

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

RFID technologie a jejich využití pro evidenci

Vypracoval: Bc. Martin Zůza

Vedoucí práce: Ing. et Ing. Petr Kašpar, Ph.D.

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ZŮZA**
Osobní číslo: **E11N0035K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **RFID technologie a jejich využití pro evidenci**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište RFID technologie z hlediska jejich vývoje a možností použití.
2. Vyhledejte, zhodnoťte a zvolte dostupný hardware a software pro práci s RFID technologiemi.
3. Navrhněte systém evidence s využitím RFID technologií.
4. Navržené řešení naprogramujte v prostředí C# a SQL, implementujte a vyhodnoťte.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: Ing. et Ing. Petr Kašpar, Ph.D.
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: 15. října 2012
Termín odevzdání diplomové práce: 9. května 2013


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Tato práce se zabývá RFID technologií, její možností aplikace a využití pro evidenci ve spojení s databázovým systémem. Implementace RFID technologie je v oblasti docházkového systému včetně návrhu a realizace pomocí programovacího jazyka C# a databázového systému SQL.

Klíčová slova

RFID technologie, tag, C#, SQL, datový model, RFID čtečka, EPCglobal, Middleware.

Abstract

This thesis presents the RFID technology and application and use in register of database system. Implementation RFID technology is in field of system for the evidence of the attendance include of design and realization in programming language C# and database system SQL.

Keywords

RFID technology, tag, C#, MS SQL, data model, RFID reader, EPCglobal, Middleware.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. et Ing. Petru Kašparovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Rovněž bych chtěl poděkovat své rodině za jejich podporu během celého studia.

Obsah

1. TECHNOLOGIE RFID.....	7
1.1. MIDDLEWARE.....	10
1.2. FOSSTRAK EPCIS REPOSITORY	11
1.3. EPCGLOBAL NETWORK.....	12
1.4. OBLASTI POUŽITÍ RFID TECHNOLOGIE.....	13
2. RFID TAGY A ČTECÍ ZAŘÍZENÍ.....	16
2.1. RFID TAGY	16
2.1.1. ROZDĚLENÍ TAGŮ PODLE ZPŮSOBU NAPÁJENÍ	17
2.1.2. ROZDĚLENÍ TAGŮ PODLE MOŽNOSTI ZÁPISU DO PAMĚTI.....	18
2.1.3. ROZDĚLENÍ RFID SYSTÉMU PODLE FREKVENCE	19
2.1.4. ROZDĚLENÍ PODLE SPECIFIKACE EPCGLOBAL	22
2.1.5. STANDARDY V RFID SYSTÉMECH.....	22
2.2. RFID ČTECÍ ZAŘÍZENÍ – READER (ČTEČKA)	23
2.2.1. STACIONÁRNÍ ČTEČKY	24
2.2.2. MOBILNÍ ČTEČKY.....	25
3. HARDWARE A SOFTWARE PRO RFID TECHNOLOGII.....	26
3.1. HARDWARE	26
3.1.1. RFID ČTEČKA.....	26
3.1.2. REŠERŠE MINI PC PRO SERVER.....	28
3.2. SOFTWARE.....	31
4. NÁVRH PROGRAMOVÉHO ŘEŠENÍ.....	37
4.1. NÁVRH	37
4.2. NÁVRH DATOVÉHO MODELU.....	38
5. ŘEŠENÍ EVIDENCE V JAZYKU C# S PROPOJENÍM NA DATABÁZOVÝ SYSTÉM.....	38
5.1. ŘEŠENÍ DOCHÁZKOVÉHO SYSTÉMU	38
5.1.1. DOCHÁZKA.....	39
5.1.2. PŘÍSTUPOVÝ PANEĽ	42
5.2. ŘEŠENÍ DATOVÉHO MODELU.....	44
5.3. TESTOVÁNÍ.....	47
6. ZÁVĚR.....	49
7. POUŽITÉ ZDROJE	51
8. PŘÍLOHY	54
8.1. OBSAH PŘILOŽENÉHO CD.....	54
1. DOKUMENTY: ADRESÁŘ OBSAHUJE DIPLOMOVOU PRÁCI VE FORMÁTU PDF.....	54
2. DOCHÁZKOVÝ SYSTÉM: ADRESÁŘ OBSAHUJE ZDROJOVÉ KÓDY APLIKACE A NÁVOD.....	54

1. Technologie RFID

Technologie RFID (Radio Frequency Identification) rádiofrekvenční identifikace je dnes běžně užívanou technologií pro evidenci a identifikaci nejen zboží, zvířat, ale i lidí. Tato technologie umožní v budoucnosti nejen nahradit různé metody evidence a identifikace objektů, ale především zjednodušení a zvýšení míry automatizace a tím spojenou i minimalizaci nákladů. Systémy využívající RFID technologií, oproti jiným metodám, umožňují sledování objektů v reálném čase v průběhu celého logistického řetězce i při vysokých objemech objektových toků. O vznik této technologie se zasloužila především maloobchodní firma WalMart, která se zasloužila také o vznik čárového kódu.

V lednu roku 1973 si nechal Mario Cardullo patentovat pod číslem 3713148 dnešní principy RFID technologií. Globální systém GS1, který řeší problematiku jednoznačné identifikace zboží, byl založen sjednocením UCC (Uniform Code Council), ECCC (Electronic Code Council of Canada) a EAN International. S technologií identifikace pomocí čárového kódu (BarCodes) a postupem času i vývojem technologií se systém rozšířil o soubor standardů a norem pro elektronickou komunikaci dat (eCom), globální datovou synchronizaci (GDSN) a pro rádiofrekvenční identifikaci (EPCglobal). Standardy EPCglobal jsou navrženy tak, aby byly platné u všech obchodních partnerů, kde probíhá výměna zboží a sdílení dat v globálním logistickém řetězci, bez ohledu na využívané platformy v dané společnosti. Bez standardizace GS1 by byla využitelnost těchto technologií značně omezená a nebylo by možné realizovat například vizi inteligentní domácnosti. [14]

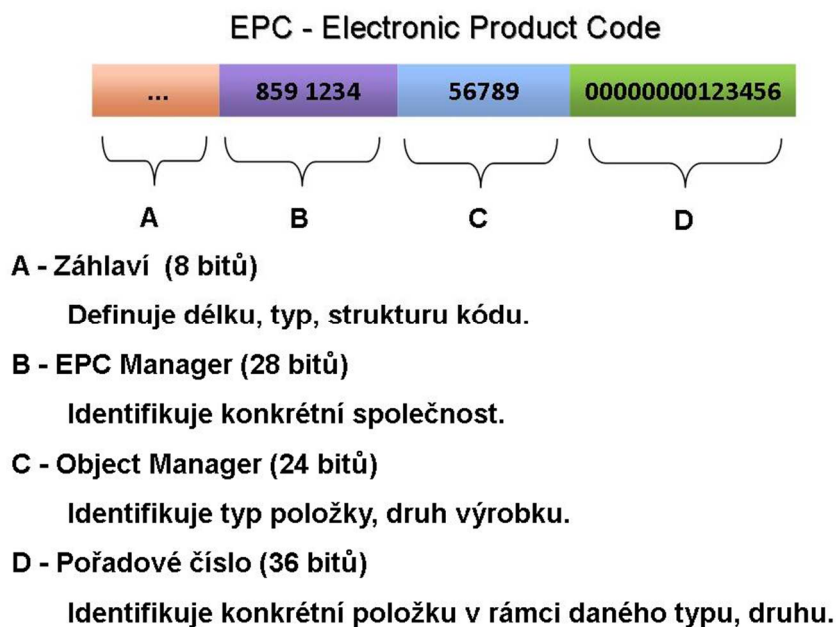
Základní komponenty RFID systému:

- Transpondér tzv. tag – jednoznačná identifikace objektů pomocí čipu (elektronický paměťový obvod) doplněný anténou nebo cívkou.
- Čtecí zařízení tzv. RFID reader (čtečka) – vysílací a přijímací zařízení s dekodérem a anténou.[7]
- Middleware – řídicí software s databázemi pro další komunikaci mezi čtečkami a podnikovým systémem.

Prostřednictvím tagu lze bezkontaktně identifikovat různé objekty, podobně jako u technologie čárkových kódů s tím rozdílem, že není třeba přímé viditelnosti z důvodu komunikace pomocí rádiových vln. Tím je také umožněna identifikace několika objektů

současně a na mnohem větší vzdálenost, řádově až několik metrů. RFID technologie nemá jen tyto výhody, ale také je možnost, aby výrobky, jako takové, komunikovali mezi sebou. Například možnost okamžité objednávky potravin v běžné domácnosti, kterou vytvoří lednice na základě jejího obsahu identifikovaných potravin pomocí tagů a definovaného minima uživatelem. To lze, za předpokladu, že každý výrobek bude jednoznačně identifikovatelný tagem. [5]

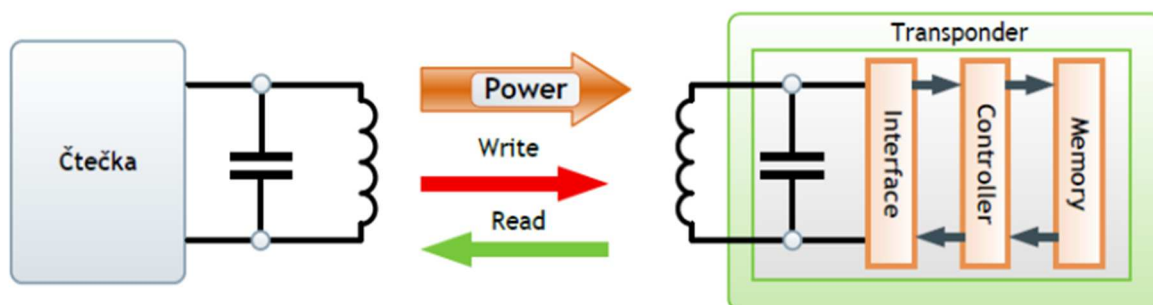
Objekty označené tagem obsahují EPC (electronic product code) jednoznačný identifikační kód složený z několika částí, které obsahují informace v podobě číselného kódu. RFID tag nese 96 bitové unikátní číslo EPC, které je centrálně přidělováno výrobcům. Nabízí dostatek prostoru pro 268 milionů výrobců produkujících 16 milionů tříd a v každé třídě je prostor pro 68 miliard pořadových čísel. Přidělování a odvozování popisů k EPC číslům zajišťuje služba ONS (object name services). ONS přiřazuje ke každému EPC adresu s popisem zboží ve speciálním formátu PML (physical markup language), který udává potřebná data ke zboží, jako jeho trvanlivost, záruku, způsoby použití a další informace pro možný import a následné využití. [1][4]



Obr. 1: Struktura EPC. [1]

Informace uložené v paměti tagu, získáváme pomocí čtecího zařízení, které zprostředkovává přes anténu komunikaci pomocí rádiových vln vyzářených z čtecího zařízení.

Je-li ve vhodné vzdálenosti od antény čtečky tag, který je naladěn na stejnou frekvenci přijme vyslaný signál. Přijatý signál v anténě tagu vyvolá indukci střídavý elektrický proud, který je usměrněn a nabíjí kondenzátor v tagu. Při dosažení minimální potřebné energie, aktivuje řídicí obvody uvnitř tagu a začne odesílání odpovědi čtečce. Odpověď tagu je realizována zpravidla dvoustavovou modulací ASK (Amplitude Shifting Key). Podle způsobu napájení rozlišujeme tagy na pasivní, aktivní a semipasivní. [2]



Obr. 2: Základní schéma komunikace RFID tagu a čtecího zařízení. [11]

Vlastní komunikace a identifikace čtecího zařízení s tagem, probíhá pomocí příkazů, jejichž význam je naprogramován v čipu tagu. Aktivní tagy mají mnohem širší prostor pro různé komunikační protokoly, tedy mnohem více příkazů než u tagů pasivních.

