

Zásady pro vypracování:

1. Popište RFID technologii a historii jejího vývoje.
2. Rozeberte možnosti využití RFID technologie.
3. Zjistěte dostupnost RFID čipů na evropském trhu.
4. Vytvořte seznam dostupných čipů, které jsou vhodné pro různé aplikace, zejména pak pro ty, které umožňují čtení RFID tagů na vzdálenost cca 1 metr.
5. Kontaktujte zahraniční výrobce a dodavatele elektronických součástí na výrobu RFID čipů a zjistěte, za jakých podmínek jsou schopni dodat vybrané čipy ke konstrukci testovacích vzorků.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HÄBERLE, Heinz O. Průmyslová elektronika a informační technologie. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2003. ISBN 8086706044.
2. ROY. RFID explained: a primer on radio frequency identification technologies. San Rafael, Calif.: Morgan & Claypool, 2006. ISBN 1-59829-108-4
3. BROWN, Dennis E. RFID implementation. New York: McGraw-Hill, c2007, 466 s. ISBN 978-007-2263-244
4. THORNTON, Frank, Hersh BHARGAVA, Anita CAMPBELL, Anand M DAS, Brad HAINES a John KLEINSCHMIDT. RFID security [online]. Rockland, MA: Syngress Publishing, c2006, 242 s. Icit. 2012-01-16. ISBN 1-59749-047-4
5. RANASINGHE, Damith C., Quan Z. SHENG a Serali ZEADALLY. Unique radio innovation for the 21st century: building scalable and global RFID networks. Berlin [online]. Berlin: Springer, 2010 Icit. 2012-01-16. ISBN ISBN 978-3-642-03462-6. Dostupné z: http://katalog.k.utb.cz/F/84ABDQ7NVP8EH3SYD53VD96JAG7S2X2ET3IBMXNVTHDHTMGMV29979?func=full-set-set&set_number=002697&set_entry=000001&format=999

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Pospíšilík

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

8. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Teoretická časť práce rozoberá princípy fungovania RFID technológie, jej históriu a možnosti využitia v praxi.

V praktickej časti je zisťovaná dostupnosť RFID čipov na európskom trhu a kontaktovaním ich výrobcov. Cieľom je získať RFID čip, ktorého čítacia vzdialenosť dosahuje 1 meter a zistiť podmienky, za ktorých sú výrobcovia čipy ochotní poskytnúť. Čip by mal byť použitý v projekte univerzitnej vzducholode namiesto čipu AS3910 od firmy Austria Micro Systems, ktorý sa v praxi neosvedčil.

Klíčová slova:

RFID technológia, RFID tag, RFID čítačka, RFID čip, čítacia vzdialenosť

ABSTRACT

Theoretical part of the Bachelor thesis covers principles of RFID technology, its history and practical usage in everyday life.

The practical part focuses on the availability of RFID microchips on the European market. The main goal of this thesis is selecting suitable group of RFID manufacturers and finding the most convenient company, which manufactures RFID microchips reading RFID tags up to one meter distance. After finding this company, another step is to uncover the conditions under which the company would be willing to provide the micro chips for testing. Desired microchip should be used in the University project of airship, and should be a substitute for current microchip AS3910 by Austria Micro Systems Company. This microchip turned out to be inconvenient for mentioned project.

Keywords:

RFID technology, RFID tag, RFID reader, RFID chip, reading distance

PodĎakovanie

Chcela by som týmto poĎakovať svojmu vedúcemu práce Ing. Martinovi Pospíšilíkovi, za jeho ochotu, poskytnuté rady a podporu pri písaní bakalárskej práce.

Najviac však chcem poĎakovať svojim rodičom, za ich trpezlivosť, lásku a za to, že mi vôbec umožnili študovať na vysokej škole. Samozrejme Ďakujem aj svojim súrodencom, ktorí ma po celú dobu štúdia morálne podporovali.

Motto

„Kto chce hýbať svetom, musí najskôr pohnúť sám sebou.“

Sokrates

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 RFID TECHNOLOGIE.....	11
1.1 HISTÓRIA	11
1.2 PRINCÍP RFID TECHNOLOGIE	14
1.2.1 EPC (Electronic Product Code)	14
1.3 KMITOČTOVÉ PÁSMA RFID.....	15
1.3.1 Nízkofrekvenčné pásmo (Low Frequency - LF).....	16
1.3.2 Vysokofrekvenčné pásmo (High Frequency HF)	16
1.3.3 Ultra - vysokofrekvenčné pásmo (Ultra-High Frequency UHF)	17
1.3.4 Mikrovlnné pásmo (Microwave MW)	18
1.4 RFID TAG	19
1.4.1 Rozdelenie RFID tagov podľa výrobnéj technológie.....	20
1.4.2 Rozdelenie RFID tagov podľa typu pamäte.....	24
1.4.2.1 Tagy RO (Read-Only)	24
1.4.2.2 Tagy WORM (Write Once Read Many).....	24
1.4.2.3 Tagy RW(Read Write).....	24
1.4.3 Rozdelenie RFID tagov podľa zdroja energie.....	25
1.4.3.1 Aktívne RFID tagy.....	25
1.4.3.2 Semi-aktívne RFID tagy	26
1.4.3.3 Pasívne RFID tagy	26
1.4.3.4 Semi-pasívne RFID tagy.....	27
1.5 RFID ČÍTAČKA.....	27
1.5.1 Stacionárne čítačky	28
1.5.2 Mobilné čítačky.....	29
1.6 MIDDLEWARE.....	30
2 ŠTANDARDY V TECHNOLOGII RFID	32
2.1 EPC ŠTANDARDY	32
2.2 ISO ŠTANDARDY.....	32
3 MOŽNOSTI VYUŽITIA RFID ČIPOV	33
3.1 EAS SYSTÉMY (ELECTRONIC ARTICLE SURVEILLANCE SYSTEMS).....	33
3.2 DOCHÁZKOVÉ SYSTÉMY	34
3.3 PRÍSTUPOVÉ SYSTÉMY	35
3.4 IDENTIFIKÁCIA ZVIERAT	37
3.5 EVIDENCIA VÝROBY	38
3.6 IDENTIFIKÁCIA PACIENTOV	38
3.7 RTLS (REAL-TIME LOCATION SYSTEM).....	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
4 DOSTUPNOSŤ RFID ČIPOV NA EURÓPSKOM TRHU.....	42

4.1	PREHĽAD FIRIEM POSKYTUJÚCICH RFID TECHNOLOGIU	42
4.2	VÝROBCOVIA RFID ČIPOV	43
4.3	ZOZNAM DOSTUPNÝCH RFID ČIPOV	43
5	KONTAKT VÝROBCOV	46
5.1	RFID ČIPY	46
5.2	OEM MODULY	49
	ZÁVĚR	50
	CONCLUSION	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
	SEZNAM TABULEK	60

ÚVOD

V súčasnej dobe dochádza k masívnemu rozširovaniu RFID technológie, ktorá postupne nahrádza doteraz využívané čiarové kódy. Čiarové kódy, ktorých výroba je veľmi lacná, majú mnohé obmedzenia: musí byť priama viditeľnosť medzi čítačkou a štítkom, sú ťažko čitateľné na priamom slnku, a pri znečistení, či poškodení sú takmer nečitateľné. U RFID technológie, podobne ako u čiarových kódov, sa informácie zaznamenávajú na nosič dát – RFID tag, ktorý je pripravený na sledované objekty. Tag obsahuje malý čip s anténou a pamäťou, kam sa dané informácie ukladajú. Tag je základom pre prenos informácií pomocou elektromagnetických vln. Najväčšími výhodami RFID technológie je možnosť pomocou čítacieho zariadenia načítať veľké množstvo tagov v jednom okamžiku na väčšiu vzdialenosť bez ich priamej viditeľnosti a možnosť zápisu či zmien informácií priamo do RFID tagu. RFID technológia sa využíva v mnohých odvetviach a aplikáciách.

Okrem iného sa táto technológia dá využiť k lokalizácii objektu pohybujúceho sa po známej trajektórii. Na danej trajektórii je rozmiestnených niekoľko identifikačných bodov, vďaka ktorým objekt zisťuje polohu, v ktorej sa práve nachádza. Tieto body pracujú na RFID technológii. Preto je nutné zaistiť dostatočnú čítaciu vzdialenosť medzi tagom a čítačkou.

Táto práca je zameraná práve na oblasť lokalizácie objektu pomocou RFID technológie a na získanie RFID čipu, ktorého čítacia vzdialenosť dosahuje 1 meter. Ide o prieskum európskeho trhu a zisťovanie dostupnosti týchto čipov pre malosériovú výrobu. Zároveň ide o kontaktovanie výrobcov RFID čipov a zisťovanie za akých podmienok sú ochotní dané čipy poskytnúť.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 RFID TECHNOLOGIE

1.1 História

Rádiová-frekvenčná identifikácia existuje už niekoľko desiatok rokov. Jej počiatky siahajú až do obdobia druhej svetovej vojny. V tomto období všetci Nemci, Japonci, Američania aj Briti používali radar, ktorý vynášiel v roku 1935 škótsky fyzik sir Robert Alexander Watson-Watt. Radar mohol upozorniť na blížiaci sa lietadlo, aj keď bolo ešte na míle ďaleko. Radar pracoval na princípe odrazu rádiových vln od pohybujúceho sa objektu. Takto mohli zistiť polohu a rýchlosť objektu. Problém bol v tom, že neexistoval žiadny spôsob ako určiť, či ide o lietadlo patriace k nepriateľom alebo lietadlo danej krajiny, vracajúce sa z misie.

Nemci zistili, že ak piloti vracajúceho sa lietadla budú svoje lietadlá manévrovať a otáčať nimi, tak vracajúci sa signál bude odlišný od signálu nepriateľa. Táto hrubá metóda upozornila posádku radaru na zemi, že ide o nemecké lietadlá. Bol to v podstate prvý pasívny RFID systém.

Prvý aktívny RFID systém zostavil Watson-Watt, ako tajný projekt pre britskú armádu. Išlo o prvý aktívny systém na identifikáciu priateľa či nepriateľa. Označenie tohto systému bolo IFF – „Identification Friend or Foe“. Každé britské lietadlo malo vysielateľ. Ak dostalo signály z radarových staníc na zemi, začalo vysielateľ signál späť, ktorý určil, že ide o priateľské lietadlo. RFID pracuje na rovnakej základnej koncepcii. Signál je poslaný k transpondéru, čo je zariadenie, ktoré prijíma multiplexovaný signál vysielaný z pozemnej stanice, ten sa prebudí, a buď signál odráža späť (pasívny systém) alebo vysielateľ signál späť (aktívny systém). [1]

Prvé dielo venované RFID technológii napísal Harry Stockman v roku 1948 s názvom „Communication by Means of Reflected Power“ (Komunikácia s využitím spätného žiarenia).

Vývoj radaru a RF komunikačných systémoch pokračoval v rokoch 1950 a 1960, kedy vedci a vysokoškolskí učitelia v Spojených štátoch, Európe a Japonsku robili výskumy a prezentovali, ako by RF technológia mohlo byť využívaná pre identifikáciu objektov na diaľku. V tomto období začali spoločnosti komercializovať systémy proti krádeži, ktoré využívali rádiové vlny. Jedná sa o elektronické sledovacie tagy využívané dodnes. Ide o 1-bitové tagy, kedy bit je buď zapnutý alebo vypnutý. Pokiaľ je tovar

zaplatený, bit sa nastaví na vypnutý. V opačnom prípade pri odchode z predajne RFID čítačka pri dverách zaznamená stav tagu ako zapnutý a spustí alarm.

Prvé RFID patenty sa začali objavovať v 70.tych rokoch, keď 23.januára 1973 Mario W. Cardullo obdržal prvý americký patent pre aktívny RFID tag s prepisovateľnou pamäťou. V tom istom roku získal Charles Walton patent pre pasívny transpondér používaný na odomknutie dverí bez kľúča. Karta s integrovaným transpondérom poslala signál do čítačky na dverách. Pokiaľ čítačka zistila platné identifikačné číslo uložené v RFID tagu, odomkla dvere. [2]

Americká vláda taktiež pracovala na systémoch RFID. V roku 1970 bolo národné laboratórium Los Alamos požiadané energetickým oddelením o vývoj systému pre sledovanie jadrového materiálu. Skupina vedcov prišla s konceptom zavedenia transpondéru do kamiónu a čítačiek na vstupné brány. Antény na bráne by prebudili transpondér v kamióne, ktorý by odpovedal na ID, a prípadne na ďalšie údaje. Tento systém bol na trh uvedený vedcami v Los Alamos v polovici roku 1980 a zároveň bola založená spoločnosť pre rozvoj automatizovaných systémov plateného mýtného. Tieto systémy sa stali široko používanými na mostoch, pozemných komunikáciách a tuneloch po celom svete.