Příklady základních příkazů:

- Select – příkaz výběru slouží pro výběr určité podmnožiny tagů pro komunikaci se čtecím zařízením.
- Inventory commands – inventární příkazy vyvolávají jednoznačné identifikátory tagů, které mimo jiné zamezují kolizím.
- Access commands – přístupové příkazy vyvolávají a zapisují informace z paměti.

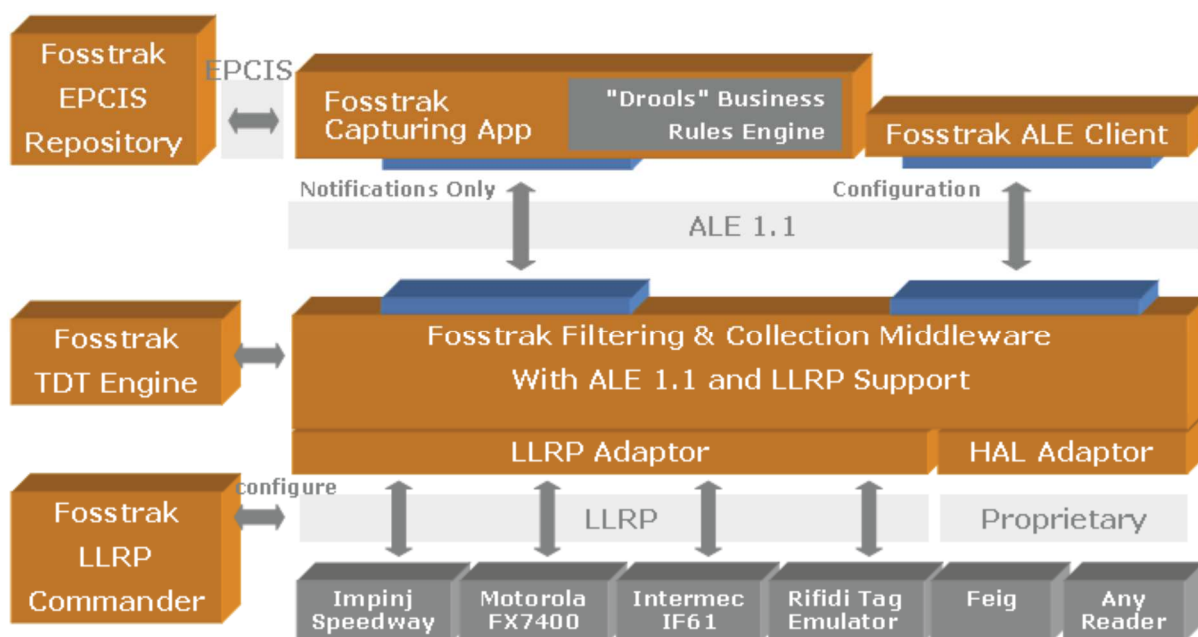
Může nastat situace, kdy bude v blízkosti současně více tagů pracujících na stejné frekvenci a tím může nastat kolizní stav při zasílání příkazů čtečkou do tagu. Z tohoto důvodu musí být zajištěna komunikace anti kolizními mechanismy a algoritmy. To lze zajistit na straně čtecího zařízení, nebo na straně tagu. Čtecí zařízení je opatřeno frekvenčním multiplexem FDMA (frequency division multiple access), nebo časovým multiplexem TDMA

(time division multiple access), který zajišťují ochranu před kolizí. Na straně tagu je to řešeno několika algoritmy, jako je ALOHA, kdy tagy v případě kolize zastaví komunikaci a po náhodné době každý tag zahájí komunikaci znovu. Algoritmus tree walking využívá binární strom, kdy čtecí zařízení selekcí identifikačního čísla tagu vybírá pomocí příkazu select postupně podmnožinu tagů tak dlouho, až hledaný tag požadavku odpovídá. Bez příslušné modifikace je bohužel možnost odposlouchávat tuto komunikaci.[6]

RFID čtečky mají mnoho podob: RFID brána, mobilní terminál, dopravníkové systémy nebo RFID tiskárny. Prostředník pro komunikaci čtečky a nadřazeného systému zajišťuje middleware, neboli spojka mezi hardwarovou a softwarovou platformou. Podporou pro vyhledávání dat k příslušnému EPC kódu zajišťuje discovery services, jehož součástí je i ONS (object naming service). Výměna EPC dat mezi obchodními partnery zprostředkovává EPCIS (electronic product code information services). [1]

1.1. Middleware

Middleware je druh softvérového prostředníka, který přijímá informace z RFID čteček a následně je upravuje za účelem komunikace s podnikovým systémem. Je to software propojující několik různorodých aplikací a to jak interně, tak externě. Zahrnuje několik přenosových protokolů, směrování dat, překlad dat do různých formátů a poskytuje vhodný integrační prostředek. Vše se řídí specifikacemi EPCglobal a dále se šíří pomocí EPC Network.[18]



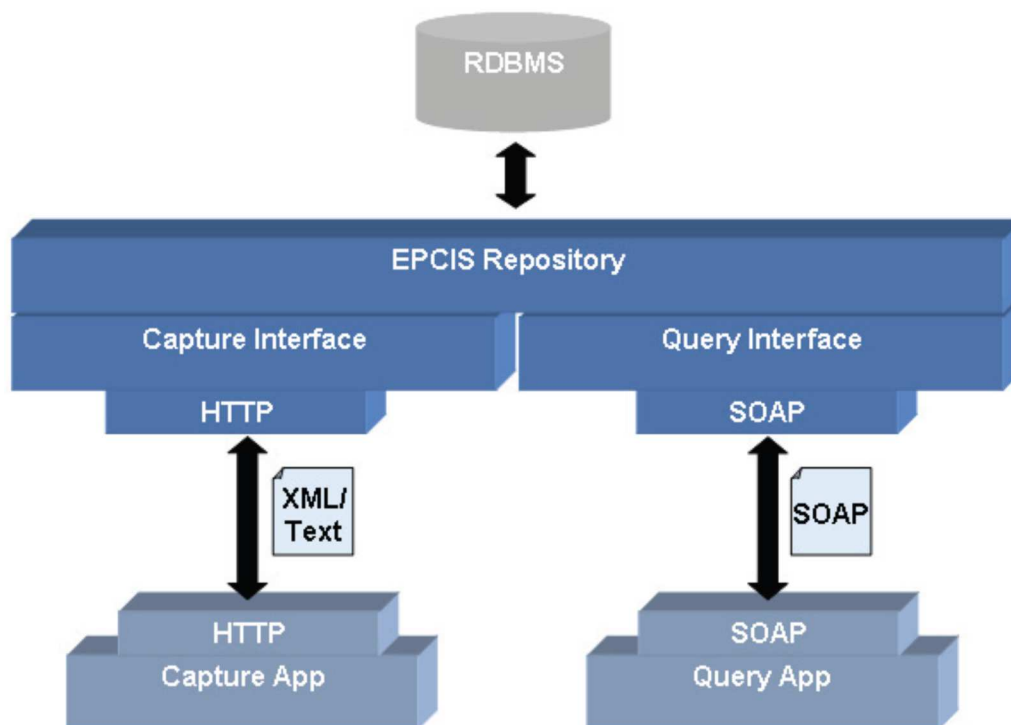
Obr. 3: Struktura Fosstrak Filtering a Collection Middleware. [19]

Struktura Middleware začíná nejnižší úrovní, která je tvořena částí zprostředkávající samotnou komunikaci se čtečkami na základě low level protokolu LLRP. Tento protokol zajišťuje nejen data ze čtečích zařízení, ale také zpětnou komunikaci pomocí Fosstrak LLRP Commander. Pomocí Fosstrak LLRP Commander lze nastavovat intervaly čtení, výkon antény a další doprovodná nastavení čtečky. Přijatá data jsou filtrována pomocí Fosstrak Filtering a Collection Middleware, kde jsou odstraněny multiplicitní a jiná nežádoucí načtení. Filtrovaná data jsou seskupena do větších celků zvaných EC report. Překlad EPC kódu do rozličných forem probíhá v TDT Engine (Fosstrak Tag Data Translation Engine). Fosstrak Capturing Application slouží pro přenos dat EC report rozšířené například o význam akce v logistickém řetězci (naskladnění, přesun, prodej atd.). Takto ucelená data se nazývají EPCIS Event a dále jsou postoupena do EPCIS Repository.

1.2. Fosstrak EPCIS Repository

Fosstrak EPCIS Repository je databáze uchovávající EPCIS události, které pokrývají všechny události v logistickém řetězci. Dělí se na čtyři kategorie: object event, aggregation event, quantity event, transaction event.

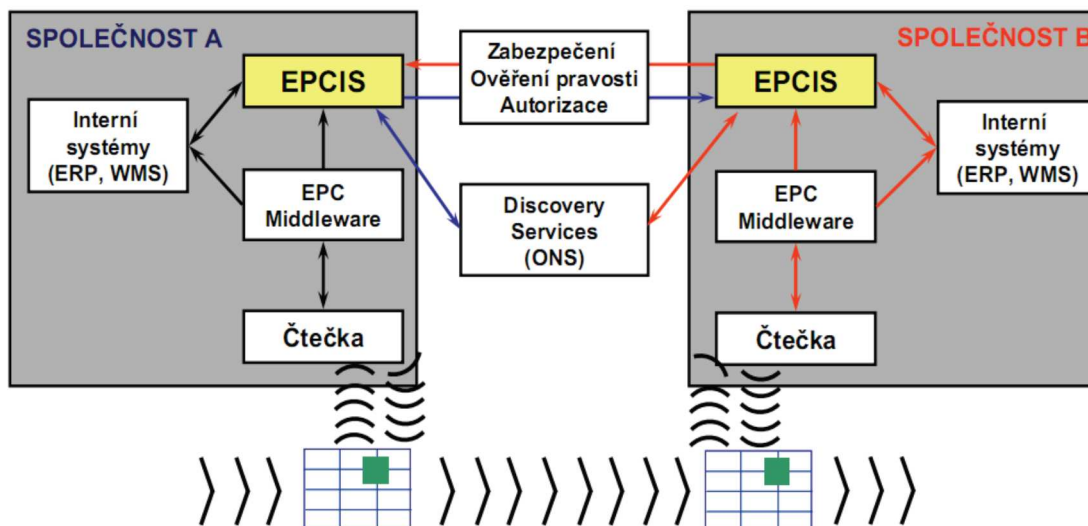
- Object event – nejčastější událost popisující výskyt a pohyb objektů.
- Aggregation event – agregace více objektů (více EPC child) v jeden objekt (parent EPC). Například na jedné paletě (parent EPC) je více výrobků (EPC child).
- Quantity event – počet objektů určitého druhu s různými výrobními čísly.
- Transaction event – událost určující transakci objektu.[19]



Obr. 4: Struktura Fosstrak EPCIS Repository. [19]

1.3. EPCglobal Network

EPCglobal Network zprostředkovává komunikaci a výměnu dat mezi obchodními partnery. Probíhá předávání informací o jednotlivých EPC, tedy o jednotlivých produktech, skladových zásob, popřípadě nedostatku zboží atd.