V tomto istom období bol na žiadosť poľnohospodárstva vyvinutý pasívny RFID tag pre sledovanie dobytku. Bol to pasívny RFID systém, ktorý používal UHF rádiové vlny. Zariadenie čerpalo energiu z čítačky a jednoducho odrážalo späť modulovaný signál na čítačku pomocou techniky známej ako spätný rozptyl.

Neskôr bol vyvinutý nízko-frekvenčný systém (125 kHz), ktorý predstavoval menšie transpondéry. Tieto transpondéry boli zapuzdrené v skle a mohli byť podávané dobytku pod kožu. Systém sa stále používa u dobytku na celom svete.

Prvá komerčná aplikácia na výber mýtnych poplatkov v Európe začala v roku 1987 v Nórsku. Tento systém bol následne využitý v roku 1989 v Spojených štátoch na diaľnici v Severnom Dallase.

V priebehu doby sa komerčné spoločnosti začali orientovať do rádiového spektra k vysokej frekvencii, a to na 13,56 MHz. Toto spektrum bolo neregulované a vo väčšine častí sveta nebolo používané. Vysoká frekvencia ponúkla väčší rozsah a rýchlejší prenos dát. Využívala sa na sledovanie nákladných kontajnerov. Dnes sa tieto RFID systémy využívajú pre riadený prístup, bezkontaktné čipové karty a pre ochranu proti krádeži

automobilov, tzv. imobilizér. Čítačka umiestnená v zámku číta pasívny RFID tag na plastovom kryte kľúča. Pokiaľ sa nedá získať správne identifikačné číslo, uzavrie sa prietok paliva do motoru, a tým sa zabráni, aby auto naštartovalo.

Začiatkom roku 1990 inžinieri z firmy IBM vyvinuli a patentovali ultra vysoké frekvencie UHF pre RFID systémy. UHF ponúkli dlhšiu detekčnú vzdialenosť (pri dobrých podmienkach až 20 stôp, čo je viac ako 6 metrov) a rýchlejší prenos dát. Toto všetko by však nebolo možné bez pokroku v oblasti spracovania materiálov a polovodičovej technológie, ktorá ponúkla vyšší výkon pri súčasnom znížení veľkosti a ceny polovodičových čipov. Tento prielom umožnil plné komerčné využitie RFID čipov v celej rade aplikácií, vrátane bezpečnosti a riadenia prístupu, dopravy, systémov mýtnych poplatkov, riadenia a sledovania dodávateľského reťazca. [2]

Do roku 1990, sa stali RFID systémy riešením pre mnohé aplikácie, avšak v tomto období neexistovali žiadne normy stanovené pre interoperabilitu medzi RFID systémami, a to predstavovalo prekážku pre rozvoj tejto technológie. Obdobie od roku 1990 do roku 2000 bolo považované za desať rokov pre vznik noriem pre RFID technológiu. Na tvorbe spolupracovalo niekoľko organizácií zaoberajúcich sa medzinárodnými štandardmi. [1,2]

Organizácia (ISO) a Európska konferencia poštovných a telekomunikačných správ (CEPT) navrhovali nariadenie pre interoperabilitu RFID systémov a pridelovanie frekvencií. Auto-ID centrum na MIT založené roku 1999 vytvorilo otvorený štandard pre siete RFID a interoperabilitu, čo je schopnosť rôznych systémov navzájom spolupracovať.

V roku 2003 sa centrum Auto-ID zlúčilo s podnikom EPCglobal, ktorý bol spoločný pre podnik EAN International and Uniform Code Council a snažili sa komercializovať technológiu EPC (Electronic Product Code). [2]

V tomto roku technológiu EPC pre riadenie dodávateľského reťazca prijala aj firma Wal-Mart a Ministerstvo obrany USA, čo bol jeden z najvýznamnejších bodov histórie RFID technológie. Navyše po schválení FCC o UHF technológie pre komerčné využitie v roku 2002, boli komerčné UHF RFID systémy predstavené veľkým spoločnostiam, ako napríklad spoločnosti Multispectral Solutions (MSSI) Inc., Time domain Inc. a Ubisense Ltd. Tieto pokročilé RFID technológie ponúkali prielom v technickom značení a sledovaní, v zlepšenom rozsahu a funkčnosti. Napriek tomu ich cena bola stále príliš vysoká. [2]

1.2 Princíp RFID technológie

Rádiofrekvenčná identifikácia je bezkontaktná automatická identifikácia slúžiaca k prenosu a ukladaniu dát pomocou elektromagnetických vln. Systémy rádiofrekvenčnej identifikáciu sú schopné:

- Zaznamenávať
- Uchovávať
- Poskytovať objektívne informácie o objektoch v reálnom čase

Túto technológiu môžeme nájsť v rôznych odvetviach priemyslu, logistiky, pri expedícii, v obchodných reťazoch, pri identifikácii zvierat, v automobilovom priemysle, ale aj v pivovarníctve, či zdravotníctve. RFID systémy zvyšujú kvalitu a rozširujú možnosti identifikácie vo všetkých oblastiach a odvetviach priemyslu, bezpečnosti, či dopravy.

Medzi základné komponenty RFID systému patria:

- RFID Tag (transpondér)
- RFID Čítačka (reader)
- Middleware (riadiaci software)



Obr. č. 1 Princíp RFID systému

1.2.1 EPC (Electronic Product Code)

EPC je elektronický kód, ktorý označuje konkrétnu položku. Okrem identifikácie výrobcu a druhu produktu obsahuje aj sériové číslo, ktoré umožňuje označiť každý jednotlivý výrobok. Kód je uložený na RFID tagu a umožňuje získať informácie o tejto položke (vlastnosti, pôvod, dátum výroby, atď.).

Štruktúra EPC kódu – sériové číslo uložené v tagu

Hlavička	EPC číslo verzie	8 bitov	256 kombinácií
Správca domény	Informácie o výrobcovi	28 bitov	268 mil. kom.
Trieda objektu	Trieda výrobku	24 bitov	16 mil. kom.
Sériové číslo	Unikátne číslo produktu	36 bitov	68 mld. kom.

Tab.1 Štruktúra EPC kódu [20]

Tým, že sa dáta delia do jednotlivých oddielov, je možné čítačky naprogramovať na vyhľadávanie EPC s rovnakým výrobcom alebo takých, ktoré majú unikátne čísla v určitom poradí. Tak je možné určiť napríklad výrobky, ktorým končí doba trvanlivosti. Vďaka tomu EPC technológia výrazne zvyšuje efektívnosť v rámci dodávateľského reťazca.



Obr. č. 2 Zloženie EPC kódu

1.3 Kmitočtové pásma RFID

Systémy RFID využívajú rádiové vlny, ktoré pracujú na rôznych vlnových dĺžkach. Elektromagnetické vlny sú tvorené pohybujúcimi sa elektrónmi a skladajú sa z oscilujúcich elektrických a magnetických polí, ktoré sú navzájom na seba kolmé. Tieto vlny môžu prechádzať rôznymi materiálmi. Záleží na ich vlnovej dĺžke. Čítací dosah a interakcia RFID systémov s okolím záleží na ich pracovnom kmitočte. Všeobecne platí, že čím vyššia je frekvencia, tým rýchlejší je prenos dát a dlhšia vzdialenosť, v ktorej je RFID čítačka schopná komunikovať s RFID tagom.

1.3.1 Nízkofrekvenčné pásmo (Low Frequency - LF)

Toto frekvenčné pásmo pokrýva spektrum rádiových frekvencií 125-134 kHz. Poskytuje dobrý signál, ktorý prenikne rôznymi druhmi materiálov, vrátane ľudského tela, rôznych stien a bariér. Neovplyvňujú ho ani vodivé a dielektrické materiály, ako je kov, pôda či voda. Ďalšou výhodou je, že nízkofrekvenčné pásma bývajú úzkopásmové, čím sa znižuje úroveň šumu na prijímači.

Nevýhodou je ich krátka čítacia vzdialenosť (cca 20 cm) a ich nízka prenosová rýchlosť (niekoľko bitov / s).

Ďalej platí, že čím nižšia je frekvencia, tým väčšia je veľkosť antény, čo spôsobuje fyzické obmedzenie pre väčšinu tagov. Vzhľadom na toto obmedzenie sú tieto tagy hlavne indukčne viazané, čo znamená, že ich čítanie so zvyšujúcou vzdialenosťou rýchlo klesá, presne o $\frac{1}{r^3}$, kde r je vzdialenosť medzi tagom a jeho čítačkou. [13]

Využíva pasívne tagy, ktoré sa skladajú z kotúča medeného drôtu a neprepisovateľnej pamäte.

Nízkofrekvenčné RFID systémy sa využívajú prevažne v identifikačných kartách (sledovanie dochádzky), na identifikáciu a evidenciu tovaru, na stopovanie a evidenciu domácich zvierat.

1.3.2 Vysokofrekvenčné pásmo (High Frequency HF)

Vysokofrekvenčné RFID systémy pracujú na kmitočte 13,56 MHz, majú väčšiu čítaciu vzdialenosť (cca do 1 metra), vyššiu prenosovú rýchlosť (kb/s), majú väčšiu kapacitu pamäte a je možné snímať viacero tagov na rozdiel od nízkofrekvenčných systémom. V aktívnom prevedení je možná čítacia vzdialenosť až niekoľko metrov.

Antény vysokofrekvenčných RFID systémov sú menšie a menej nákladné. Bývajú vyrobené z medeného drôtu alebo môžu byť vytlačené vodivým atramentom na papierovú podložku a doplnené čipom. V tejto kategórii sú čipy väčšinou k dispozícii vo variante RO (Read only – len na čítanie) alebo RW (Read Write – s možnosťou zápisu) s kapacitou pamäte od niekoľkých bytov až po kilobyty.

Táto technológia sa najčastejšie využíva pre knižné systémy, na sledovanie kníh, pre dochádzkové systémy a pre identifikačné karty (e-peňaženky, prístupové systémy).

1.3.3 Ultra - vysokofrekvenčné pásmo (Ultra-High Frequency UHF)

Pásmo UHF v Európe pokrýva spektrum RF 860 – 960 MHz a umožňuje prenos informácií na vzdialenosť niekoľkých metrov (3-10 m). Ponúka vyššiu rýchlosť čítania a podporuje simultánnu detekciu väčšieho počtu tagov v porovnaní s LF a HF systémami.

Výkon a pracovná frekvencia UHF tagov sa v rôznych častiach sveta líši. Systémy pracujúce v tomto pásme majú v rôznych zemiach sveta pridelené rôzne frekvenčné pásma. Ako je uvedené v Tabuľke 3.1, RFID systémy v pásmach UHF sú problematické na celom svete. Pracovná frekvencia týchto tagov sa nachádza v preplnenom nelicencovanom pásme ISM (Industrial, Scientific, Medical), plnom elektromagnetických rušivých signálov. [13]

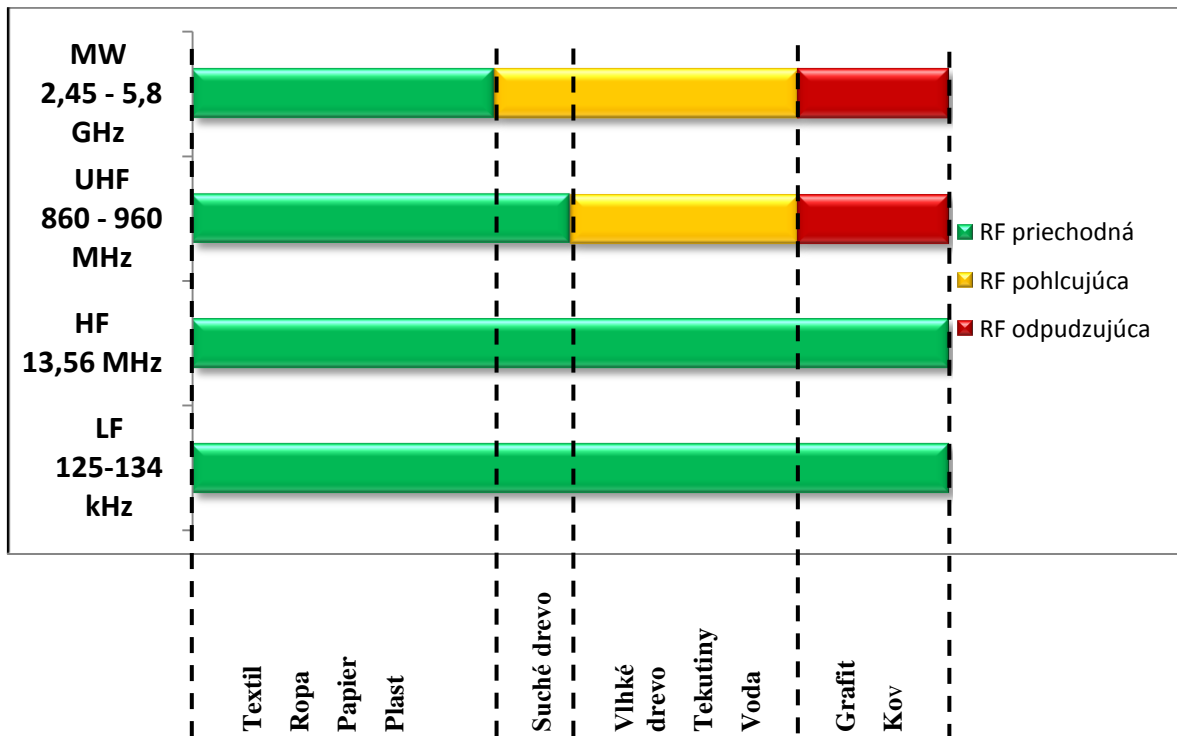
U tejto technológie sa využíva štandard ISO 18000 určený pre knižné systémy, dochádzkové systémy a identifikáciu paliet.