Obr. 5: Struktura EPCglobal Network. [19]

1.4. Oblasti použití RFID technologie

RFID technologie se uplatňuje v mnoha oblastech průmyslu, obchodu, zdravotnictví, zemědělství, dopravy, potravinářství a v neposlední řadě i jako ochrana zboží proti krádeži. Přednosti RFID technologie jsou jednoznačné. Bezkontaktní čtení v reálném čase a přenos velkého množství dat z několika tagů ve stejný čas s možností okamžitého zpracování.



Obr. 6: RFID stacionární snímací portál. [12]

EAS (Electronic Article Surveillance) systémy – jsou systémy pro elektronickou ochranu zboží proti krádeži. Zboží je opatřeno jednoduchým tagem, který je vybaven základní funkcí dvou stavů: zapnuto nebo vypnuto. Veškeré východy z obchodu jsou vybaveny detekčními branami, které odhalují neoprávněné odebrání zboží. V opačném případě oprávněného odebrání zboží proběhne u pokladny deaktivace tagu. Zpravidla tyto EAS systémy pracují na frekvenci 1,9 MHz, nebo také na frekvenci 8,2 MHz. [20]



Obr. 7: RFID detekční brána, deaktivátor, vzorové tagy. [20]

PDC (Portable Data Capture) systémy – systém založený na přenosných mobilních čtečkách. Přenos dat z mobilních čteček do podnikového systému může probíhat on-line nebo off-line, po vložení mobilní čtečky do komunikační jednotky se dávkově data přesunou. On-line komunikace je zajištěna rádiovým přenosem (WiFi, Bluetooth), proto je možné pracovat v systému v reálném čase. Off-line komunikace, neboli dávková, probíhá tehdy, když čtečku připojíme do systému pomocí terminálu, který přenesení data z paměti čtečky do podnikového systému.

Terminál pro odvádění výroby – sledují průběh jednotlivých výrobních operací, stav zakázek, popřípadě počet zmetků. Na základě sledování průběhu lze vykonávat příkazy ve skladovém hospodářství.

Terminál pro HMI (Human Machine Interface) – systém vyžadující vstup lidské obsluhy pomocí RFID nebo klávesnice. Vnitřní paměť terminálu je připravená provádět cyklické příkazy podle předem naprogramované struktury na základě HMI.



Obr. 8: HMI systém. [20]

Přístupové systémy – systém pro přístup osob, vjezd vozidel atd. Události vyvolané na jednotlivých přístupových terminálech jsou zaznamenávány a v systému vyhodnocovány na základě uložených údajů s následným oprávněním vstupu. Tyto systémy se také využívají pro stravování, které jsou doplněny například aktuálním stavem finančního vkladu, dále jsou to univerzální RFID karty pro dopravu městskou hromadnou dopravou, a to i pro různé dopravní prostředky atd.



Obr. 9: Schéma přístupového systému. [20]

RTLS (Real-Time Location System) – systémy pro sledování polohy objektů v reálném čase pomocí aktivních tagů. Komunikace využívá standardu WiFi pro určování polohy s přesností řádu decimetrů. Pro stanovení polohy se využívá metoda RSSI (Received Signal Strength Indication), která vychází z měření síly signálu příslušných aktivních tagů k přístupovým bodům. Tyto systémy se používají převážně v prostorách budov. [20]

Důležité je využití RFID technologie v potravinářství u masných výrobků ke sledování teploty výrobků a okolí. Pomocí hybridního RFID tagu, který v pravidelných intervalech ukládají teplotu okolí, lze zajistit kontrolu nakládání s masnými výrobky po celou dobu cesty od výrobce až po chladicí boxy v samoobsluze. [2]

2. RFID tagy a čtecí zařízení

2.1. RFID tagy

RFID tagy mají mnoho podob. Lze je rozdělit dle velikosti, tvaru, formy, pracovní frekvence - dle specifikace dané úlohy. Různá provedení tagů jsou vidět na obrázku 10 - pro různá aplikační specifika. Každý tag je složen z antény, která je přivedena do čipu, a to celé je v papírovém, nebo plastovém obalu.



Obr. 10: Kolekce RFID tagů. [8]



Obr. 11: Mifare KeyFob (klíčenka) a Mifare 1KB bezkontaktní karta. [25]

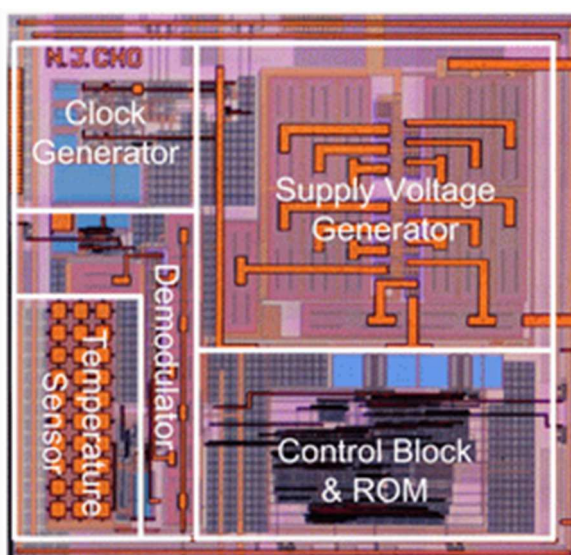
2.1.1. Rozdělení tagů podle způsobu napájení

Základním rozdělením tagů je rozdělení na čtyři skupiny podle čtyř způsobů napájení:

- a) Pasivní – napájení je řešeno indukcí radiových vln vyzářených z čtecího zařízení metodou RTF (reader talk first), tedy tag nemá vnitřní zdroj. Pouze je třeba dostatečně silný signál, který aktivuje tag. Jejich cena je řádově nižší než aktivní tagy, díky tomu, že neobsahují baterii, jsou i teplotně a mechanicky mnohem odolnější, tedy jejich životnost je mnohem delší. [10]
- b) Semiaktivní – normálně neaktivní tag s vlastním zdrojem, který je aktivován ve chvíli, kdy tag přijme dostatečný signál ze čtečky. Vlastní zdroj zvyšuje komunikační vzdálenost tagu. Výhodou je delší životnost oproti aktivním tagům, kde vlastní zdroj je stále aktivní. [13]
- c) Semipasivní – tag obdobný semiaktivnímu s rozdílem využití vlastního zdroje, který se využívá pouze k napájení integrovaného obvodu a není využíván pro tvorbu odpovědí. Díky tomu nabízejí více funkcí než pasivní, například senzory teploty, vlhkosti, chemického složení apod. [13]
- d) Aktivní – vlastní zdroj napájí celý tag, který sám vysílá informace do okolí metodou TTF (tag talks first). Tyto tagy mají menší životnost (až 5 let, pak je nutné baterii vyměnit) a menší tepelnou odolnost z důvodu umístění vnitřní baterie. Výhodou je

mnohem větší komunikační vzdálenost - jsou tedy na vyšší výkonové úrovni a jsou i mnohem efektivnější v prostředích, jako je kov nebo voda. Umožňují také doplnění tagu senzory ke sledování teploty, otřesů, světla, chemického složení apod. [10]

Obrázek 12 zobrazuje běžnou strukturu čipu tagu, kolem kterého je rozložena anténa tagu. Čip je rozdělen do několika funkčních bloků: napájecí zdroj (Supply Voltage Generator) vytváří potřebná napájecí napětí pro celý čip, generátor taktovacích hodin (Clock Generator) vytváří hodinový signál pro vnitřní digitální obvody, demodulátor (Demodulator) separuje bitový tok z nosné vlny RFID čtečky (RFID základnové stanice), teplotní senzor (Temperature sensor) - křemíkový senzor teploty využívající teplotní závislosti PN přechodu, řídicí logika a paměť (Control Block & ROM) obvykle MCU s ROM a pro RFID senzor vždy i FLASH či EEPROM paměť pro ukládání získaných dat a předvoleb uživatele. [3]



Obr. 12: Blokové schéma čipu RFID tagu. [13]

2.1.2. Rozdělení tagů podle možnosti zápisu do paměti

Vlastnosti paměti čipu ovlivňují cenu tagů. Základní vlastností pamětí tagů je několikanásobná možnost čtení, ale nikoliv zápis do paměti.

- Read – naprogramovaný z výroby
- WORM (write once read many) – programuje se pouze jednou
- Read write – možnost opakovaného zápisu

2.1.3. Rozdělení RFID systému podle frekvence

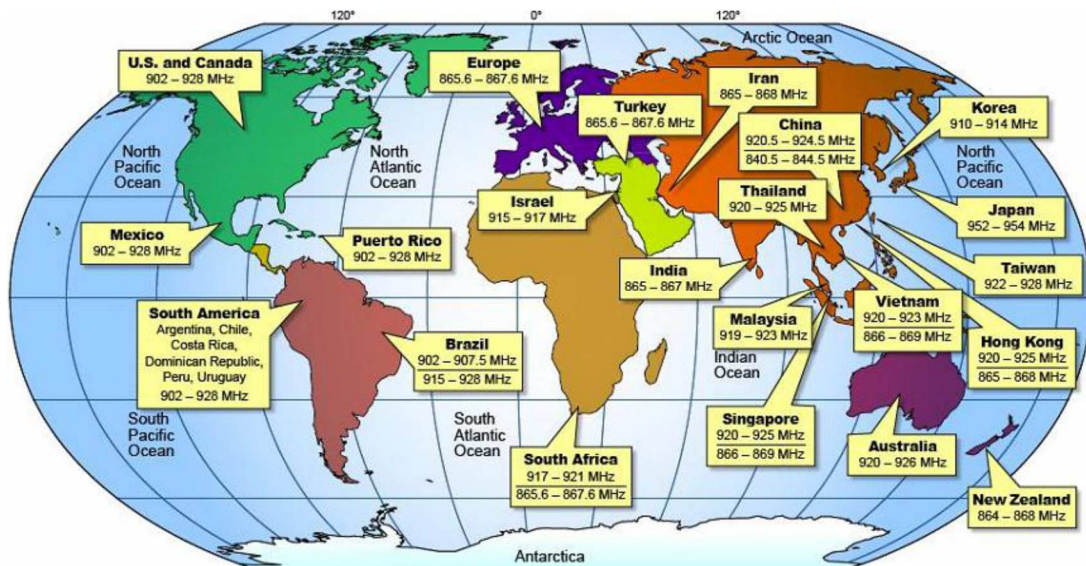
Na základě mezinárodních norem a fyzikálních zákonů je komunikace RFID technologií rozdělena do několika frekvenčních sekcí. Frekvence z fyzikálních důvodů ovlivňuje i vlastnosti tagu, proto každá frekvence má své výhody a nevýhody.

Nízké frekvence (LF) pro RFID systémy představují rozsah kmitočtu od 124kHz až do 135kHz. Komunikační dosah je značně omezený, běžný dosah je do 0,2m. Tagy na tomto kmitočtu vyžadují selenoidy, které jsou váhově těžší, ale výhodou je možnost snímání přes kapaliny. Použití pro tyto LF tagy je například u značkování zvířat, pro docházkové systémy, nebo sledování pивních sudů (kegů). [11]

Vysokofrekvenční systémy (HF) pracují na kmitočtu 13,56 MHz a jejich dosah i přenosová rychlost je vyšší než u nízkofrekvenčních RFID systémů. Nevýhodou je obtížné snímání přes kapaliny. Proto tento RFID systém nachází uplatnění v knihovnách, smart kartách a také v docházkovém systému. [11]

Velmi vysoká frekvence (UHF) zaručuje vysokou přenosovou rychlost v kmitočtovém rozsahu od 860 MHz do 930 MHz. Komunikační dosah tagů dosahuje řádově jednotek metrů a jejich výroba je značně levnější oproti LF systémům. Obtížná čitelnost tagů na kovu není jedinou nevýhodou, ale také není možné číst tagy přes kapalinu. V tomto kmitočtovém rozsahu funguje i mnoho jiných systémů, proto v jednotlivých částech světa jsou určena rozdílná kmitočtová pásma pro využívání RFID systémů. [11] Základním rozdělením jsou tři regiony:

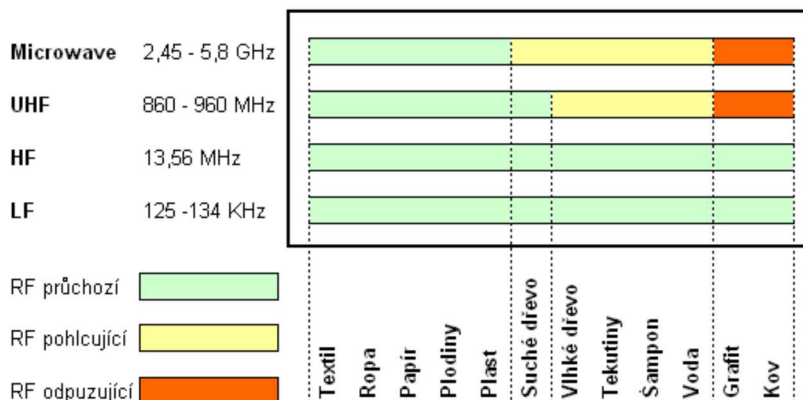
- Region 1 frekvenční rozsah 865 - 869 MHz - Evropa a Afrika
- Region 2 frekvenční rozsah 902 - 928 MHz - USA, Kanada a Mexiko
- Region 3 frekvenční rozsah 950 - 956 MHz - Japonsko a Asie [2]



Obr. 13: Světové rozdělení pásem UHF RFID. [20]

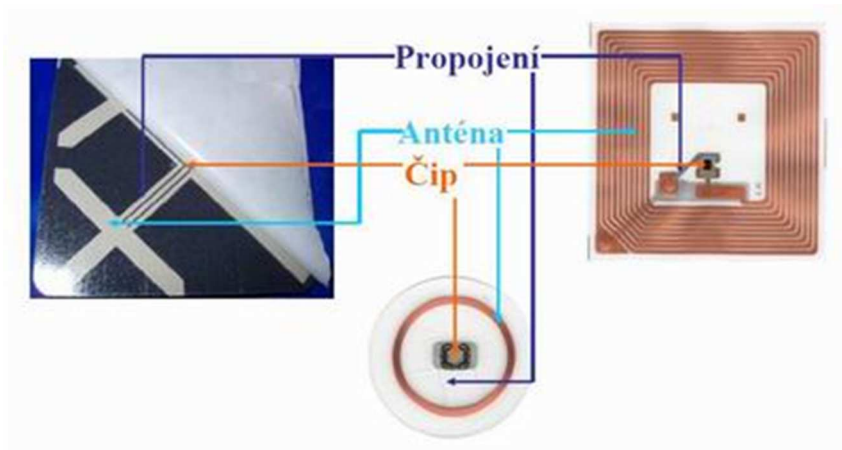
Mikrovlnné systémy (SHF nebo MW – MicroWave) s frekvenčním rozsahem 2,4 GHz až 6 GHz se vyznačují velmi vysokou rychlostí komunikace s čtecím zařízením danou vyšší frekvencí, ale jsou citlivější na kapaliny nebo kov. Uplatnění mikrovlnného systému je především v autodopravě jako elektronické mýtné, nebo ve výrobních linkách s extrémně vysokou rychlostí. [11]

Lze konstatovat, že dle materiálového složení označovaného výrobku tagem, má vliv na komunikaci. Proto je vhodné volit RFID systém s nižší frekvencí pro kapalné látky i kovy a RFID systém s vyšší frekvencí pro ostatní látky, kde komunikační vzdálenost a rychlost komunikace je vyšší. Na obrázku 14 je názorná interakce podle frekvence RFID systému a jednotlivými vzorovými materiály.



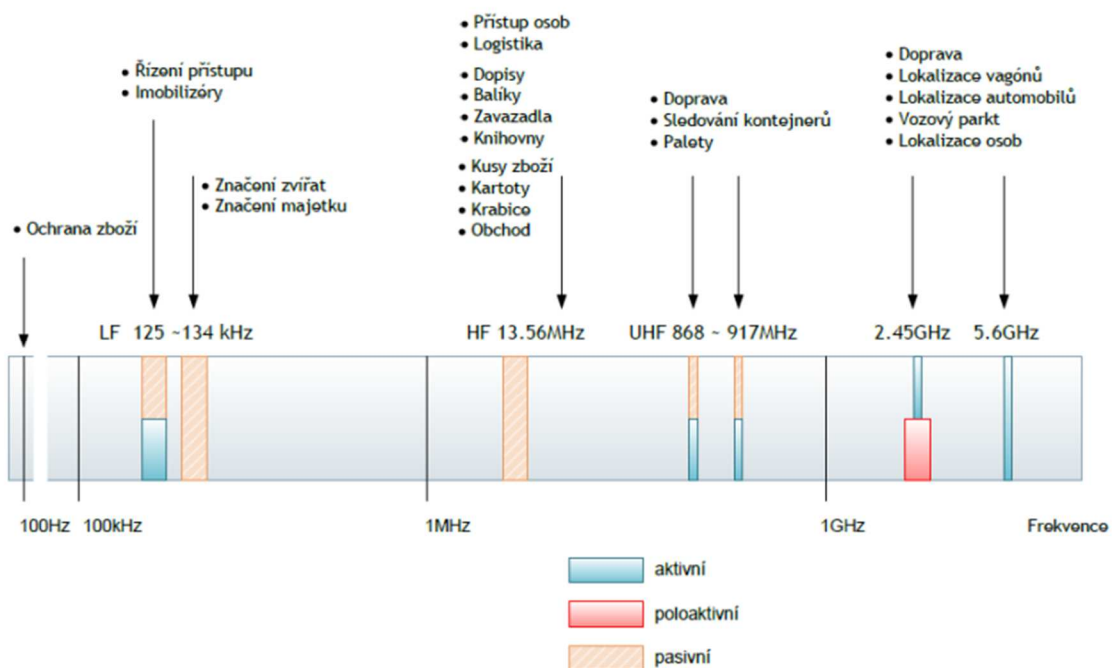
Obr. 14: Interakce frekvence RFID systémů se vzorovými materiály. [20]

Na obrázku 15 je vidět umístění čipu a antény v různém provedení tagů. Provedení antény pro RFID tagy se liší v závislosti na komunikační frekvenci - vlevo dipólová anténa pro pásma >100 MHz, uprostřed dole anténa pro nízkofrekvenční RFID (124 kHz), vpravo obvyklé provedení pro frekvenci 13.56 MHz



Obr. 15: RFID tagy lišící se frekvencí. [12]

Obrázek 16 znázorňuje používané frekvence RFID systémů pro dané aplikační oblasti, pro které jsou vhodné dané frekvence z důvodu délky dosahu komunikace, přenosové rychlosti, velikosti tagu, nebo vlivu kapalin a kovu.



Obr. 16: Používané frekvence RFID aplikacemi. [11]

2.1.4. Rozdělení podle specifikace EPCglobal

Specifikace standardů EPCglobal řeší především pasivní RTF (reader talks first) RFID systémy. Především se jedná o sjednocení, uplatnění v praktických aplikacích a dosažení co nejlevnějších tagů. Specifikace standardů EPCglobal je rozdělena do několika tříd (class). [25]

EPCglobal Class 0 - identifikátor je naprogramovaný ve výrobě a má 64 nebo 96 bitů. Detekce chyb v komunikaci probíhá pomocí 16 bitového cyklického redundantního součtu CRC (cyclic redundancy check). Tato třída umožňuje blokaci tagu pro další komunikaci vysláním příkazu kill čtecím zařízením, heslo pro tento příkaz má 24 bitů. Rychlost čtení, pracující na frekvenci 900MHz, je až 1000 tagů za sekundu. [2]

EPCglobal Class 1 Generation 1 - identifikátor může být také naprogramovaný ve výrobě jako u třídy 0, nebo může být zapsán pouze jednou WORM (write once read many) a má také 64 nebo 96 bitů. Detekce chyb v komunikaci je řešená stejně jako u třídy 0. Blokace pro další komunikaci probíhá příkazem kill, ale heslo pro tento příkaz je zabezpečen pouze 8 bity. Rychlost čtení je 200 tagů za sekundu probíhající na frekvenci 13,56 MHz, 860 až 960 MHz. [2]

EPCglobal Class 1 Generation 2 - identifikátor je programovatelný a může obsahovat i další paměť s celkovou velikostí až 496 bitů, která může být chráněna přístupovým heslem o velikosti 32 bitů. Tato třída umožňuje kromě blokace tagu pro další komunikaci příkazem kill, také dočasné zablokování paměti nebo její části příkazem lock. Řeší také zabezpečení komunikace mezi tagem a čtecím zařízením. Rychlost čtení je až 1600 tagů za sekundu. Tato třída nahrazuje obě předchozí a odpovídá normě ISO/EIC 18000-6C. [2]

U ostatních tříd, které se zabývají semiaktivními, semipasivními a aktivními tagy, definovány až do třídy 5, zatím nedochází k jejich praktickému rozšíření. [25]

2.1.5. Standardy v RFID systémech

Standardy v RFID systémech jsou stejně důležité jako v ostatních odvětví průmyslu. Definování standardů zaručujeme vzájemnou kompatibilitu zařízení různých jednotlivých

výrobci RFID zařízení, také tím předcházíme možnému vzájemnému rušení a rušení jiných zařízení než RFID.[20]

Standard	Popis
ISO 18000	Standard pro použití RFID v letectví.
ISO 18000-1	Standard popisuje obecné parametry RFID
ISO 18000-2	Standard popisuje parametry pro rozhraní <135 kHz.
ISO 18000-3	Standard popisuje parametry pro rozhraní 13,56 MHz.
ISO 18000-4	Standard popisuje parametry pro rozhraní 2,54 GHz.
ISO 18000-5	Standard popisuje parametry pro rozhraní 5,8 GHz.
ISO 18000-6	Standard popisuje parametry pro rozhraní 860 až 930 MHz.
ISO 18000-7	Standard popisuje parametry pro rozhraní 433 MHz (ve vývoji).
ISO 7816	Standard pro kontaktní čipové karty.
ISO 7816-1	Standard popisuje elektrické a mechanické vlastnosti karet.
ISO 7816-2	Standard popisuje velikost, pořadí, umístění a funkčnost kontaktních oblastí karty.
ISO14443	Standard pro bezkontaktní karty pracující na frekvenci 13,56 MHz se čtecím rozsahem do 15 cm.
ISO 15693	Standard pro bezkontaktní karty pracující na frekvenci 13,56 MHz se čtecím rozsahem od 1 m do 1,5 m
ISO 11784	Standard pro RFID identifikaci zvířat. Popisuje strukturu kódu v tagu.
ISO 11785	Standard pro RFID identifikaci zvířat. Popisuje přenosový protokol.