Ďalšou nevýhodou týchto systémov je, že sa ich čítacia vzdialenosť výrazne zhoršuje v okolí kovových povrchov a ich cena je vyššia ako u LF a HF systémov.

UHF tagy sú obvykle využívané len v dodávateľskom reťazci a v aplikáciách pre správu aktív.

Krajina	Frekvenčné pásmo	Maximálny povolený výkon
USA	902-928 MHz	4 W
Austrália	918-926 MHz	1 W
Japonsko	950-956 MHz	4 W
Európa	865-867 MHz	2 W

Tab. 2 UHF frekvenčné pásma [13]



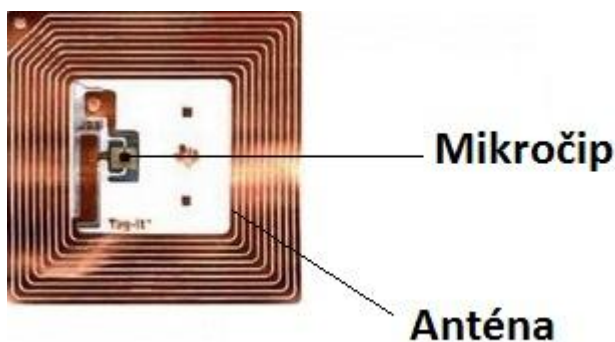
Obr.4 Prehľad priepustnosti cez jednotlivé materiály [21]

1.4 RFID tag

RFID tag, iným slovom transpondér je malé zariadenie, ktorého základnou funkciou je ukladanie dát do vnútornej pamäte a poskytnutie tých údajov RFID systému.

Každý tag sa skladá z mikročipu a antény. Samotný tag môže byť aj menší ako 1 mm. Veľkosť tagu však závisí od veľkosti antény, ktorá je jeho najväčšou súčasťou.

Anténa a čip môžu byť zapuzdrené do PVC, sklenenej trubičky, nalepený na plochu etikety alebo môžu byť špeciálne zapuzdrené podľa požiadaviek zákazníka. Je tak možné dodať napríklad RFID tagy odolné pre teploty od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. č. 5 RFID tag



Obr. č. 6 RFID od spoločnosti Hitachi [9]

1.4.1 Rozdelenie RFID tagov podľa výrobných technológií

Celkové prevedenie tagov súvisí s ich funkciou a odvetvím, pre ktoré budú slúžiť. Niektoré tagy musia byť odolné voči extrémnym teplotám, vlhkosti či leptavým chemickým látkam.

Z hľadiska výroby preto existujú desiatky typov tagov.

- **Sklenené tagy** (Glass Tag) sú vyvinuté pre zavedenie pod pokožku a sú vhodné aj pre aplikácie v lekárstve, na sledovanie zvierat apod. Jedná sa o transpondér zapuzdrený v bio-kompatibilnom skle o veľkosti 10 až 30 mm. Čip je zachytený na plastovom nosiči. Cievka je navinutá z drôtu silného 0,04 mm. Všetky komponenty sú potom zapustené do ľahko priľnavého materiálu pre dosiahnutie vyššej mechanickej odolnosti. Sú vhodné aj pre aplikácie v kovovom prostredí.[18]



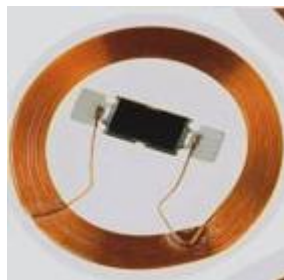
Obr. č. 7 Sklenené RFID tagy [8]

- **Mince** s integrovaným RFID čipom majú kruhový tvar veľkosti od niekoľkých mm až po 10 cm. Mince môžu mať rôznu hrúbku a pre ľahšie prichytenie k danému predmetu môžu mať uprostred otvor, prípadne môžu byť z jednej strany samolepiace. Obal je tvorený plastom, čo zaisťuje vysokú mechanickej odolnosť. Využívajú sa ako žetóny v automatoch, ako imobilizéry, prípadne na identifikáciu predmetov.



Obr. č. 8 Mincový RFID tag [18]

- **Diskové tagy** sú transpondéry, ktoré sú zalaminované medzi tenké fólie. Fólie môžu byť vyrobené z rôznych materiálov ako PET, PETG a PVC a chránia transpondér proti prachu, špine, vode a ďalším vonkajším vplyvom. PET diskové tagy sú polotovary vhodné pre ďalšie zapuzdrenie, napr. do kľúčeniek, hodínok a iné. Sú dostupné aj vo forme samolepky. PET materiál je vhodný pre väčšinu farmaceutických, zdravotných a potravinárskych aplikácií. [18]



Obr. č. 9 Diskový RFID tag [18]

- **Smart Label** je plastová alebo papierová samolepiaca etiketa s integrovaným pasívnym RFID tagom, ktorú je možné ďalej potlačiť. Nazýva sa aj „chytrá etiketa“. Môže mať ľubovoľný tvar a veľkosť. Zásadnou výhodou tejto etikety je, že uloženú informáciu v pamäti tagu je možné zároveň vytlačiť v textovej podobe alebo v podobe čiarového kódu. Tým je možné spojiť prednosti oboch technológií a používať ich paralelne, čo je dôležité hlavne v prechodnej dobe, keď ešte nie je RFID technológiou vybavená celá časť logistického reťazca. [19]

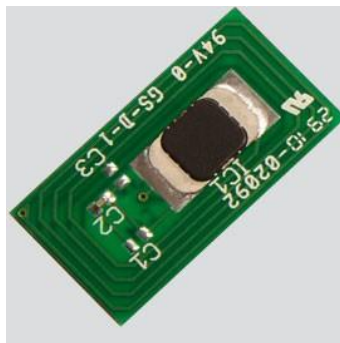


Obr. č. 10 Smart Label [19]

- **Smart Card** sú bezkontaktné karty a majú formát kreditnej karty. Sú k dispozícii v štandardných ISO formátoch alebo vo formáte „Clamshell“. Väčšina bezkontaktných kariet je vyrobená z PVC materiálu. Je možné do nich umiestniť pomerne veľkú anténu, čo má priaznivý vplyv na dosah systému. Spôsob výroby je vrstvením. Medzi vrstvy plastu sa pri 100 °C zataví anténa. Vyrábajú sa v rôznych

farbách, s rôznymi potlačami a môžu byť kombinované s magnetickým prúžkom typu HiCo alebo LoCo. Prevádzková teplota sa pohybuje od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. [18]

- **PCB tag** je RFID čip s PCB (printed circuit board) anténou. Tento typ tagov je vhodný pre návrh zákazníckych tagov, kde sú kladené špecifické nároky na aplikáciu tagu. Ďalšou výhodou je, že PCB tag je možné jednoducho osadiť dodatočným kondenzátorom, ktorý zaistí ešte lepšiu čítaciu vzdialenosť. Tieto tagy je možné zabudovať do samotného objektu (obalu, či prepravky) a môžu byť vsadené do obalov z laminátu, plastu, gumy alebo do iného špeciálneho obalu z materiálu, ktorý vyhovuje podmienkam, v ktorých budú využité. Sú mechanicky vysoko odolné a ich prevádzková teplota je od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. [18]



Obr. č. 11 PCB tag [18]

- **Metal tagy** sú špeciálne RFID tagy vhodné pre použitie v prostredí s prítomnosťou kovových predmetov. Avšak pre každú konkrétnu aplikáciu je potrebné vyskúšať použitie daného metal tagu v závislosti na prostredí, veľkosti tagu, anténe čítacieho zariadenia a konkrétnom použití čipovej technológie. [18]
- **Laundry tagy** sú tagy navrhnuté pre aplikácie, ktoré vyžadujú robustné RFID tagy, ktoré sú schopné pracovať v drsnom prostredí. Tieto tagy v zásade vyhovujú všetkým požiadavkám na teplotu, tlak a chemickú odolnosť v aplikáciách bezkontaktnéj identifikácie. Ich prevádzková teplota je od $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Používajú sa napríklad na identifikáciu bielizne v práčovni prípadne v čistiarňach odevov. [18]

- **Papierové lístky** sú určené k jednorazovému použitiu. Lístok obsahuje programovateľný integrovaný obvod, ktorý je založený na HF čipe, je spojený s anténou, komunikuje s čítacím zariadením pomocou rádiových signálov a je napájaný z elektromagnetického poľa, ktoré vysiela čítacie zariadenia. Základ lístka tvorí papier. Obvykle sa skladá z troch vrstiev s uprostred zalaminovaným inlayem. Papierové lístky sa využívajú vo verejnej doprave, ako ski pasy a na organizačných akciách. Kľúčenky predstavujú určitú alternatívu k bezkontaktným čipovým kartám a sú vhodné pre kontrolu vstupov do budov, škôl, dochádzkové systémy, jedálne a všeobecnú identifikáciu osôb. [18]
- **CD/DVD labely** predstavujú samolepkú s RFID čipom, ktorú je možné nalepiť na CD/DVD disky. Labely sú navrhnuté špeciálne pre použitie v knižniciach a videopožičovniach. RFID čip umiestnený na samolepke umožňuje majiteľom spravovať tisíce diskov a mať dokonalý prehľad o svojich zákazníkoch a dátach uložených na diskoch. Zároveň sú navrhnuté tak, aby vydržali záťažové podmienky behom prevádzky na bežných CD/DVD mechanikách. Prevádzková teplota sa pohybuje od -10 °C do 45 °C. [18]



Obr. č. 12 CD Label [18]

- **Identifikačné hodinky, náramky, či kľúčenky** obsahujú RFID čip, ktorý môže byť použitý na kontrolu vstupu na kúpaliskách, v aquaparkoch, kúpeľoch, relaxačných centrách, zábavných parkoch, koncertoch a všade tam, kde je nutné zaistiť jednoduchú a rýchlu identifikáciu osôb. Hodinky môžu zároveň slúžiť ako elektronická peňaženka, ktorou je možné platiť rôzne služby. [18]



Obr. č. 13 Náramok, hodinky, kľúčenka s RFID tagom [18]

1.4.2 Rozdelenie RFID tagov podľa typu pamäte

Z hľadiska uchovávania informácií existujú tri základné druhy tagov.

1.4.2.1 Tagy RO (Read-Only)

Read-Only tagy sú určené len na čítanie, majú podobnú funkciu ako čiarové kódy. Pri výrobe sú raz naprogramované, tieto údaje už nie je možné zmeniť. Zväčša bývajú naprogramované s veľmi malým množstvom dát, kapacita ich pamäte je od 40 do 512 bit. Rýchlosť čítania je 1000 tagov / s.

1.4.2.2 Tagy WORM (Write Once Read Many)

Rovnako ako RO tagy sú určené len na čítanie. Avšak tag nie je naprogramovaný priamo pri výrobe, ale až u predajcu, či dodávateľa. Ten do WORM tagu zapíše potrebnú informáciu, ktorú už následne nie je možné prepísať. Ich pamäť je rovnako ako u RO tagov od 40 do 512 bit. Rýchlosť čítania je 200 tagov / s.

Niektorí výrobcovia WORM tagov udávajú, že môžu byť opakovane prepisované (až 100-krát), avšak bez záruky spoľahlivosti.

1.4.2.3 Tagy RW(Read Write)

Tieto tagy môžu uchovávať veľké množstvo dát. U pasívnych RFID tagov je to 386b až 8Kb, u aktívnych tagov 16 Kb až 2 Mb. Dáta, ktoré sú zapísané na tagu je možné

vymazať a znovu prepísať až 1000-krát. Tagy môžu mať už od výroby predprogramované sériové číslo s jednoznačným identifikátorom alebo informácie môžu byť dodatočne zapísané v prípade potreby.