Tab. 1: Standardy pro RFID [20]

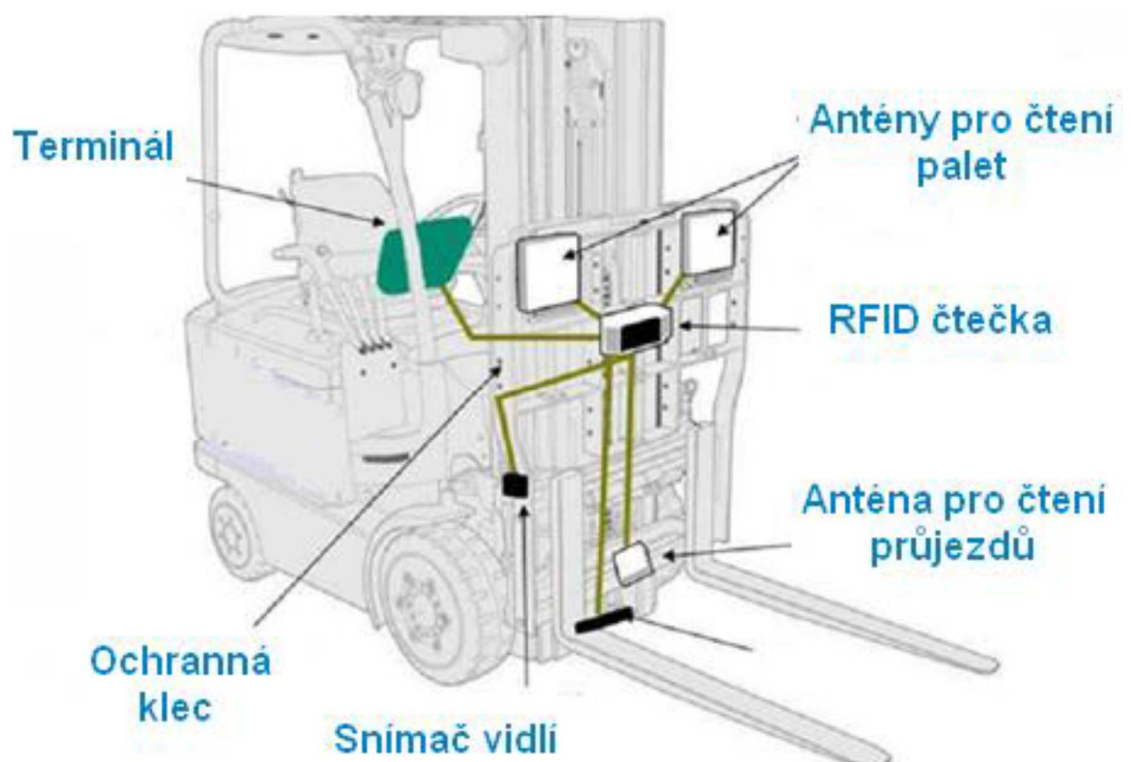
2.2. RFID čtecí zařízení – reader (čtečka)

RFID čtecí zařízení, neboli čtečky, vytvářejí spojení mezi tagem a podnikovým systémem. Toto zařízení v základním provedení má několik funkcí. Vysílá rádiové vlny a tím dodává potřebnou energii pasivním tagů. Následně přijímá signál, obsahující informace, vyslaný tagem. V případě Read-Write tagů lze i čtečkou zapsat informace pomocí příkazů. Získané informace zpracuje, provede základní filtrace dat, vybavenější čtečka provádí anti

kolizní opatření při čtení více tagů najednou s možností šifrováním dat atd. Podoba čteček je různorodá, podle využití může být stacionární nebo mobilní.

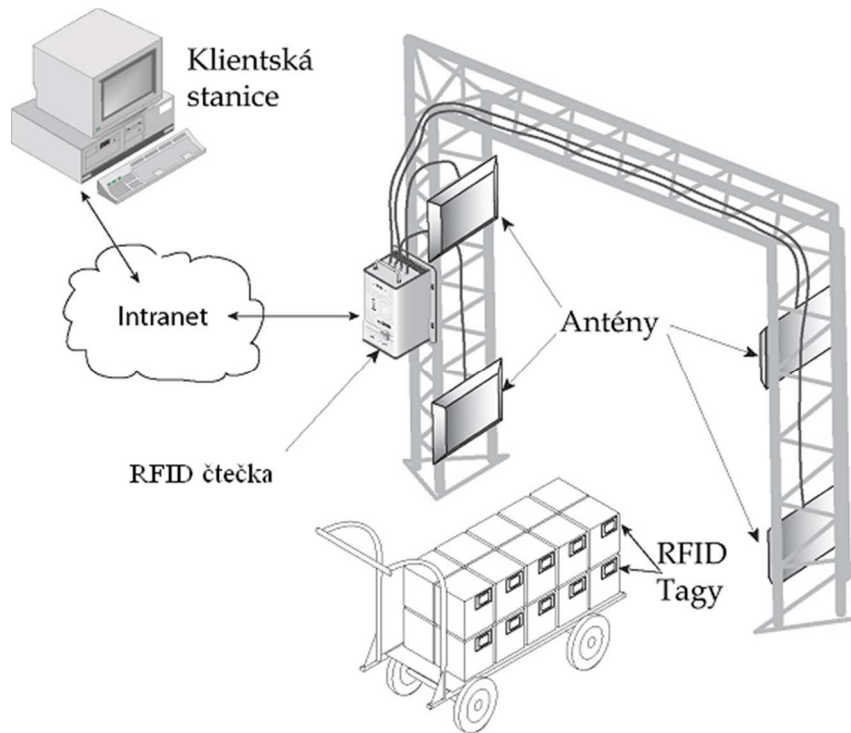
2.2.1. Stacionární čtečky

Stacionární čtecí zařízení se uplatňují u dopravních linek nebo jako čtecí brána, kde je umožněno připojení více antén, a tím je zajištěno pokrytí prostoru signálem. Standardně jsou pevně vestavěné, tedy nepřenosné, například při vstupu do skladu nebo na vysokozdvizných vozících. [20]



Obr. 17: Stacionární RFID čtečka na vysokozdvizném vozíku. [20]

Obrázek 18 znázorňuje stacionární RFID terminál s několika anténami v provedení čtecí brány pro průjezd zboží s několika tagy současně. Externí antény rozložené po obvodu brány zajišťují dostatečně silný signál pro všechny tagy.



Obr. 18: Schéma stacionární RFID brány s několika anténami. [15]

2.2.2. Mobilní čtečky

Mobilní provedení čtecího zařízení bývá v podobě mobilního terminálu, doplněné čtením čárového kódu, připojitelné k počítačům pomocí RS232, USB, technologií Wi-Fi, nebo Bluetooth. Z tohoto důvodu tyto čtečky jsou jako mikro počítače s určitým operačním systémem. Na obrázku 19 je příklad mobilního RFID terminálu i s možností čtení čárových kódů komunikující pomocí Wi-Fi s operačním systémem Microsoft Windows Mobile 6.1.



Obr. 19: Mobilní terminál Motorola MC9090-G. [14]

3. Hardware a software pro RFID technologii

3.1. Hardware

Vývoj trendu dnešních technologií vede k zrychlování procesů a snižování nákladů, proto se RFID technologie jeví jako ideální prostředek k těmto podmínkám. Bezkontaktním sledováním objektů v reálném čase s možností hromadného čtení v jeden okamžik a následné odeslání dat do podnikové sítě, činí tuto technologii výjimečnou, přímo se nabízející téměř ve všech odvětvích. Náklady na zavedení této technologie jsou přiměřené přínosu s ohledem dlouhodobějšího využití, je přínos několikanásobný. Pořizovací náklady na označování objektů tagem se dnes pohybují v řádech halířů. Z tohoto důvodu se nemusí projevit náklady na celkové výsledné ceně výrobku.

Diplomovou práci jsem zaměřil na docházkový systém, proto i hardware a software směřuji touto problematikou.

3.1.1. RFID čtečka

Pro záměr docházkového systému dostačuje základní OEM RFID čtečka, kterou lze připojit k počítači prostřednictvím rozhraní RS232, nebo USB.

Využil jsem předešlého výběru z mé bakalářské práce a použil jsem dostupnou OEM čtečku ACR120 (obr. 21) s kompletním vývojovým balíčkem pro programátory a vývojáře v oblasti bezkontaktních čipových karet (obr. 21). Balíček obsahuje nejen čtečku ACR120, ale i pět Mifare karet, jednu kombinovanou kartu a dokumentaci včetně základních zdrojových kódů.

V případě použití OEM čtečky je zapotřebí zajistit některé funkce Middleware. Tyto čtečky bohužel nejsou vybaveny Middleware. Proto je důležité neopomenout tyto funkce a zajistit alespoň ty základní na straně počítače v příslušném software pomocí zdrojového kódu.



Obr. 20: ACR120 OEM RFID modul RS-232. [16]



Obr. 21: ACR120 SDK. [17]

3.1.2. Rešerše mini PC pro server

Podmínky pro výběr potřebného počítače, na kterém bude fungovat operační systém a potřebný software pro správnou funkci aplikace, nejsou zdaleka nějak zvlášť náročné. Jedná se především o operační systém Microsoft Windows, kde je zapotřebí databázový server, například Microsoft SQL.

Těmto podmínkám dostatečně vyhovují mini počítače s operačním systémem Microsoft Windows a minimálními parametry: CPU 1GHz, RAM 1GB, HDD 2GB a USB připojení. Tyto mini počítače mají několik předností: jsou prostorově nenáročné, jejich vlastní spotřeba je v řádech desítek wattů, pořizovací cena včetně operačního systému je menší, než klasický stolní počítač nebo notebook.

Na základě těchto podmínek jsem zmapoval český trh a vybral několik dostupných produktů nejen podle ceny, ale i celkové výbavy:

1. ASUS EeeBox EB1007-B0557 je miniaturní, účinný a energeticky málo náročný počítač s parametry:

- jedno jádrovým procesorem Intel Atom D410 (1.66 GHz, 512K cache)
- RAM DDR2 2 GB
- HDD 320 GB
- Windows 7 Home Premium
- Cena ke dni: 19. 3. 2013 je 6089,- Kč s DPH



Obr. 22: ASUS EeeBox EB1007-B0557 [21]

2.Lenovo IdealCentre Q180 je nettop s úsporným procesorem o parametrech:

- Dvou jádrový procesor Intel Atom D2550 (1,86 GHz, 1 MB cache)
- RAM DDR3 2 GB
- HDD 500 GB
- Windows Home Premium 64bit
- Cena ke dni: 19. 3. 2013 je 6333,- Kč s DPH



Obr. 23: Lenovo IdealCentre Q180 [22]

3. ASUS EeeBox PC EB1501P je miniaturní osobní počítač s parametry:

- Dvou jádrový procesor Intel Atom D525 (1,8 GHz, 1 MB cache)
- RAM DDR3 2 GB
- HDD 320 GB
- Windows Home Premium 64bit
- Cena ke dni: 19. 3. 2013 je 6391,- Kč s DPH



Obr. 24: ASUS EeeBox PC EB1501P [23]

Vyvíjející se trend malých a úsporných počítačů směřuje k mini počítačům velikosti flash disku s operačním systémem Android. Tyto mini počítače pro běžné využití v domácnosti dostatečně vyhovují pro běžné aplikace, jako je poslech hudby, prohlížení internetu, přehrávání videí atd. Bohužel zatím nelze na tomto zařízení provozovat operační systém Microsoft Windows i z důvodu toho, že to není plnohodnotný počítač. Proto nelze na tomto mini počítači provozovat server s potřebnými aplikacemi pro správnou funkci docházkového systému. V každém případě stojí tento mini počítač za úvahu, nejen z důvodu nákladů na pořízení, ale i z důvodu poměru výkonu celého zařízení a spotřeby, která je opravdu minimální (například pro RikoMagic MK802 III je napájení z USB – 5V, 1A).