Existujú RFID tagy, ktoré obsahujú RO a RW pamäť súčasne. Napríklad, RFID využívané na označenie paliet. V RO časti pamäte je uložené poradové číslo palety, ktoré je nemenné počas celej životnosti palety. V RW časti je uložený práve aktuálny obsah palety, ktorý sa vyložením a naložením tovaru mení. [20]

1.4.3 Rozdelenie RFID tagov podľa zdroja energie

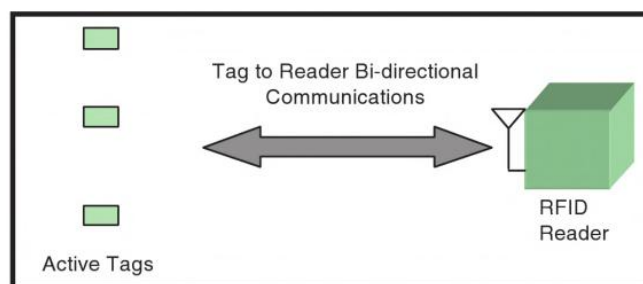
1.4.3.1 Aktívne RFID tagy

Aktívne RFID tagy majú vlastný zdroj energie - batériu. Využívajú ju k napájaniu integrovaného čipu a na posielanie signálu, ktorý môže byť prijatý RFID čítačkou vo vzdialenosti až 100 metrov. Vďaka ich veľkej čítacej vzdialenosti môžu byť využité nielen na zisťovanie prítomnosti či neprítomnosti označených položiek, ale aj zisťovanie ich aktuálnej polohy. S pomocou integrovaného napájacieho zdroja sú čipy schopné vysielat' s väčším vysielacím výkonom, a tým sú efektívnejšie vo vysielaní v sťažených podmienkach. [13]

Ďalšou výhodou aktívnych tagov, je veľká užívateľsky definovaná pamäť a možnosť rozšíriteľnosti pridania senzorov.

Nevýhodou je ich zložitosť, veľkosť, vyššie náklady na ich výrobu a kratší životný cyklus, ktorý je obmedzený životnosťou batérie.

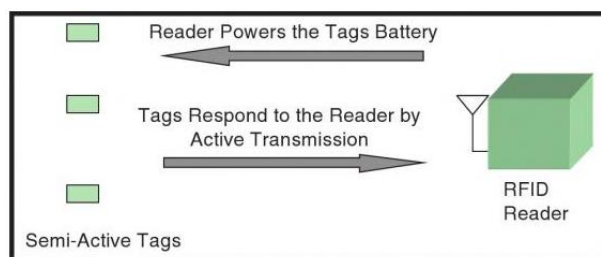
Aktívne tagy sa najčastejšie používajú pre sledovanie položiek s vysokou hodnotou pre ďalekonosné aplikácie, ako sú vozidlá a veľké kontajnery.



Obr. č. 14 Princíp aktívneho RFID tagu [13]

1.4.3.2 *Semi-aktivne RFID tagy*

Podobne ako u aktívnych tagov, aj semi-aktívne tagy majú vlastný zdroj energie, ktorý využívajú k napájaniu ich komunikácie. V semi-aktívnych RFID tagoch sa nachádza vysielateľ, ktorý vysiela vysokofrekvenčné signály, v okamihu, keď je batéria aktivovaná aktivačným signálom z RFID čítačky. Tagy sú v režime spánku, až do chvíle, než ich čítačka aktivuje. Preto nemôžu sami iniciovať komunikáciu. Rovnako ako u aktívnych tagov majú veľkú užívateľskú pamäť a môžu komunikovať na veľké vzdialenosti. Avšak v porovnaní s aktívnymi RFID tagmi majú dlhšiu životnosť. Výrobcovia ich často nerozlišujú. [13]



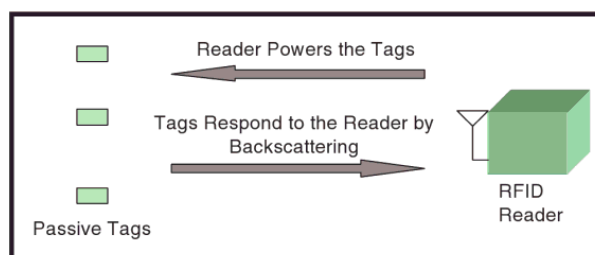
Obr. č. 15 Princíp semi-aktívneho RFID tagu [13]

1.4.3.3 *Pasívne RFID tagy*

Pasívne RFID tagy nemajú vlastný zdroj napájania. Prostredníctvom antény prijímajú vyžarovanú energiu z čítačky, ktorá sa nachádza v ich blízkosti.

Anténa pasívnych RFID tagov musí byť navrhnutá tak, aby bola schopná prijímať energiu z čítačky a zároveň odpovedať na prijatý signál. Pasívne tagy sú cenovo dostupnejšie a majú veľmi dlhú životnosť. Komunikačná vzdialenosť týchto tagov je ale omnoho menšia ako u tagov s vlastným napájaním. [13]

Využívajú sa na sledovanie veľkého množstva lacnejších položiek na kratšiu vzdialenosť.



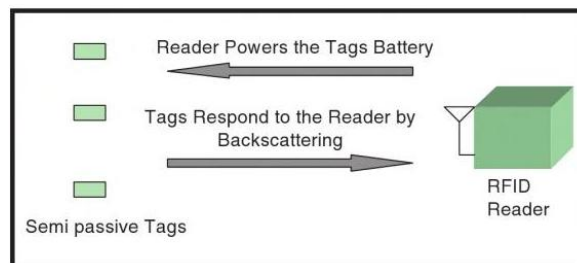
Obr. č. 16 Princíp pasívneho RFID tagu [13]

1.4.3.4 Semi-pasívne RFID tagy

Majú interný napájací zdroj, ktorý slúži k napájaniu integrovaných obvodov. Ďalšou možnosťou je použitie batérie k uchovaniu energie vyslanej čítačkou pre použitie v budúcej komunikácii. Semi-pasívne RFID tagy majú až 100x väčšiu citlivosť oproti pasívnym čipom, čo umožňuje väčšiu čítaciu vzdialenosť (až 10-násobok oproti pasívnym tagom). Zvýšená citlivosť kladie súčasne väčšie nároky na čítačku, ktorá musí byť schopná načítať aj slabý signál vrátený z tagu. [13]

Semi-pasívne RFID tagy majú dlhšiu životnosť ako aktívne tagy.

Tieto tagy bývajú často vybavené senzormi pre meranie teploty, tlaku alebo vlhkosti vzduchu.



Obr. č. 17 Princíp semi-pasívneho RFID tagu [13]

1.5 RFID čítačka

RFID čítačka (reader) je elektronické zariadenie určené k čítaniu RFID tagov, ktoré sa nachádzajú v poli antény. Pôsobí ako spojovací článok medzi RFID tagom a riadiacim počítačom. Má niekoľko základných funkcií :

- Dodávať energiu pasívnym RFID tagom
- Čítanie údajov, ktoré obsahuje RFID tag
- Zapisovanie dát do tagu (v prípade Read-Write tagu)
- Prenos dát z a do riadiaceho počítača
- Základná filtrácia dát alebo ovládanie integrovaných vstupne/výstupných obvodov

Okrem plnenia základných funkcií, je zložitejšia RFID čítačka schopná vykonávať ďalšie dôležité funkcie:

- Vykonávanie antikolíznych opatrení k zaisteniu RW komunikácie s mnohými tagmi v jeden okamžik

- Overovanie tagov, aby sa zabránilo podvodom alebo neoprávnenému prístupu k systému
- Šifrovanie dát a ochranu integrity

RFID čítačky sa skladajú z troch hlavných častí. Sú nimi:

- Jedna alebo viacero antén, ktoré môžu byť integrované alebo externé. Od jej veľkosti a výkonnosti závisí čítacia vzdialenosť.
- Rádiové rozhranie, ktoré je zodpovedné za moduláciu, demoduláciu, prenos a príjem rádiového signálu. Vzhľadom k vysoko citlivým požiadavkám, majú RFID čítačky oddelené cesty pre príjem a vysielanie.
- RFID riadiaca jednotka, je hlavnou časťou RFID čítačky, ktorej základným prvkom je mikroprocesor. Jeho úlohou je spracovávať dáta prichádzajúce z čítacieho zariadenia. K mikroprocesoru sú pripojené pomocné obvody, vďaka ktorým môže mikroprocesor komunikovať s čítacím zariadením aj s PC.

Na trhu existuje rozsiala paleta čítacích/zapisovacích jednotiek. Konštruované môžu byť ako jeden prístroj alebo oddelene (samostatný riadiaci systém a anténa). Podľa toho sa rozdeľujú čítačky na stacionárne a mobilné. Rozlišujú sa čítačky s poduškovými anténami, s bránovými anténami (jednostranné a obojstranné) a tunelové jednotky s usporiadaním dvoch horizontálnych a dvoch vertikálnych antén.

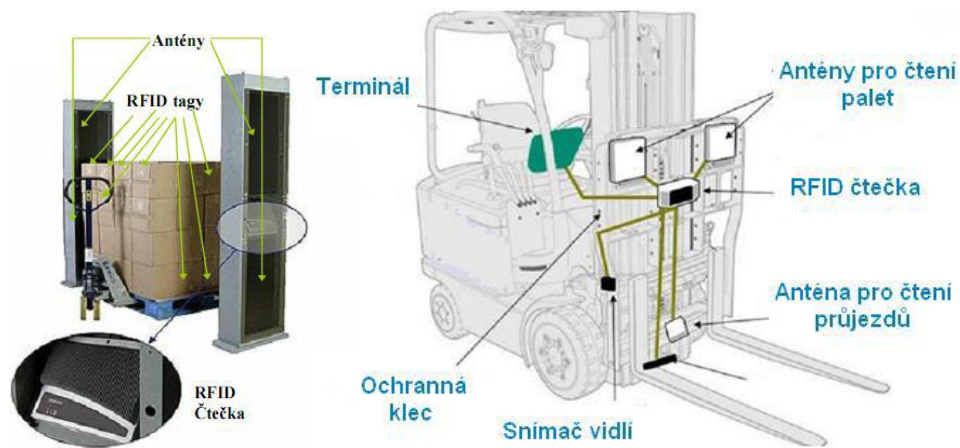
1.5.1 Stacionárne čítačky

Stacionárne čítačky bývajú neprenosné, sú pevne vstavané v určitom identifikačnom bode, napríklad u vstupu do skladu, na začiatku dopravníka, a pod.



Obr. č. 18 Stacionárna čítačka [21]

Tieto zariadenia majú externú anténu a využívajú sa hlavne na čítacích bránach alebo na vysokozdvížných vozíkoch. Pripojením viacerých antén k stacionárnym RFID čítačkám, je možné zaistiť lepšie pokrytie priestoru čítacím signálom.



Obr. č. 19 Příklady využitia stacionárných čítačiek [21]

1.5.2 Mobilné čítačky

U mobilných čítačiek sú oba komponenty implementované v spoločnom puzdre a sú k dispozícii ako zariadenia do ruky. Môžu byť používané bez kábla so stanicou k odosielaniu či nahrávaniu údajov, alebo s káblom cez sériové dátové rozhranie k osobnému počítaču.

U ručných RFID čítačiek existujú aj zariadenia schopné hybridného používania, ktoré môžu snímať jak čiarový kód, tak čítať RFID tag a zapisovať do neho.



Obr. č. 20 Mobilné RFID čítačky [10]

1.6 Middleware

Middleware predstavuje software (niekedy aj špecializovaný hardware) pre správu, filtráciu a analýzu dát získaných z tagov, ktoré sú načítané RFID čítačkou. Jeho úlohou je obstarat' komunikáciu s jednotlivými čítačkami a prvotne spracovať získané dáta. Jednou z prvých pokusných aplikácií bol program Savant v rámci projektu EPC v Auto-ID Centre. Jeho základné funkcie, ktoré sú v podstate rovnaké aj vo všetkých súčasných riešeniach, sú :

- schopnosť komunikovať s niekoľkými čítačkami niekoľkých výrobcov s rôznymi komunikačnými protokolmi
- filtrovať získané dáta
- výsledok uchovávať v databáze
- poskytovať dáta cez stanovené rozhranie ďalším aplikáciám

Jednotlivé riešenie sa však líšia v tom, na čo sú primárne určené. Môžu tak mať podobu:

- veľkých centralizovaných serverov spravujúcich celú sieť vzdialených čítačiek a poskytujúcich široké rozmedzie služieb podnikových systémov
- hierarchických štruktúr vzájomne komunikujúcich objektov, ktoré sú schopné bežať na jednoduchých zariadeniach čo najbližšie čítačkám a poskytujú najrýchlejšie dáta primárne len niekoľkým automatom priamo riadiacim výrobu

Dôvod prečo sa používa Middleware je niekoľko. Aj keď existujú štandardy pre komunikáciu medzi RFID tagom a RFID čítačkou, čítačky sú vyrábané s rôznymi vlastnosťami a správaním a na komunikáciu s tagmi využívajú vlastný komunikačný protokol. Preto je výhoda, ak niekto poskytne jednotné rozhranie pre niekoľko rôznych čítačiek v kombinácii s vhodnou správou získaných dát. [21]

Ďalším dôvodom je potreba filtrovania dát a predspracovanie dát, pretože RFID čítačky obvykle generujú súvislý tok dát obsahujúci v náhodnom poradí dáta zo všetkých tagov, ktoré sa podarilo prečítať. Obvykle je nutné detekovať, kedy sa daný tag objavil v čítacej zóne a kedy ju opustil. Všetky ostané výsledky čítania predstavujú pre riadiacu aplikáciu spravidla nepotrebné dáta. V spojení s ďalšími informáciami je možné tieto dáta dobre používať na opravu chýb spôsobených chybou čítania, či už neprečítané dáta v tagu, ktorý nebol detekovaný, pretože bol chvíľu zatienený alebo naopak chybné prečítané dáta z tagu z inej zóny, ktorý vplyvom prostredia nebol dostatočne odtienený.

Spôsob získavania a postupného spracovávanía dát z RFID a spôsob, akým sú dáta z RFID schopné putovať medzi jednotlivými systémami, ovplyvní aj to, na akej úrovni budú môcť byť dáta použité. V prípade, že čítačky z celého skladu budú pripojené k jednému serveru na úrovni podnikového systému a dáta primárne spracované ako databáza jednotlivých skladov, už nebudú môcť byť využité pre riadenie fyzických dopravných systémov, vozíkov a brán.

2 ŠTANDARDY V TECHNOLOGII RFID

Rovnako ako u iných odvetví priemyslu sa aj výroba RFID zariadení a transpondérov riadi určitými štandardmi. Tie majú za úlohu zaručiť vzájomnú kompatibilitu riešení od rôznych výrobcov.

2.1 EPC Štandardy

Trieda	Popis		Kapacita	Rýchlosť čítania
Class 0	Len na čítanie	Programované vo výrobe	64 alebo 96 bit	1000 tagov/sec
Class 1	Jedenkrát zápis, čítanie mnohokrát	Programované pri použití	64 alebo 96 bit	200 tagov/sec
Class 0+	Čítanie aj zápis	Programované kedykoľvek	256 bit	1000 tagov/sec
Gen 2	Čítanie aj zápis	Programované kedykoľvek	256 bit	1600 tagov/sec

Tab. 3 Štandardy EPC [20]

2.2 ISO Štandardy

18000-1	Referenčná architektúra a definícia parametrov, ktoré majú byť štandardizované
18000-2	Parametre pre komunikáciu na rozhraní pod 135 kHz
18000-3	Parametre pre komunikáciu na rozhraní na 13,56 MHz
18000-4	Parametre pre komunikáciu na rozhraní na 2,45 GHz
18000-5	Parametre pre komunikáciu na rozhraní na 5,8 GHz
18000-6	Parametre pre komunikáciu na rozhraní od 860 do 960 MHz
18000-7	Parametre pre komunikáciu na rozhraní 433,92 MHz
18046	Pre testovanie výkonu RFID tagov a čítačiek
18046-1	Skúšobné metódy pre výkon systému
18046-3	Skúšobné metódy pre výkon tagu
18047	Skúšobné metódy pre komunikáciu
18047-2	Skúšobné metódy pre komunikáciu na rozhraní pod 135 kHz
18047-3	Skúšobné metódy pre komunikáciu na rozhraní na 13,56 MHz
18047-4	Skúšobné metódy pre komunikáciu na rozhraní na 2,45 GHz
18047-6	Skúšobné metódy pre komunikáciu na rozhraní od 860 do 960 MHz
18047-7	Skúšobné metódy pre aktívnu komunikáciu na rozhraní na 433 MHz
11784	Definuje ako sú dáta štruktúrované na tagu
14443	Rozhranie komunikácie pre RFID tagy používané v platobnom styku a bezkontaktných čipových kartách

Tab. 4 Štandardy ISO [21]

3 MOŽNOSTI VYUŽITIA RFID ČIPOV

RFID systémy je možné uplatniť v mnohých odvetviach obchodu, výroby, zdravotníctva alebo v službách. V nasledujúcich odstavcoch sú popísané jedny z mnohých a najčastejších aplikácií RFID systémov.

3.1 EAS systémy (Electronic Article Surveillance Systems)

EAS systémy slúžia ako elektronická ochrana tovaru proti krádeži. Tento systém používa jednoduché RFID tagy. Tieto tagy majú dva stavy zapnutý/vypnutý. Sú určené pre kontrolu tovaru napríklad pri platení v supermarketoch alebo pri požičiavaní kníh v knižniciach. Výrobky sú označené pasívnym jednobitovým RFID tagom, ktorý je v stave zapnutý. Pri zaplattení tovaru sa tag deaktivuje a prepne sa do stavu vypnutý. Deaktivátory sa nachádzajú v priestore pokladne. V opačnom prípade pri prechode cez detekčnú bránu zapnutý RFID tag spustí alarm.

Tieto systémy sa využívajú najmä pri ochrane konfekcie, textilných výrobkov, obuvi, koženej galantérie, drogérie, potravín, alkoholických nápojov, keramiky, skla, hračiek, apod.

Pracujú spravidla na frekvencii 1,9 MHz alebo na frekvencii 8,2 MHz.



Obr. č. 21 Detekčné brány, deaktivátor tagov, labely [21]

3.2 Dochádzkové systémy

Dochádzkový systém je určený pre sledovanie a vyhodnocovanie dochádzky vo veľkých, stredných ale aj menších firmách. Nahradzuje plne klasické elektromechanické hodiny pre kontrolu dochádzky a pridáva nové funkcie a možnosti. Celý dochádzkový systém je tvorený jedným alebo viacerými zbernými terminálmi, personálnym počítačom a podporným softwarom.

Prvotné záznamy sú zhromažďované v zberných termináloch, odkiaľ sú prenášané do nadriadeného počítača, kde sú spracovávané a prezentované na obrazovke vo forme tlačových zostáv, alebo sú exportované pre ďalšie spracovanie. [7]

Systém funguje tak, že každý zamestnanec dostane osobné identifikačné médium. Ako médium môžu byť použité klasické magnetické karty, DALLAS čipy, kľúčenky, príviesky, bezkontaktné karty, a i. ID médium sa priraduje na karte zamestnanca spolu s ďalšími osobnými údajmi a predpismi pracovného režimu. V programe sa definuje pripojený HW a jeho vlastnosti. Pre každý terminál sa môžu nadefinovať ďalšie operácie pre prechod terminálom. Niektoré firmy ponúkajú až 99 operácií pre prechod terminálom (príchod do práce, odchod k lekárovi, odchod na služobnú cestu, odchod na iné pracovisko, odchod na obednú prestávku a mnoho ďalších). Pre každú operáciu je možné definovať správanie pri ďalšom automatizovanom spracovaní, spôsob zápočtu a zobrazenia v prehľadných zostavách. Každému pracovníkovi je priradený kalendár, podľa ktorého je mu počítaný fond pracovnej doby a následné nadčasy. Spracované dáta o dochádzke program prehľadne graficky zobrazí s možnosťou manuálnej úpravy.

Načítanie dát do systému prebieha cez evidenčné terminály pomocou identifikačných médií zamestnancov.

Dochádzkové terminály sú umiestnené na kľúčových miestach objektu, u hlavných vchodov, či vstupov na pracovisko, kde prebieha evidovanie príchodov, odchodov a voliteľných prerušení pracovnej doby.

Údaje o prechodoch, spolu s presným dátumom a časom, sú uložené v terminále a prenášané do počítača, kde prebieha ich spracovanie a vyhodnotenie.

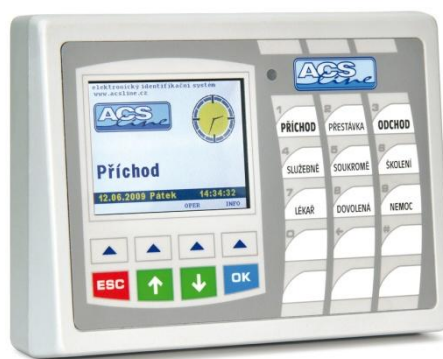
Vyhodnotenie výsledkov prebieha v mesačných obdobiach alebo v ľubovoľnom intervale.

Spracovanú dochádzku je možné upravovať na základe oprávnení a vykonávať schvaľovanie na niekoľkých úrovniach.

K dispozici je velké množství predvolených tlačových zostáv, ktoré je možné prezerat' na obrazovke ale aj tlačiť, a ďalej sú k dispozícii ešte rôzne formáty exportov pre mzdové a personálne systémy.



Obr. č. 22 Princíp dochádzkového systému [7]



Obr. č. 23 Dochádzkový terminál [7]

3.3 Prístupové systémy

Prístupové systémy sú určené pre objekty a priestory, kde je potrebné zabrániť vstupu neoprávnených osôb, prípadne obmedziť vstup do určitých častí objektu. Prístupový systém umožňuje nielen riadenie pohybu osôb alebo vozidiel, ale aj ich monitorovanie v reálnom čase (RTLS) s možnosťou grafického zobrazenia mapy objektu. Elektronický prístupový systém slúži ako náhrada systémov jednotného kľúča.

Systém poskytuje široké možnosti. Každému identifikačnému médiu v systéme je možné nastaviť ľubovoľné časové oprávnenia pre vstup do vybraných priestorov. Zároveň sú v systéme evidované všetky pohyby osôb vrátane pokusov o neoprávnený vstup. Využívajú sa tiež pre signalizáciu stavu strážených objektov, napríklad pri násilnom vniknutí, či nezavretí dverí, a môžu byť napojené na systémy EZS, EPS.

Ďalej sa tieto prístupové systémy využívajú pri ovládaní výtáhov s oprávnením pre jednotlivé poschodia, pre prístup na platené športoviská, hotelové izby, ovládanie šatňových skriniek vo fitcentrách, apod.

Prístupový systém môže byť nasadený samostatne alebo ako súčasť dochádzkového systému, ktorý umožní vstup pri evidencii príchodu alebo podľa predpísanej pracovnej doby.

Vstupné miesta prístupového systému sú vybavené čítačkou a elektromechanickým zariadením pre blokovanie vstupu (elektrické zámky, závary, turnikety a pod.). Odblokovanie vstupného miesta prebehne na základe vyhodnotenia oprávnenia nastaveného v obslužnom softvéri. Tieto vstupné miesta je možné ovládať jednosmerne alebo obojsmerne podľa potrieb prevádzky. Pomocou snímačov na dverách je možné monitorovať a signalizovať stav dverí. Informácie o všetkých udalostiach v systéme sú uložené v databáze počítača a výsledkom sú prehľady o tom, kto vstúpil, kedy, kam a na akú dobu. Rovnako sú tu zaznamenané aj pokusy o nepovolené vstupy. [7]

Vjazdové systémy sú ďalším typom prístupových systémov, ktoré sú určené k zabráneniu vjazdu nepovolaných osôb. Po identifikácii osoby alebo vozidla zamestnaneckou alebo návštevníckou kartou s oprávneným prístupom je vybavené zopnutie relé ovládajúceho bránu alebo závoru, a tým je umožnený vjazd vozidla do areálu alebo výjazd vozidla z areálu. Ovládanie môže byť prostredníctvom diaľkového ovládača, tlačidlom, kartou zamestnanca alebo inými bezkontaktnými prvkami.

Môže byť použitý vjazdový závorový systém, samostatná posuvná brána alebo vjazdový závorový systém v kombinácii s posuvnou bránou.



Obr. č. 24 Princíp prístupového systému [7]



Obr. č. 25 Prístupové turnikety [7]

3.4 Identifikácia zvierat

Bezkontaktná technológia poskytuje bezpečné a pohodlné riešenie pre niekoľko aplikácií v oblasti identifikácie zvierat vrátane sledovania dobytku, čipovania domácich zvierat či závodných holubov.

Identifikácia prostredníctvom elektronických ušných značiek RFID žltej farby pre ovce, kozy a dobytok predstavuje jednu z najstarších využití tejto technológie. Ide o transpondér vložený do puzdra, ktoré je natrvalo pripevnené k uchu zvierat'a.

Druhým najčastejším spôsobom identifikácie dobytku je bachorový bolus. Transpondér je umiestnený v osobitnom tiažovom kontajneri, ktorý sa umiestni do bachora zvierat'a. Na svojom mieste zostáva vďaka jeho hmotnosti, tvaru a veľkosti

Ďalej sa na evidenciu zvierat využívajú injektované transpondéry, ktoré sa umiestňujú pod kožu zvierat'a. Najčastejšie ide o sklenené tagy. Využívajú sa predovšetkým u domácich zvierat a koní. U dobytku sa takmer nepoužívajú vzhľadom na ich vyššiu cenu a možnosť, že by sa dostali do potravinového alebo krmivového reťazca.