4. RikoMagic MK802 III je mini počítač o velikosti flash disku s parametry:

- Dvou jádrový procesor RockChip MK3066 (1,6 GHz)
- RAM 1 GB
- 8 GB flash paměť

- Google Android 4.1 Jelly Bean
- Cena ke dni: 19. 3. 2013 je 2049,- Kč s DPH



Obr. 25: RikoMagic MK802 III [24]

Pro účely potřebné na docházkový systém vyhovuje i nejlevnější mini počítač ASUS EeeBox EB1007-B0557, ale z důvodů lepších parametrů a velmi malého cenového rozdílu navrhuji Lenovo IdealCentre Q180.

3.2. Software

Různorodý RFID software je uplatňován ve všech možných odvětvích. Téměř v každém provedení je software založen na spojení s databází. Načtená data RFID čtečkou se posílají buď přes Middleware, nebo přímo do systému, kde přijímá data software, který přijatá data zpracuje a uloží do databáze.

Podobně je tomu i u docházkových systémů, na které se zaměřím za účelem návrhu a vytvoření aplikace pro evidenci docházky. Přiblížím zde dva docházkové systémy z nabídky českého trhu. První docházkový systém Alveno je od firmy IReSoft, s.r.o. Moderní provedení docházky s uživatelsky příjemným prostředím a sofistikovaným systémem. Druhý docházkový systém osobně využívám každý pracovní den.

Alveno docházkový systém nepatří mezi ty nejlevnější, ale ani ne mezi nejdražší. Dodávaný software na první pohled po přihlášení zaujme přehlednými velkými ikonami a na pravé straně informačním panelem.



Obr. 26: Alveno – úvodní panel.

Bohužel, ne vždy jsou tyto velké ikony jednoznačné a korespondující s následně otevřeným oknem. Pod tlačítkem „docházkové záznamy“ se ukrývá přehled jednotlivých zaměstnanců s jejich docházkou. Následuje ikona „přístupové záznamy“, která zobrazuje přehled pohybů v předem definovaných zónách jednotlivých zaměstnanců. Zpracování výkazů je přehledný souhrn jednotlivých zaměstnanců o každodenní odpracované době včetně měsíčního souhrnu docházky s možností tisku. Bohužel ve verzi DEMO nejsou aktivní všechny možné nabídky. Zaměstnanci představují seznam všech zaměstnanců, kde lze mazat, přidávat a také editovat informace o jednotlivých zaměstnancích na takzvané kartě zaměstnance. Pod číselníky se ukrývá opravdu mnoho. Zajímavé jsou pracovní skupiny, které představují pracovní režim docházky. Tedy zde se definují různé směny, časy příchodů a odchodů, zaokrouhlování časů, nastavení příplatků a mnoho dalších parametrů.

Zpracování výkazů

Měsíční výkaz za únor 2013

Den	Směna	Přerušení	Výjimky	Poznám...	Celkem	Přesčas	Noční	So+Ne	Svátky	Přestávky
31.1.										
1	P (5:52 - 15:15)				8:30					0:30
2										
3										
4	P (5:59 - 15:22)				8:30					0:30
5	P (5:50 - 15:25)				9:00					0:30
6	P (5:48 - 14:54)				8:30					0:30
7	P (5:52 - 14:33)				8:00					0:30
8	P (5:56 - 14:37)				8:00					0:30
9										
10										
11			DOV (8:00)		8:00					
12			DOV (8:00)		8:00					
13			DOV (8:00)		8:00					
14			DOV (8:00)		8:00					
15			DOV (8:00)		8:00					
16										
17										
18	P (5:59 - 15:05)				8:30					0:30
19	P (5:56 - 14:49)				8:00					0:30
20	P (5:56 - 16:03)				9:30					0:30
21	P (5:47 - 14:44)				8:00					0:30
22	P (5:47 - 15:40)				9:00					0:30
23										
24										
25	P (5:47 - 16:03)				9:30					0:30
26	P (5:58 - 15:34)				9:00					0:30
27	P (5:50 - 14:48)				8:00					0:30
28	P (5:47 - 15:08)				8:30					0:30
1.3.										
Celkem:					168:30					
+/-:					8:30					

Zaměstnanec: **Novák Josef**
 Provoz: **První (První)**
 Pracovní skupina: **Průžná**
 Záznamy ze čtečky:

Den	1.	2.	3.	4.	5.
Tento	→P 05:52	→O 15:15			

Souhrn:
 Přenos: 0:00 Odpracovaná doba: 128:30
 Celkem: 168:30 Dní: 15
 Fond: 160:00 Saldo k 28.2.: 8:30
 +/-: 8:30 Aktuální saldo: 3:00
 Proplaceno: 0:00 Zbývá dovolené: 15
 Převádí se: 0:00

Přesčas:
 Převezen: 0:00
 Celkem: 0:00
 Proplacen: 0:00
 Převádí se: 0:00

Příplatky:
 Noční: 0:00
 So + Ne: 0:00
 Svátek: 0:00

Volitelné položky:
 Stravenky: 15
 Telefon: 280

Výjimky:

Výjimka	Dní	Hodin
DOV	5	40:00

Operace... Zavřít

Obr. 27: Alveno – zpracování výkazů.

Karta zaměstnance

Karta zaměstnance

Základní informace
 Ostatní údaje
 Poznámka

Osobní údaje zaměstnance

Jméno: Petr Příjmení: * Starý Titul:
 Osobní číslo: * 002
 Rodné číslo: / Datum narození: 1. 1. 1800

Zařazení zaměstnance

Středisko: První Pracovní pozice:
 Provoz: První

Status

Status: Aktuální Datum nástupu: 1. 9. 2012

Přehled pracovních úvazků:

Datum od	Datum do	Pracovní skupina	Pracovní úvazek	Typ úvazku
1.9.2012		2-směnná	1,0000 (38:45)	Hlavní

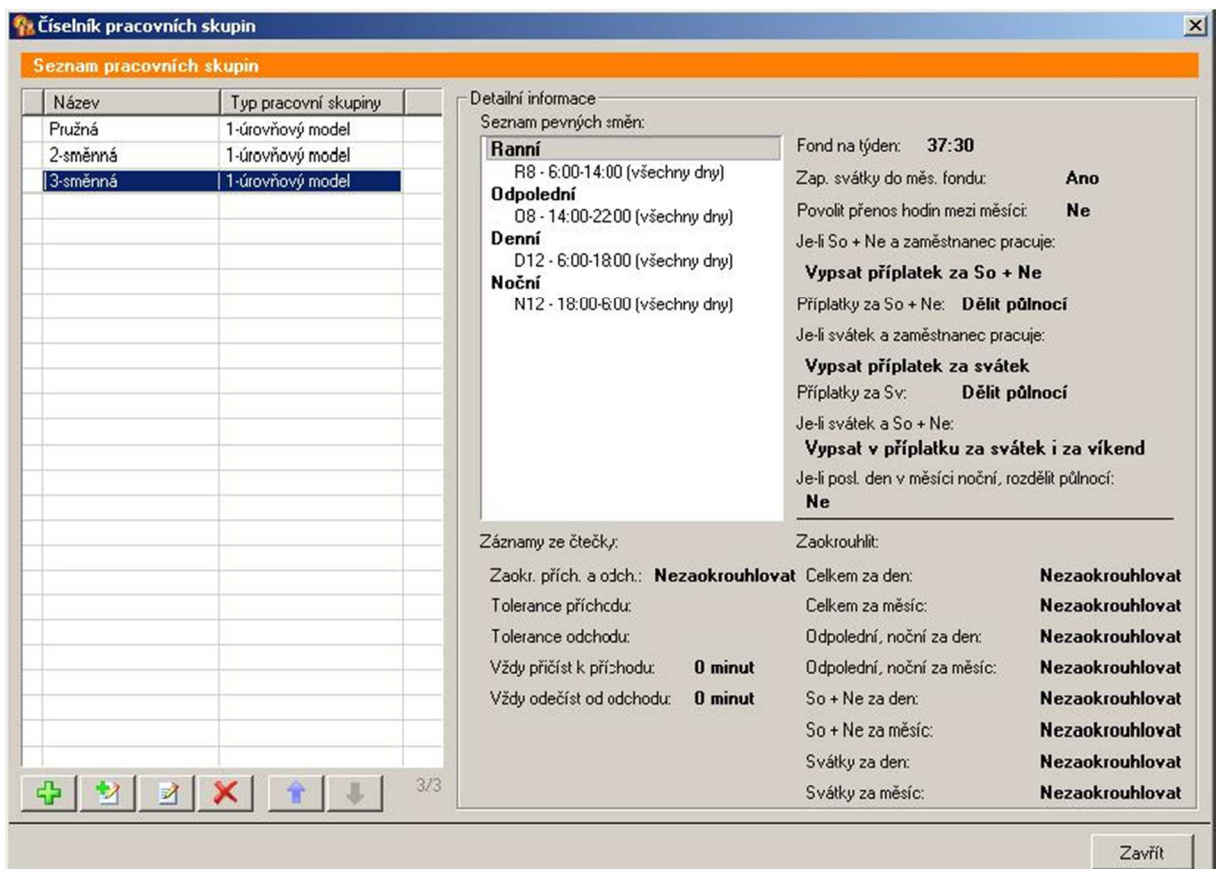
Změněno: 12.9.2012 14:40
 Zapsal: Novák Josef 1/1

OK Storno

Obr. 28: Alveno – karta zaměstnance.



Obr. 29: Alveno – číselníky.



Obr. 30: Alveno – směny.

Tento docházkový systém má mnoho funkcí, ne vždy jsou úplně zřejmé, ale pro náročného zaměstnavatele je to možnost nastavení systému na míru.

Každodenně přicházím do styku s docházkovým systémem ASEP od společnosti ANeT, který využívám v pracovním nasazení. Na obrázku 31 je vidět úvodní okno webového rozhraní po přihlášení. Na dalším obrázku 30 je vidět přehled docházky se sumarizací hodin. Tento systém je aplikován pro tisíc zaměstnanců se třemi průchodovými terminály a dvěma mobilními terminály. Tento systém je spolehlivý, ale bohužel uživatelské prostředí není přirozeně intuitivní. Je třeba dobře nastudovat návod, pro základní orientaci v systému. Výhodou je intranetové rozhraní, které lze otevřít v mnoha elektronických zařízeních.



Obr. 31: Docházkový systém ASEP od společnosti ANeT.