Obr. č. 26 Ušný identifikačný štítok [18]

3.5 Evidencia výroby

System zaisťuje sledovanie výrobných procesov a evidenciu časov, odpracovaných na zákazkách jednotlivými pracovníkmi. System je určený pre zákazkové aj sériové prevádzky akéhokoľvek oboru. Umožňuje sledovať plnenie zákaziek, plánovať výrobné kapacity a aplikovať technologické postupy pri opakovaných zákazkách. Elektronický zákazkový system je veľmi účinný nástroj pre kontrolu efektivity práce a odmeňovanie pracovníkov podľa skutočne odvedenej práce.

System poskytuje široké možnosti:

- možnosť sledovať kusovú aj sériovú výrobu
- vedenie skladového hospodárstva (materiál, výrobky)
- naskladnenie a expedíciu hotových výrobkov
- sledovanie kooperácií a subdodávok
- možnosť vytvárania noriem
- otvorenosť pre integráciu do ľubovoľného vyššieho systému
- neobmedzený počet pripojených terminálov a pracovníkov

3.6 Identifikácia pacientov

Ide o základnú požiadavku na správne fungujúci proces liečby pacientov. Pozitívna identifikácia pacienta a jeho biologického materiálu zahŕňa rôzne druhy verifikačných a identifikačných postupov, ktorých cieľom je zníženie chybovosti pri liečbe pacientov.

Identifikácia sa vykonáva pomocou identifikačného plastového náramku na ruku, ktorý obsahuje základné informácie o pacientovi (meno, krvná skupina, alergie). Tieto a mnohé ďalšie informácie sú navyše uložené do RFID tagu umiestneného vo vnútri náramku. Preto si ich sestra alebo lekár môžu kedykoľvek pred vyšetrením načítať a overiť s údajmi na zdravotných záznamoch pacienta, a tým sa zabráni chybnej identifikácii a liečbe pacienta.



Obr. č. 27 Identifikácia pacientov [24]

3.7 RTLS (Real-Time Location System)

Názvom RTLS sú označované systémy pre sledovanie polohy majetku, tovaru, osôb v reálnom čase pomocou malých aktívnych RFID tagov. Táto technológia je určená k určovaniu polohy objektov hlavne vo vnútri budovy prípadne v rámci areálu. Tieto systémy dosahujú presnosti v rádoch jednotiek metrov a niektoré dokonca v rádoch desiatok centimetrov. Využívajú kombinácie bezdrôtovej počítačovej siete na štandarde WiFi a RFID technológie. RTLS sa obvykle skladá z :

- aktívnych tagov
- referenčných zariadení pre lokalizáciu tagov (accesspoint)
- dátových sietí a softwaru na servery
- aplikačného softwaru pre koncového užívateľa

Každý RTLS systém je založený na existencii rádiovkej infraštruktúry, ktorej signál musí byť dostupný všade tam, kde má RTLS fungovať. Aktívny RFID tag umiestnený na sledovanom objekte si vymieňa informácie s prístupovými bodmi (accesspointmi). Na základe odozvy a sily signálu z najmenej troch prístupových bodov je potom systém schopný stanoviť polohu konkrétneho RFID tagu v priestore. Tieto dáta o aktuálnej polohe ale aj trasách pohybu tagu v čase, sú poskytované aplikáciám, ktoré môžu využívať informácie o polohe sledovaného objektu v reálnom čase.

Na svetovom trhu je rada RTLS systémov, ktoré môžeme rozdeliť podľa používanej bezdrôtovej infraštruktúry, či frekvencie:

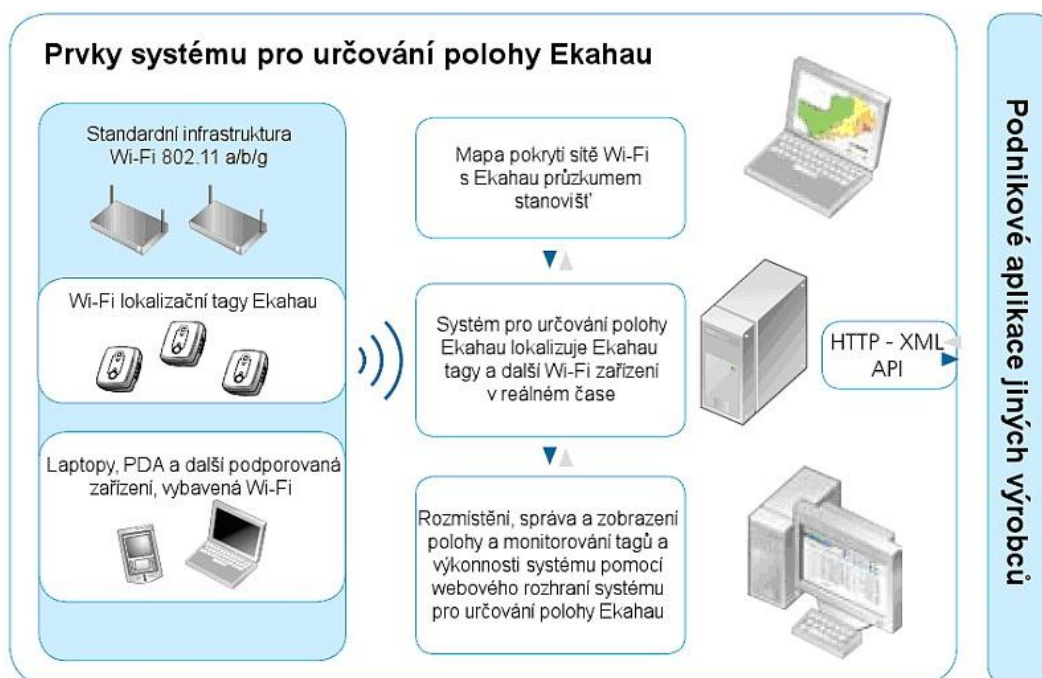
- Proprietárne systémy využívajúce pre svoju činnosť špeciálnu jednoúčelovú bezdrôtovú infraštruktúru. Využívané sú najmä frekvencie 433 MHz, 860/900 MHz a 2,4 GHz.
- Systémy používajúce štandardizovanú infraštruktúru:
 - ZigBee (2,4 GHz)
 - UWB (Ultra Wide Band) 7,5 GHz, 3,1-10,6 GHz
 - WiFi (802.11 b/g/n 2,4 GHz)

Nevýhody systémov, využívajúcich jednoúčelovú proprietárnu bezdrôtovú infraštruktúru, vyplývajú práve z jej jednoúčelovosti. Je nutné vybudovať, zaplatiť a v budúcnosti udržiavať infraštruktúru, ktorá slúži len jednej aplikácii – RTLS. [21]

Výhodou RTLS systémů založených na standardní infrastruktuře, zejména WiFi, je univerzálnost infrastruktury. WiFi síť je univerzálna. Je na ní možná možnost převádět množství aplikací, je lacná a poskytovaná bezpečnost je na potřebné úrovni.

Pro stanovení polohy sledovaného objektu existuje množství metod. Mnoho metod využívá závislosti vzdálenosti na čase potřebném k překonání vzdálenosti mezi přijímačem a vysílačem, např. ToA (Time to Arrival). Nevýhodou této metody je nutnost synchronizace času na přijímači a vysílači, což má dramatický vliv na přesnost. Túto nevýhodu odstraňuje metoda TDoA (Time Difference of Arrival), která nevychází z absolutních hodnot času, ale z rozdílov mezi sousedními vysílači. Táto metoda je používaná v GPS. Metódy pracujúce s časom sú všeobecne vhodné pre vonkajšie priestory s minimom odrazov a s priamou viditeľnosťou z vysílača na prijímač. [17]

Ďalšou metódou je RSSI (Received Signal Strength Indication). Metóda vychádza z merania sily signálu rádiových viditeľných prístupových bodov. Využíva sa závislosti sily signálu na vzdialenosti od vysílača. Táto metóda je vhodná pre systémy pracujúce vo vnútri budov. [17]



Obr. č. 28 Princip RTLS systému [17]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 DOSTUPNOST RFID ČIPOV NA EURÓPSKOM TRHU

Na európskom trhu sa nachádza veľké množstvo výrobcov a dodávateľov RFID technológie. Ide o výrobcov RFID tagov, čítačiek, či celých systémov využívajúcich RFID technológie. Menšie množstvo výrobcov však poskytuje samostatné čipy pre malosériovú výrobu.

4.1 Prehľad firiem poskytujúcich RFID technológiu

Medzi najväčšie európske firmy poskytujúce RFID technológie patria:

- Firma **AEG ID, s.r.o.** je nemecká firma so sídlom v meste Ulm. Ponúka rôzne druhy transpodérov, PVC identifikačných kariet, čítačiek, antén až po celé systémy určené pre konkrétne aplikácie.
- Firma **IVAR, a.s.** poskytuje RFID technológiu, ktorej čítacia vzdialenosť je 1 – 10 metrov. Avšak neposkytuje samostatné čipy použité v týchto čítacích zariadeniach. Ponúka kompletne systémy pre bezkontaktnú identifikáciu a prístup vozidiel, osôb či obrovských nákladných kontajnerov. Systémy CONFIDENT pracujú na frekvencii 2,45 GHz a ich čítacia vzdialenosť je cca 4 metre.

Najnovšie však firma ponúka systémy Scirocco IRID (Infra Red Identification), ktoré pracujú na frekvencii 300 THz a ich čítacia vzdialenosť je cca 3 metre. Využívajú sa najmä na váženie nákladných vozidiel, prívesov, pri výrobe automobilov a pod.

- Spoločnosť **Gaben, s.r.o.** rovnako ako firmy **IDSYS, s.r.o.**, **Codeware, s.r.o.**, **Avery, a.s.**, **SeagullScientific, s.r.o.**, či nemecké firmy **Inote-barcode, s.r.o.** a **Rathgeber, s.r.o.** alebo fínska firma **Confidex, s.r.o.**, sa zaoberá poskytovaním RFID produktov ako sú RFID tagy, čítačky, Smart Labely, snímače RFID čipov, tlačiarne etikiet, RTLS systémy, terminály a pod.
- **LUX-IDent, s.r.o.** je spoločnosť, ktorá sa zaoberá výhradne výrobou tagov. Vyrába tagy využívané v priemysle, logistike, na identifikáciu zvierat, pre prístup. Medzi tagy využívané v priemysle patria napríklad diskové tagy, PCB tagy, mince, laundry tagy, metal tagy a iné. Sklenené tagy a tagy pre ušné známky sú určené na identifikáciu zvierat. Pre prístup a bezpečnosť sa využívajú tagy integrované v kľúčenkách, hodinkách, papierových lístkoch, bezkontaktných kartách a pod.

- **Kodys, s.r.o., JMpartners, s.r.o., a SKS, s.r.o.**, podobne ako firma IVAR, a.s., sa zaoberajú poskytovaním komplexných systémov s využitím RFID technológie.
- Spoločnosť **ID-Karta, s.r.o.** poskytuje komplexné služby v oblasti identifikačných technológií na území Českej a Slovenskej republiky. Zaoberá sa dochádzkovými, prístupovými a platobnými systémami. Firma taktiež dodáva potrebný software, terminály, turnikety, snímače a potrebné príslušenstvo. [22]

4.2 Výrobcovia RFID čipov

Medzi popredných európskych výrobcov RFID čipov určite patria firmy EM Microelectronic, NXP, Atmel, Infineon, Legic, Impinj Indy a ASICentrum. Tieto spoločnosti vyrábajú RFID čipy, ktoré následne využívajú firmy do svojich tagov a čítačiek. Bohužiaľ máloktorá z týchto firiem poskytuje čipy samostatne pre malosériovú výrobu.