Den	Průchody				Odprac.	Oml. abs.	Saldo		
1 Pátek	05:43 PĚ	13:03 O NV			6:15	(1:45)	-1:15		
2 Sobota									
3 Neděle									
4 Pondělí	06:42 PĚ	16:05 O			8:30	(1:30)	1:00		
5 Úterý	05:53 PĚ	16:07 O			9:00	(1:00)	1:30		
6 Středa	05:53 PĚ	13:09 O NV			6:30	(1:30)	-1:00		
7 Čtvrtek	05:36 PĚ	16:05 O			9:00	(1:00)	1:30		
8 Pátek	! 05:55 PĚ	! 05:55 O NV				(8:00)	-7:30		
9 Sobota									
10 Neděle									
11 Pondělí	06:39 PĚ	14:28 O			7:00	(1:15)	-0:30		
12 Úterý	05:50 PĚ	17:22 O			10:15	(1:00)	2:45		
13 Středa	06:33 PĚ	13:05 O			5:45	(0:30)	-1:45		
14 Čtvrtek	05:48 PĚ	12:57 O SP	13:18 PĚ	15:56 O	8:00	0:45 (1:00)	1:15		
15 Pátek	05:51 PĚ	11:56 O			5:15	(0:30)	-2:15		
16 Sobota									
17 Neděle									
18 Pondělí	06:39 PĚ	12:23 O	14:26 PĚ	16:08 O	6:15	(0:30)	-1:15		
19 Úterý	06:05 PĚ	17:37 O			10:15	(1:00)	2:45		
20 Středa	05:52 PĚ	15:00 O			8:15	(0:30)	0:45		
21 Čtvrtek	05:52 PĚ	15:35 O			9:00	(0:30)	1:30		
22 Pátek	! 05:55 PĚ	! 05:55 O SV				7:30			
23 Sobota									
24 Neděle									
25 Pondělí	SV					7:30			
26 Úterý	07:05 PĚ	16:28 O			8:30	(0:30)	1:00		
27 Středa	05:53 PĚ	14:25 O			7:30	(0:30)			
28 Čtvrtek	! 05:55 PĚ	! 05:55 O SV				7:30			
29 Pátek	! 05:55 PĚ	! 05:55 O NV				(8:00)	-7:30		
30 Sobota									
31 Neděle									
1 Pondělí									
Fond dle plánu směn:					21 dní	157:30 hod.	125:15	23:15	-9:00
Převod z minulého měsíce:					19:15	Převod do dalšího měsíce: 10:15		(30:30)	(10:15)
					Saldo v příštím měsíci: 10:15				
Účet	Mzdové složky a příplatky	Spočteno	Hodiny	Směny					
	Náhradní volno		20:00	2					
	Odpracováno		125:15	16					
	Služeb. poch.		0:45						
	Přestávka na odpočinek		10:30						
111	Studijní volno		22:30	3					

Obr. 32: Docházkový systém – přehled.

Důležitý faktor u docházkových systémů je uživatelské prostředí. Mnoho produktů je zaměřeno na funkční možnosti, které dělají systém mnohdy i zbytečně složitý. Výsledný měsíční přehled zaměstnanců je podobný, ne-li totožný u několika docházkových systémů současně. Proto převážně cenové rozdíly docházkových systémů jsou odvozeny na základě uživatelského pohodlí a na provedení přístupových panelech. Naneštěstí nelze říct, že nějaký docházkový systém je tím nejlepším, protože každá společnost má jiné podmínky pro provoz docházkového systému.

4. Návrh programového řešení

4.1. Návrh

Návrhem programového řešení je docházkový systém ve spojení s OEM RFID čtečkou na kmitočtu LF (nízká frekvence – 125kHz) pro bezkontaktní karty Mifare 1KB. Docházkový systém bude řešit příchody a odchody zaměstnanců menší firmy. Při vstupu zaměstnanců do firmy bude naistalována čtečka RFID karet a informační panel s možností volby odchodu. Každý zaměstnanec při průchodu přiloží kartu ke čtečce a tím potvrdí příchod nebo odchod případně zvolený důvod odchodu. Čtečka odešle data do systému, který data zpracuje a uloží do databáze. Jestliže zaměstnanec průchod za den neučiní z jakéhokoliv důvodu, bude mu správcem docházky výkaz doplněn, podobně jako při nepřítomnosti typu dovolená, nemoc, služební cesta, atd. Zaznamenaná data docházky zaměstnanců se vyhodnotí z databáze a pomocí systému se vytvoří měsíční přehled působení jednotlivých zaměstnanců. Měsíční přehled působení zaměstnanců se využije v oblasti personalistiky pro výkaz mezd.

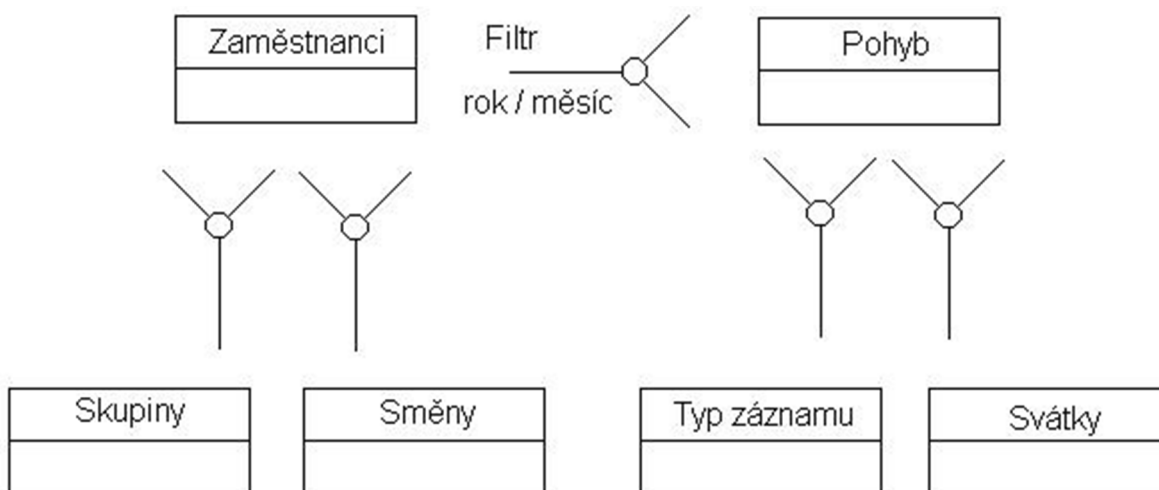
Každý zaměstnavatel má jiné představy a jiné podmínky pro řádnou docházku. Ovšem zaměstnavatel je limitován zákoníkem práce, který ze zákona musí respektovat. Proto je třeba možnosti docházkového systému prvotně určit dle daného a platného zákona (zákon č. 62/2006 Sb., zákoník práce).

Vzhled docházkového systému by měl být uživatelsky příjemný, logicky s intuitivním ovládním. Docházka by měla obsahovat přehledy zaměstnanců a k nim spojenou docházku, přehled skupin, měsíční přehled, variabilitu směnných provozů, seznam státních svátků a mimo jiné data filtrovat podle roku a měsíce. Dále jsou třeba možnosti editace pro různá data, která mohou případně ovlivňovat pouze správci systému. Proto je třeba rozlišovat přihlášeného uživatele do systému na základě přiděleného oprávnění.

Součástí RFID čtečky by měl být i zadávací a informační panel na kterém lze zadat důvod odchodu a možnost vizuálně zkontrolovat údaje spojené s bezkontaktní kartou.

4.2. Návrh datového modelu

Návrh datového modelu vychází ze dvou základních datových entit, kde první základní entitou je tabulka zaměstnanců s jejich údaji a zařazením. Druhá základní entita je tabulka pro sledování docházky zaměstnanců, tedy jednotlivé pohyby - záznamy vytvořené RFID čtečkou, přiřazené k jednotlivým zaměstnancům. Na tyto dvě základní tabulky je nutno připojit i další tabulky, které budou definovat ostatní parametry. K první základní tabulce zaměstnanci je třeba připojit tabulku skupin, do kterých se budou řadit jednotliví zaměstnanci. A také u zaměstnanců je třeba určit směnu, proto je třeba další tabulka pro směny. K druhé základní tabulce pohyb je třeba přidat tabulku pro určení typu záznamu. K druhé základní tabulce pohyb je třeba přidat tabulku pro určení typu záznamu.



Obr. 33: Návrh základního datového modelu.

Tento návrh základního datového modelu poslouží k dalšímu vývoji a propojení ostatních tabulek, tedy k vytvoření potřebných databázových relací. Pohyb zaměstnanců bude filtrován podle roku a měsíce, jak vystihuje daný model.

5. Řešení evidence v jazyku C# s propojením na databázový systém

5.1. Řešení docházkového systému

Docházkový systém jsem řešil v programovacím jazyku C# z důvodu vysoké úrovně programování a moderního silného nástroje, který ovládám. Celý systém pracuje s daty

z databázového systému MySQL, nebo Microsoft SQL. Systém je funkčně zaměřený na nejrozšířenější platformu operačního systému Microsoft Windows.

Při řešení docházkového systému jsem vycházel z návrhu a doplňoval vzniklými nedostatky potřebnými ke správné funkčnosti systému. Celý systém jsem se snažil udělat uživatelsky příjemný a logický pro snadnou orientaci v programu. Pro uživatele docházkového systému jsem vytvořil podrobný návod, který je součástí přílohy.

5.1.1. Docházka

Docházkový systém je funkčně rozdělený na dva samostatné programy. První program je docházka, kde jsou přehledy: zaměstnanců, vlastní docházky jednotlivých zaměstnanců, skupin, směn a také svátků. Přehled zaměstnanců umožňuje přístup k jednotlivému zaměstnanci a s ním spojené osobní informace včetně skupinového zařazení, přístupových práv programu, počtu dnů dovolené a směnové zařazení. Údaje lze měnit, přičemž je kontrolována duplicita a úplnost všech dat. Přehled vlastní docházky zaměstnance je zobrazen po označení daného zaměstnance, kde jsou zobrazeny jednotlivé záznamy z RFID čtečky. Tyto záznamy lze také manuálně upravovat, po zásahu uživatelem jsou změněné záznamy zbarveny červeně. Z důvodu kontroly je zaznamenáváno do databáze, kdo a kdy provedl změnu údajů. V přehledu docházky na pravé straně je souhrn jednotlivých hodin a dnů, rozdělených podle aktuálního zákoníku práce. V tomto přehledu je také dopočítaný případný přesčas a zbývající dovolená za daný rok.

V horní části programu lze filtrovat data podle roku a měsíce. Nad těmito filtry je menu, které obsahuje několik dalších nabídek. Některé z těchto nabídek, například zaměstnanci a docházka, lze vyvolat také přímo dvojitým poklepem na určitou položku v přehledech. Další nabídka v menu - tisk sestavy, vygeneruje měsíční přehled docházky a souhrn dnů a hodin do webové stránky, která se zobrazí ve výchozím internetovém prohlížeči, ze kterého lze přehled jednoduše vytisknout. Nabídka nástroje v menu nabízí několik možností. Nastavení zobrazí možnosti pro komunikaci se čtečkou pro definování asociace RFID karty k zaměstnanci a pro nastavení zaokrouhlování hodin v systému včetně časové korekce příchodů a odchodů. Nabídka směny libovolně definuje směnný provoz, lze tedy definovat i vícesměnné provozy. Skupiny definují zařazení zaměstnanců. Jednotlivým

skupinám můžeme přidělovat správce, který bude mít přehled nad celou skupinou s možností úpravy dat. Poslední nabídka v nástrojích svátky, určuje a mění jednotlivé svátky v roce s možností každoročního opakování.

. Skupiny umožňují zařazení zaměstnanců na daná pracoviště a přehled nadřízených zaměstnanců nad oprávněnými skupinami.