4.3 Zoznam dostupných RFID čipov

EM MICROELECTRONIC				
Výrobca	Produkt	Frekvencia	Pamäť	ISO
EM Microelectronic	EM 4102	125 kHz	8 byte (RO)	
EM Microelectronic	EM 4105	125 kHz	16 byte	11784/85
EM Microelectronic	EM 4305	125 kHz	64 byte	11784/85
EM Microelectronic	EM 4450	125 kHz	125 byte	
EM Microelectronic	EM 4469	125 kHz	16 byte	11784/85
EM Microelectronic	EM 4569	125 kHz	16 byte	

INFINEON				
Výrobca	Produkt	Frekvencia	Pamäť	ISO
Infineon	Mifare® NRG SLE66R35	13,56 MHz	768 byte	14443A
Infineon	Mifare® NRG SLE66R35	13,56 MHz	1 024 byte	14443A
Infineon	My-D SRF55V02P	13,56 MHz	228 byte	18000
Infineon	My-D SRF55V10P	13,56 MHz	1 248 byte	18000
Infineon	My-D NFC SLE66R16P	13,56 MHz	2 560 byte	14443A
Infineon	My-D NFC SLE66R32P	13,56 MHz	5 120 byte	14443A

LEGIC®				
Výrobca	Produkt	Frekvencia	Paměť	ISO
LEGIC®	Advant ATC128-MV210	13,56 MHz	128 byte	15693
LEGIC®	Advant AtC256-MV210	13,56 MHz	256 byte	15693
LEGIC®	Advant ATC512-MP110	13,56 MHz	512 byte	14443A
LEGIC®	Advant ATC1024-MV110	13,56 MHz	1 024 byte	15693
LEGIC®	Advant ATC2048-MP110	13,56 MHz	2 048 byte	14443A
LEGIC®	Advant ATC4096-MP	13,56 MHz	4 096 byte	14443A
LEGIC®	Prime MIM256	13,56 MHz	256 byte	
LEGIC®	Prime MIM1024	13,56 MHz	1 024 byte	

ATMEL (TEMIC)				
Výrobca	Produkt	Frekvencia	Paměť	ISO
Atmel	Temic 5557	125 kHz	330 bit	11784/85
Atmel	Temic 5567	125 kHz	330 bit	11784/85
Atmel	Q5	125 kHz	28 byte	
Atmel	ATA5575	125 kHz	16 byte	11784/85
Atmel	ATA5577	125 kHz	28 byte	11784/85

ASICENTRUM				
Výrobca	Produkt	Frekvencia	ISO	
ASICentrum	EM 4095	125-134 kHz		
ASICentrum	EM 4094	13,56 MHz	ISO 15693, ISO 14443A & B	
ASICentrum	EM 4294	13,56 MHz	ISO 14443, ISO 15693, Sony FeliCa	
ASICentrum	EM 4298	UHF	ISO 18000-6 A & B, EPC C1G2	

INSIDE SECURE				
Výrobca	Produkt	Frekvencia	Paměť	ISO
Inside Secure	Picopass 2K	13,56 MHz	256 byte	14443B/15693
Inside Secure	Picopass 32K	13,56 MHz	4096 byte	14443B/15693

IMPINJ INDY				
Výrobca	Produkt	Frekvencia	ISO	
Impinj INDY	R500	840-960 MHz	18000-6C	
Impinj INDY	R1000	840-960 MHz	18000-6C	
Impinj INDY	R2000	840-960 MHz	18000-6C	

NXP (PHILIPS)				
Výrobca	Produkt	Frekvencia	Pamäť	ISO
NXP (Philips)	Mifare® Ultralight	13,56 MHz	64 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Ultralight C	13,56 MHz	192 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Ultralight MF0 IC U1x	13,56 MHz	64 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Mini	13,56 MHz	320 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® MINI F1 IC S20	13,56 MHz	320 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Standard MF1 IC S50	13,56 MHz	1 024 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Classic 1K	13,56 MHz	1 024 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Classic 4K	13,56 MHz	4 096 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® 4K MF1 IC S70	13,56 MHz	4 096 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® DESFire MF3 IC D40	13,56 MHz	96 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® DESFire 2K EV1	13,56 MHz	2 048 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® DESFire 4K EV1	13,56 MHz	4 096 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® DESFire 8K EV1	13,56 MHz	8 192 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® DESFire 4K V.06	13,56 MHz	4 096 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Plus S 2K	13,56 MHz	2 048 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Plus S 4K	13,56 MHz	4 096 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Plus X 2K	13,56 MHz	2 048 byte	14443A
NXP (Philips)	Mifare® Plus X 4K	13,56 MHz	4 096 byte	14443A
NXP (Philips)	I-Code® 1 SL1	13,56 MHz	64 byte	
NXP (Philips)	I-Code® 1 SL1 ICS30	13,56 MHz	64 byte	
NXP (Philips)	I-Code® SL2 IC S20	13,56 MHz	128 byte	15693
NXP (Philips)	I-Code® SLI	13,56 MHz	128 byte	15693
NXP (Philips)	I-Code® SLI-L	13,56 MHz	64 byte	15693/18000
NXP (Philips)	I-Code® SLI-S	13,56 MHz	256 byte	15693/18000
NXP (Philips)	Hitag® 1	125kHz	256 byte	
NXP (Philips)	Hitag® 2	125kHz	32 byte	11784/85
NXP (Philips)	Hitag® S 256bit	125kHz	32 byte	11784/85
NXP (Philips)	Hitag® S 2048bit	125kHz	256 byte	11784/85
NXP (Philips)	HitagTM 1 HT1 IC S30	125 kHz	256 byte	11784/85
NXP (Philips)	HitagTM 2 HT2 IC S20	125 kHz	32 byte	11784/85
NXP (Philips)	HitagTM S HTS IC H32	125 kHz	4 byte (RO)	
NXP (Philips)	HitagTM S HTS IC H56	125 kHz	32 byte	11784/85
NXP (Philips)	HitagTM S HTS IC H48	125 kHz	256 byte	11784/85
NXP (Philips)	SmartMX	13,56 MHz	depends	depends
NXP (Philips)	JCOP	13,56 MHz	depends	depends
NXP (Philips)	UCODE G2XL	840-960 MHz	46	EPC Class 1 Gen2
NXP (Philips)	UCODE G2XM	840-960 MHz	110	EPC Class 1 Gen2

Tab. 5 Zoznam dostupných RFID čipov, rozdelený podľa výrobcov

5 KONTAKT VÝROBCOV

5.1 RFID čipy

Po preskúmaní európskeho trhu, som najskôr e-mailom kontaktovala viacerých dodávateľov a poskytovateľov RFID technológie, ako napríklad: Lux-IDent, s.r.o., SeagullScientific, s.r.o., Confidex, s.r.o., Codeware, s.r.o., Gaben, s.r.o., ID-Karta, s.r.o., JMpartners, s.r.o., Kodys, s.r.o., SKS, s.r.o., IVAR, a.s., a mnoho ďalších, s otázkou, či si čipy použité v ich technológiách vyrábajú sami alebo majú svojich výrobcov. Prostredníctvom nich som získala kontakty na najväčších výrobcov RFID čipov v Európe, ktorými sú:

- EM Microelectronic, s.r.o.
- ASICentrum, s.r.o.
- NPX
- Impinj Indy
- Legic
- Atmel
- Infineon
- Alien Technology, s.r.o.

Avšak pri ich kontaktovaní som zistila, že len pár z nich, je ochotných poskytnúť RFID čipy pre malosériovú výrobu. Jedným z nich je spoločnosť ASICentrum, s.r.o.

- **ASICentrum, s.r.o.** je česká firma, ktorej názov je odvodený od názvu **Application Specific Integrated Circuits** - zákaznícke integrované obvody. Od roku 2001 je súčasťou švajčiarskej firmy EM Microelectronic. [12]

Jedná sa o čipy:

- EM 4095,
- EM 4094,
- EM 4294,
- EM 4298

Všetky dostupné parametre týchto čipov, ako je ich prevádzková teplota, frekvencia, v ktorej pracujú, napájanie, výstupný výkon a štandardy, som prehľadne usporiadala do nasledujúcich dvoch tabuliek.

Označenie	Parametre				
	Frekvencia	Prevádzková Teplota	Napájanie	Výstupný výkon	Štandardy
EM 4095	125-134 kHz	-40°C až +85°C	AD/DC 7,5V		
EM 4094	13,56 MHz	-40°C až +85°C	5V	100 až 200 mW	ISO 15693, ISO 14443
EM 4294	13,56 MHz	-40°C až +85°C	3,3V alebo 5V	200 mW	ISO 14443, ISO 15693, Sony FeliCa

Tab.6 Prehľad RFID čipov od ASICentrum, s.r.o.

U týchto čipov je možné dosiahnuť čítaciu vzdialenosť 1 meter po použití vhodnej antény a tagov s vysokým výkonom. V opačnom prípade ich čítacia vzdialenosť dosahuje niekoľko desiatok centimetrov.



Obr. č. 29 RFID čip EM4094 [16]



Obr. č.30 RFID čip EM 4095 [11]

Parametre čipu EM 4298 som uviedla zvlášť do tabuľky, pretože ako jediný pracuje na frekvencii UHF, čo je 840-960 MHz.

Označenie	Parametre			
	Frekvencia	Prevádzková teplota	Napájanie	Štandardy
EM 4298	UHF	-40°C až +85°C	3 až 3,6 V	ISO 18000-6 A & B, EPC C1G2

Tab. 7 Parametre čipu EM 4298

Čip EM 4298 spoločnosť ASICentrum, s.r.o. vyrába pre firmu Metra Blansko, kde sa využíva pri konštrukcii UHF čítačky RFI21.1, ktorej čítacia vzdialenosť dosahuje niekoľko metrov. Avšak čip neposkytnú samostatne.



Obr. č. 31 UHF čítačka RFI21.1 od firmy Metra Blansko [12]

Ďalšou firmou, ktorá bola ochotná poskytnúť čip s čítacou vzdialenosťou vyššou ako 1 meter, bola spoločnosť Alien Technology, s.r.o.

- **Alien Technology, s.r.o.**, bola založená roku 1994 v Kalifornii spolu s Alien Technology Asii v Južnej Kórei. Poskytuje UHF RFID výrobky a služby zákazníkom v oblasti drobného spotrebiteľského tovaru, výroby, obrany, dopravy, logistiky a priemyslu. [37]

Samostatný čip, ktorého čítacia vzdialenosť by dosahovala 1 meter, by bola ochotná poskytnúť za podmienky podpísania zmluvy o mlčanlivosti po dobu 5 rokov. Poskytnutie čipu považovala za prezradenie výrobného tajomstva.

Ostané firmy, ako **NXP**, **Infineon**, **Legic**, **Atmel**, buď nevyrobajú RFID čipy, ktorých čítacia vzdialenosť by dosahovala 1 meter alebo nie sú ochotné dodávať čipy v malých množstvách. To znamená v menšom množstve ako je milión kusov.

5.2 OEM Moduly

Ďalšou možnosťou je využitie OEM modulov, ktoré sú menšie ako kompaktné RFID čítačky. Ideálnym modulom je modul A941 od firmy **CAEN, s.r.o.** Pracuje v UHF frekvenčnom pásme a bol vyvinutý pre zákazníkov, ktorí si chcú navrhnuť vlastné riešenie RFID systému a vyžadujú veľkú čítaciu vzdialenosť. Vyrába sa v dvoch verziách ETSI a FCC. ETSI je v súlade s európskymi normami, zatiaľ čo FCC s telekomunikačnými normami USA. Podporujú štandardy EPC 1.19, ISO 18000-6B a EPC Class 1 Gen2.



Obr. č. 32 OEM modul A941 [15]

Zvyšné nájdené moduly zväčša pracujú v LF, a preto ich čítacia vzdialenosť, rovnako ako u čipov, závisí na použitých prídavných anténach a tagoch. Napríklad od spoločnosti **AEG ID, s.r.o.**

Označenie	Parametre				Výrobca
	Frekvencia	Prevádzková teplota	Napájanie	Čítací systém	
JSOU 008 EOM	128 kHz	0°C až 50°C	DC 5V	Trovan	AEG ID, s.r.o.
JSOU 12-1 EOM	125 kHz	0°C až 50°C	DC 5V	Trovan, PSK1	AEG ID, s.r.o.
JSOU 13-1 EOM	126 kHz	0°C až 50°C	DC 5V	ISO FDX-B	AEG ID, s.r.o.
JSOU 017 EOM	125 kHz	0°C až 50°C	DC 5V	ISO FDX-B	AEG ID, s.r.o.

Tab. 8 Prehľad parametrov RFID čipov od firmy AEG ID, s.r.o.

ZÁVĚR

Práce rozoberá fungovanie RFID technológie, jej historický vývoj a možnosti jej využitia so zameraním na oblasť lokalizácie pohybujúceho sa objektu po známej trajektórii. Táto technológia bola využitá v projekte univerzitnej vzducholode.

Cieľom bolo nájsť vhodný čip namiesto nevhodného čipu AS3910 použitého v projekte, ktorého čítacia vzdialenosť by dosahovala 1 meter. Bolo nutné urobiť prieskum európskeho trhu, nájsť vhodných výrobcov RFID čipov a kontaktovať ich.

Komunikácia s výrobcami však nedopadla príliš pozitívne. Na európskom trhu vystupuje veľké množstvo výrobcov a dodávateľov zaoberajúcich sa RFID technológiou. Avšak máloktorý výrobca poskytuje RFID čipy samostatne. Po ich kontaktovaní som zistila, že čipy, ktorých čítacia vzdialenosť by dosahovala 1 meter, buď nevyrábajú alebo nie sú ochotní čipy poskytnúť pre malosériovú výrobu. To znamená v menšom množstve ako je milión kusov.

Jediný výrobca, ktorý bol ochotný čipy poskytnúť bolo ASICentrum, s.r.o., ktoré patrí pod švajčiarsku firmu EM Microelectronic. Jedná sa o čipy EM 4095, EM 4094, EM 4294. Tieto čipy pracujú v pracovnej frekvencii 125 kHz alebo 13,56 MHz, a ich čítacia vzdialenosť dosahuje desiatky centimetrov. Avšak pri použití vhodnej antény a tagov, by mohla dosiahnuť potrebnú vzdialenosť 1 meter. Všetky dané čipy by bol výrobca ochotný poskytnúť na testovanie zdarma.

Ďalšou možnosťou je použiť alternatívne riešenie, a to OEM moduly od firmy CAEN, s.r.o., ktorých čítacia vzdialenosť je viac ako 1 meter.

CONCLUSION

This Bachelor thesis deals with the RFID technology, its historical development and current use of this technology in the field of localization of the moving object with unknown trajectory. This technology was used in the University project, which focused on the manufacturing of the aircraft.

The main aim of the thesis was to find suitable RFID microchips which would replace current AS3910. The microchip should read RFID tags up to one meter distance. To be able to find such chip, it was necessary to make a European market survey, select relevant RFID manufacturers and contact them.

The results of the communication with the manufacturers did not turned out very well. Though the European market is full of suppliers of RFID microchips, they are not likely to offer only the chips. During communication with companies, I found out, that they either do not produce micro chips reading the tags within one meter distance, or they are willing to offer the microchips but for small scale manufacturing. That would mean that they would be able to provide us with the number of chips lower than one million pieces.

The only manufacturer willing to offer microchips was ASICentrum, s. r. o., which is one of the companies belonging to Swiss company EM Microelectronics. Offered microchips which are suitable are following: EM 4095, EM 4094 and EM 4294. All of these have the microchip frequency 125 kHz or 13, 56 MHz, and their tag reading is up to ten centimetres. Nonetheless, if the suitable antenna and tags are used, the microchip would read the desired distance of one meter. The manufacturer would be willing to provide all types of microchips for testing for no charge.

Another possibility would be usage of OEM modules from CEAM, s. r. o. Company, which are reading the tags in the distance longer than one meter.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ROY. RFID explained: a primer on radio frequency identification technologies. San Rafael, Calif.: Morgan & Claypool, 2006. ISBN 1-59829-108-4
- [2] ROBERTI, Mark. The History of RFID Technology. *RFID Journal* [online]. 2005, č. 0, s. 2 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/article/view/1338>
- [3] BROWN, Dennis E. RFID implementation. New York: McGraw-Hill, c2007, 466 s. ISBN 978-007-2263-244
- [4] THORNTON, Frank, Hersh BHARGAVA, Anita CAMPBELL, Anand M DAS, Brad HAINES a John KLEINSCHMIDT. RFID security [online]. Rockland, MA: Syngress Publishing, c2006, 242 s. [cit. 2012-01-16]. ISBN 1-59749-047-4
- [5] RANASINGHE, Damith C., Quan Z. SHENG a Serali ZEADALLY. Unique radio innovation for the 21st century: building scalable and global RFID networks. Berlin [online]. Berlin: Springer, 2010 [cit. 2012-01-16]. ISBN 978-3-642-03462-6. Dostupné z: http://katalog.k.utb.cz/F/84ABDQ7NVP8EH3SYD53VD96JAG7S2X2ET3IBMXNVTHDHTMGMV7-29979?func=full-set-set&set_number=002697&set_entry=000001&format=999
- [6] HÄBERLE, Heinz O. Průmyslová elektronika a informační technologie. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2003. ISBN 8086706044.
- [7] ACS-line: Docházkový systém. *ACS-line* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://generator.citace.com/dok/p1mmNkvF8e9Du3MQ>
- [8] RFID & CARD Technology. *RFID & CARD Technology* [online]. 2007 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: http://www.tradevv.com/chinasuppliers/rfidandcard_p_159d54/china-Glass-Tube-Animal-Tag-LF-RFID-Glass-Tube.html
- [9] Hitachi Global. *Hitachi Co* [online]. 1997, 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.hitachi.co.jp/Prod/mu-chip/>
- [10] Kodys. *Mobilita pro vaše data* [online]. 2009, 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.kodys.cz/produkty/mobilni-terminaly/rucni-prumyslove-terminaly/motorola-mc9090-g-rfid.html>
- [11] EM Microelektronik. *Electronic-Component-IC* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://image.made-in-china.com/2f0j00avfTdSFBkjM/Electronic-Component-IC-Em4095.jpg>

- [12] ASI Centrum. *RFID UHF čtečky* [online]. 1998, 25.5.2012 [cit. 2012-05-28]. Dostupné z: http://www.asicentrum.cz/cz_01_07_03.php
- [13] NEKOOGAR, Faranak a Farid DOWLA. *Ultra-Wide Band Radio Frequency Identification Systems* [online]. New York: Springer Science+Business Media, 2011, s. 13 [cit. 2012-05-30]. ISBN 987-1-4419-9701-2.
- [14] http://www.amazon.com/RFID-For-Dummies-Patrick-Sweeney/dp/076457910X/ref=pd_sim_b_2#reader_076457910X
- [15] CEANRFID. *Products-Readers* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z <http://www.caenrfid.it/rfid/syproduct.php?fam=sread&mod=A941OEM>
- [16] EM Microelectronic. *Low Power* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.emmicroelectronic.com/products.asp?IdProduct=203>
- [17] Gaben. *RTLS-Gaben, Určování polohy v reálném čase* [online]. 2011 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: http://www.gaben.cz/katalog_datasheet.asp?mlevel=12&i=220&si=225
- [18] LUX-IDent. *Produkty-lux-ident.com* [online]. 2002, 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.lux-ident.com/cs/produkty>
- [19] Smart Label. *Gaben spol. s r.o.* [online]. 2011 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.smartlabel.cz/>
- [20] RFID Portal. *RFID portal* [online]. 2009 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid_obecne
- [21] RFID. *MEZINÁRODNÍ LABORATOŘ PRO VÝZKUM RFID TECHNOLOGIE* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://rfid.vsb.cz/cs/okruhy/uvod/>
- [22] ID-Karta. *Čipy-identifikace-ČIPY, karty a náramky* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.id-karta.cz/identifikace-3/cipy-20/>
- [23] RFID nineteen eighty-four. *Spychips.com - jak rfid ohrozuje soukromí, bezpečnost, svobodu* [online]. 2003, 2007 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: http://translate.googleusercontent.com/translate_c?act=url&hl=cs&ie=UTF8&prev=_t&rurl=translate.google.cz&sl=en&tl=cs&twu=1&u=http://www.spychips.com/&usg=ALkJrhjR8P117qDN6z0KNN_44p_9E9UnDA

- [24] RFID-EPC. *RFID pomáhá zachraňovat životy* [online]. 2011 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: [http://www.rfid-epc.cz/clanky/nazory-a-komentare/rfid-pomaha-zachranovat-zivoty-a2098710/?search_vyraz\[0\]=|n|rfid&search_zvyrazni=true](http://www.rfid-epc.cz/clanky/nazory-a-komentare/rfid-pomaha-zachranovat-zivoty-a2098710/?search_vyraz[0]=|n|rfid&search_zvyrazni=true)
- [25] IDTech-Ex. *Printed Electronics, RFID* [online]. 1999, 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.idtechex.com/>
- [26] IVAR. *IVAR, a.s.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.ivar.cz/>
- [27] Krátká historie RFID. *Historie RFID* [online]. 2011 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://karmin.cz/kratka-historie-rfid-43307>
- [28] Cominfo. *Čtecí hlavy RFID* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.cominfo.cz/cz/kategorie/cteci-hlavy-rfid.aspx>
- [29] Howstuffworks. *Jak RFID funguje* [online]. 1998, 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: http://translate.google.cz/translate?sl=en&tl=cs&js=n&prev=_t&hl=cs&ie=UTF-8&layout=2&eotf=1&u=http%3A%2F%2Felectronics.howstuffworks.com%2Fgadgets%2Fhigh-tech-gadgets%2Frfid.htm&act=url
- [30] AIM. *Obecné informace RFID* [online]. 2011 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: http://translate.google.cz/translate?sl=en&tl=cs&js=n&prev=_t&hl=cs&ie=UTF-8&layout=2&eotf=1&u=http%3A%2F%2Fwww.aimglobal.org%2Ftechnologies%2Frfid%2Frfid_faqs.asp&act=url
- [31] Automa. *Použití metody RFID ve světě* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30655
- [32] Seznámení s RFID čipy. *Internetový portál Coptel-Eletrotechnika* [online]. 2009, 2010 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=12149&docGroup=179&cmd=0&instance=1&fb_source=message
- [33] AEG ID. *Intelligent Identification* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.aegid.de/>

- [34] RIGHTTAG. *RFID Tags* [online]. 2003, 2006 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.righttag.com/>
- [35] Impinj. *UHF RFID Products* [online]. 2002, 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.impinj.com/>
- [36] Infineon. *Infineon Technologies* [online]. 1999, 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.infineon.com/cms/en/product/index.html>
- [37] Alien Technology. *Products* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.alientechnology.com/products/index.php>
- [38] Codeware. *Products* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.codeware.cz/cze/produkty/>
- [39] IDSYS. *Identifikační náramky* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.idsys.cz/>
- [40] JMpartners. *RFID - JM Partners GROUP* [online]. 2012 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.jmpartners.cz/cz/katalog-produktu/rfid.html>
- [41] Bluebeans. *The RFID Solutions Company* [online]. 2002 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.bluebeanrfid.com/>
- [42] Automatizace. *Seznámení s RFID čipy* [online]. 2009 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=12149&docGroup=179&cmd=0&instance=1&fb_source=message
- [43] Avery. *Label Design* [online]. 2009 [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.avery.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RFID	Radio-frequency identification
ID	Identification
LF	Low frequency
HF	Hight frequency
UHF	Ultra hight frequency
EAN	International Article Number
EPC	Electronic product code
ISO	International standard organisation
FCC	Federal communications commision
MIT	Massachusett institute of technology
MSSI	Multispectral Solutions, Inc.
RW	Read write
RO	Read only
WORM	Write once read many
ISM	Intustrial, Scientific, Medica
MW	Microwave
RTLS	Real time locating system
PCB	Printed circuit board
PC	Personal computer
EZS	Elektonické zabezpečovacie systémy
EPS	Elektornické požiarne systémy
ToA	Time to arrival
TDoA	Time difference of arrival
GPS	Global positioning system

RSSI	Received signal strength indication
EAS	Electronic article surveillance systems
IFF	Identify friend or foe
PET	Polyethylene terephthalate
PVC	Polyvinylchlorid
PETG	Polyethylene terephthalate

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1	Princíp RFID systému	14
Obr. č. 2	Zloženie EPC kódu	15
Obr. č. 3	UHF pásma [21]	18
Obr. č. 4	Prehľad priepustnosti cez jednotlivé materiály [21]	19
Obr. č. 5	RFID tag	19
Obr. č. 6	RFID od spoločnosti Hitachi [9]	19
Obr. č. 7	Sklenené RFID tagy [8]	20
Obr. č. 8	Mincový RFID tag [18]	20
Obr. č. 9	Diskový RFID tag [18]	21
Obr. č. 10	Smart Label [19]	21
Obr. č. 11	PCB tag [18]	22
Obr. č. 12	CD Label [18]	23
Obr. č. 13	Náramok, hodinky, kľúčenka s RFID tagom [18]	24
Obr. č. 14	Princíp aktívneho RFID tagu [13]	25
Obr. č. 15	Princíp semi-aktívneho RFID tagu [13]	26
Obr. č. 16	Princíp pasívneho RFID tagu [13]	26
Obr. č. 17	Princíp semi-pasívneho RFID tagu [13]	27
Obr. č. 18	Stacionárna čítačka [21]	28
Obr. č. 19	Príklady využitia stacionárnej čítačky [21]	29
Obr. č. 20	Mobilné RFID čítačky [10]	29
Obr. č. 21	Detekčné brány, deaktivátor tagov, labely [21]	33
Obr. č. 22	Princíp dochádzkového systému [7]	35
Obr. č. 23	Dochádzkový terminál [7]	35
Obr. č. 24	Princíp prístupového systému [7]	36
Obr. č. 25	Prístupový terminál [7]	37

Obr. č. 26	Ušný identifikačný štítok [18]	37
Obr. č. 27	Identifikácia pacientov [24]	38
Obr. č. 28	Princíp RTLS systému [17]	40
Obr. č. 29	RFID čip EM 4094 [16]	46
Obr. č. 30	RFID čip EM 4095 [11]	46
Obr. č. 31	UHF čítačka RFI2.1 od firmy Metra Blansko	47
Obr. č. 32	OEM modul A941 [15]	48

SEZNAM TABULEK

Tab. 1:	Štruktúra EC kódu [20]	15
Tab. 2:	UHF frekvenčné pásma [13]	17
Tab. 3:	Štandardy EPC [20]	32
Tab. 4:	Štandardy ISO [21]	32
Tab. 5:	Zoznam dostupných RFID čipov, zoradený podľa výrobcov	45
Tab. 6:	Prehľad RFID čipov od ASICentrum, s.r.o.	46
Tab. 7:	Parametre čipu EM 4298	47
Tab. 8:	Prehľad parametrov RFID čipov od firmy AEG ID, s.r.o.	48