Příjmení	Jméno	RFID karta	Aktivní	Skupina	Den	Čas	Důvod	Doba	Pracovní režim
administrator	administrator	0	Ano	administr...	pá - 01.03.	05:46	Príchod		ranní
Zuza	Martin	9C E8 5...	Ano	administr...	pá - 01.03.	11:56	Přestávka	06:00:00	
Novák	Petr	AE 8F 4...	Ano	Zamestrn...	pá - 01.03.	12:26	Príchod		
					pá - 01.03.	14:05	Odchod	01:45:00	
					ne - 03.03.	06:00	Príchod		ranní
					ne - 03.03.	12:00	Přestávka	06:00:00	
					ne - 03.03.	15:00	Odchod	02:30:00	
					po - 04.03.	06:11	Príchod		ranní
					po - 04.03.	12:11	Přestávka	06:00:00	
					po - 04.03.	12:41	Príchod		
					po - 04.03.	14:22	Odchod	01:45:00	
					út - 05.03.	05:55	Príchod		ranní
					út - 05.03.	11:55	Přestávka	06:00:00	
					út - 05.03.	12:25	Príchod		
					út - 05.03.	14:16	Odchod	02:00:00	
					st - 06.03.	05:53	Príchod		ranní
					st - 06.03.	11:53	Přestávka	06:00:00	
					st - 06.03.	12:23	Príchod		
					st - 06.03.	14:37	Odchod	02:15:00	
					čt - 07.03.	06:00	Príchod		ranní
					čt - 07.03.	12:00	Dovolená	06:00:00	
					pá - 08.03.	05:50	Príchod		ranní
					pá - 08.03.	11:50	Přestávka	06:00:00	
					pá - 08.03.	12:20	Príchod		
					pá - 08.03.	14:55	Odchod	02:30:00	
					po - 11.03.	06:00	Príchod		ranní
					po - 11.03.	13:30	Dovolená	07:30:00	
					út - 12.03.	06:00	Príchod		ranní
					úř - 12.03.	12:30	Dovolená	07:30:00	

Obr. 34: Docházka – přehled zaměstnanců a docházky.

Při definování směn je možnost definovat automaticky generování přestávky po určitých hodinách i délku přestávky z důvodu bezpečnosti práce. Počet režimů není stanoveno z důvodu možnosti přizpůsobení docházky na míru.

Směny		
Název	Přestávka po	Délka přestávky
Jednosmenný	6	0:30
Dvousmenný	4:30	0:30
Trísmenný	4:30	0:30

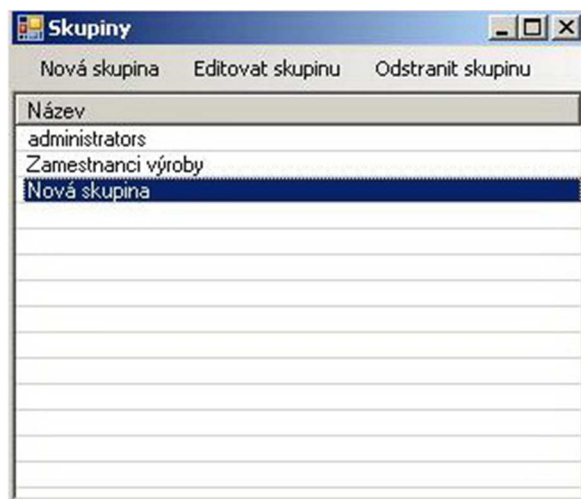
Režimy		
Název	Od	Do
Ranni	06:00	14:00
Odpoledni	14:00	22:00

Obr. 35: Směny.

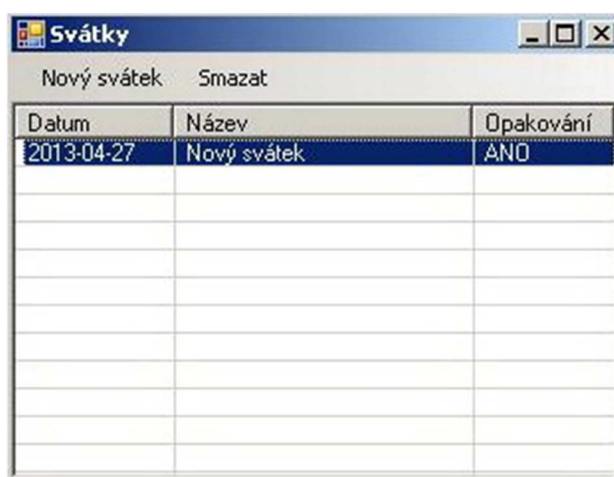
Editace zaměstnanců obsahuje několik základních údajů, z nichž je jeden i RFID karta. Pomocí tlačítka Změna RFID karty je vyvoláno okno, které naváže komunikaci se čtecím zařízením a načte k danému zaměstnanci novou RFID kartu. Nastavení komunikace je řešeno v samostatném okně Nastavení, kde lze nastavit komunikační port a komunikační rychlost.

Oprávnění skupin	
Název	
<input checked="" type="checkbox"/> administrators	
<input type="checkbox"/> Zaměstnanci výroby	
<input type="checkbox"/> Nová skupina	

Obr. 36: Editace zaměstnance.



Obr. 37: Skupiny.



Obr. 38: Svátky.

Výstup měsíčního přehledu docházky zaměstnance je generován do html souboru, který je následně otevřen ve výchozím internetovém prohlížeči. Tento soubor lze uložit, nebo vytisknout s možnostmi internetového prohlížeče.

5.1.2. Přístupový panel

Přístupový panel docházky je druhý program, který je trvale spojen se čtečkou a zaznamenává události vyvolané RFID kartou přiloženou ke čtečce. Zaznamenávané události jsou zpracované, uloženy do databáze a následně zobrazené na panelu docházky. V případě klasického odchodu a příchodu není třeba cokoli manuálně definovat a daná událost je zobrazena na panelu společně s datem, jménem a příjmeními přiřazeného vlastníka RFID

karty. Pro případ odchodu jiného, než klasického ukončení pracovní směny, lze zvolit jeden z předdefinovaných odchodů před přiložením RFID karty ke čtečce. Nelogická událost je zvýrazněna červeně s nutností manuální volby, kde logické události jsou zvýrazněny zelenou barvou na tlačítkách. Tento panel je přizpůsoben pro zobrazení, jak na dotykovém displeji, tak na normálním displeji, kde lze zadávat jednotlivé důvody pohybu pomocí numerické klávesnice.

Docházka

Jméno: Příjmení:

Datum:

Důvod:

Přiložte kartu na čtecí zařízení

Zvolte důvod odchodu

Důvod

1 - Příchod

2 - Odchod

3 - Lékař

4 - Přestávka

5 - Dovolená

6 - Služební cesta

7 - OČR

8 - Nemoc

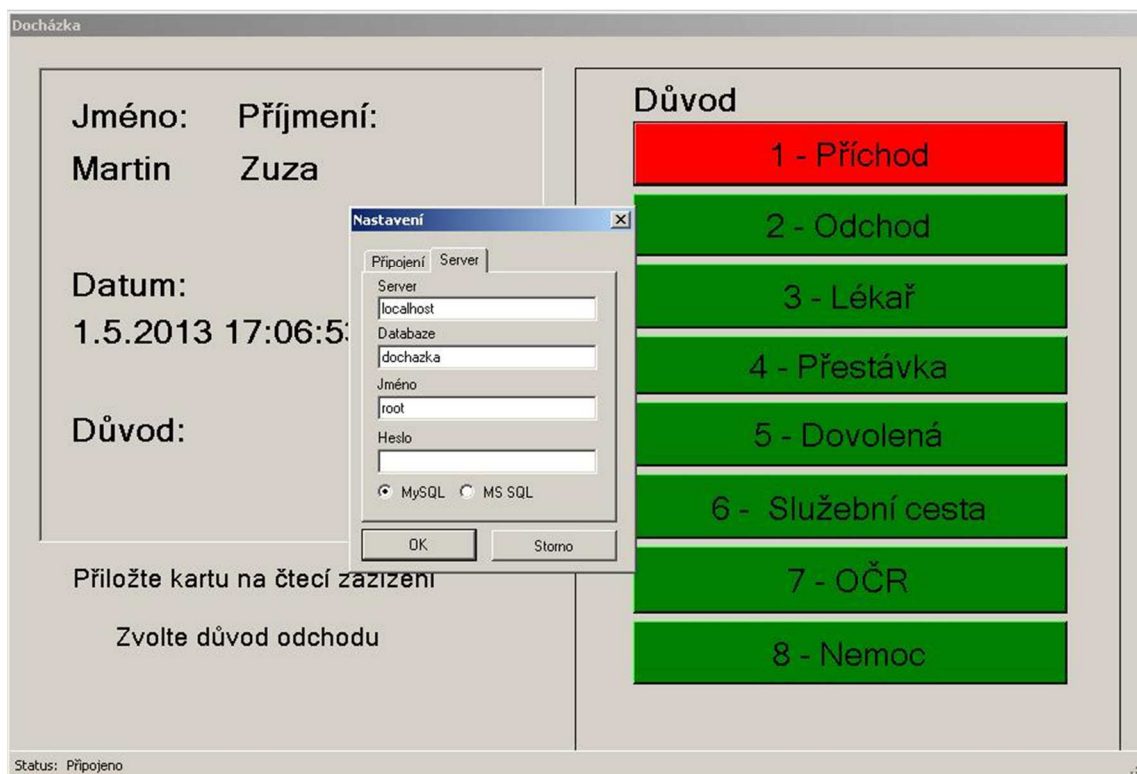
Status: Odpojeno

Obr. 39: Panel docházky.

Ukončení panelu lze dosáhnout pomocí kombinací kláves Alt + k. Podobným způsobem lze vyvolat nastavení (Alt + n), kde jsou možnosti nastavení komunikace se čtečkou a možnost nastavení databázového serveru. V nastavení připojení lze definovat pro komunikaci port a baudrate (přednastaveno COM1 a 9600 bit/s). Pro nastavení databázového serveru je druhá záložka, kde je název serveru, název databáze, jméno a heslo pro přihlášení do serveru a možnost výběru mezi MySQL a MS SQL serverem.

Přístupový panel je schopný vyhodnocovat základní nelogické kroky při zvolení špatného důvodu odchodu nebo příchodu. Při špatně zvoleném důvodu dojde k upozornění

zaměstnance s barevným zbarvením možností, pro nesprávné možnosti je zbarvení červené a naopak pro správné je zbarvení zelené. Tato základní logika nezastupuje administrátora, pouze filtruje a upozorňuje špatně zvolené důvody odchodu či příchodu. Při mimořádných událostí je třeba téměř vždy pro jistotu zkontrolovat přehled docházky a patřičná data upravit.



Obr. 40: Panel docházky – nelogicky zvolený důvod a nastavení.

5.2. Řešení datového modelu

Na reálném relačním datovém modelu docházkového systému (obrázek 36) je znázorněna struktura a propojení tabulek databáze včetně primárních klíčů a cizích klíčů jednotlivých tabulek.

Datový model vychází z návrhu, který bylo nutno doplnit relační tabulkou pro skupiny ve spojení se zaměstnanci a také tabulkou pro doplnění směn.

Jednoznačné určení každého řádku v tabulce je zajištěno primárním klíčem ID, který je datového typu integer (celé číslo) s vlastností auto inkrement (automatický přírůstek). Cizí klíče jsou značeny ve formátu `id_název_cizího_primárního_klíče`.

Relační tabulka zaměstnanců a skupin R_zaměstnanci_skupiny zařazuje zaměstnance do skupin a také slouží pro oprávnění přístupu zaměstnance k daným skupinám, tedy většinou nadřízeného k nějaké skupině nebo skupinám zaměstnanců.

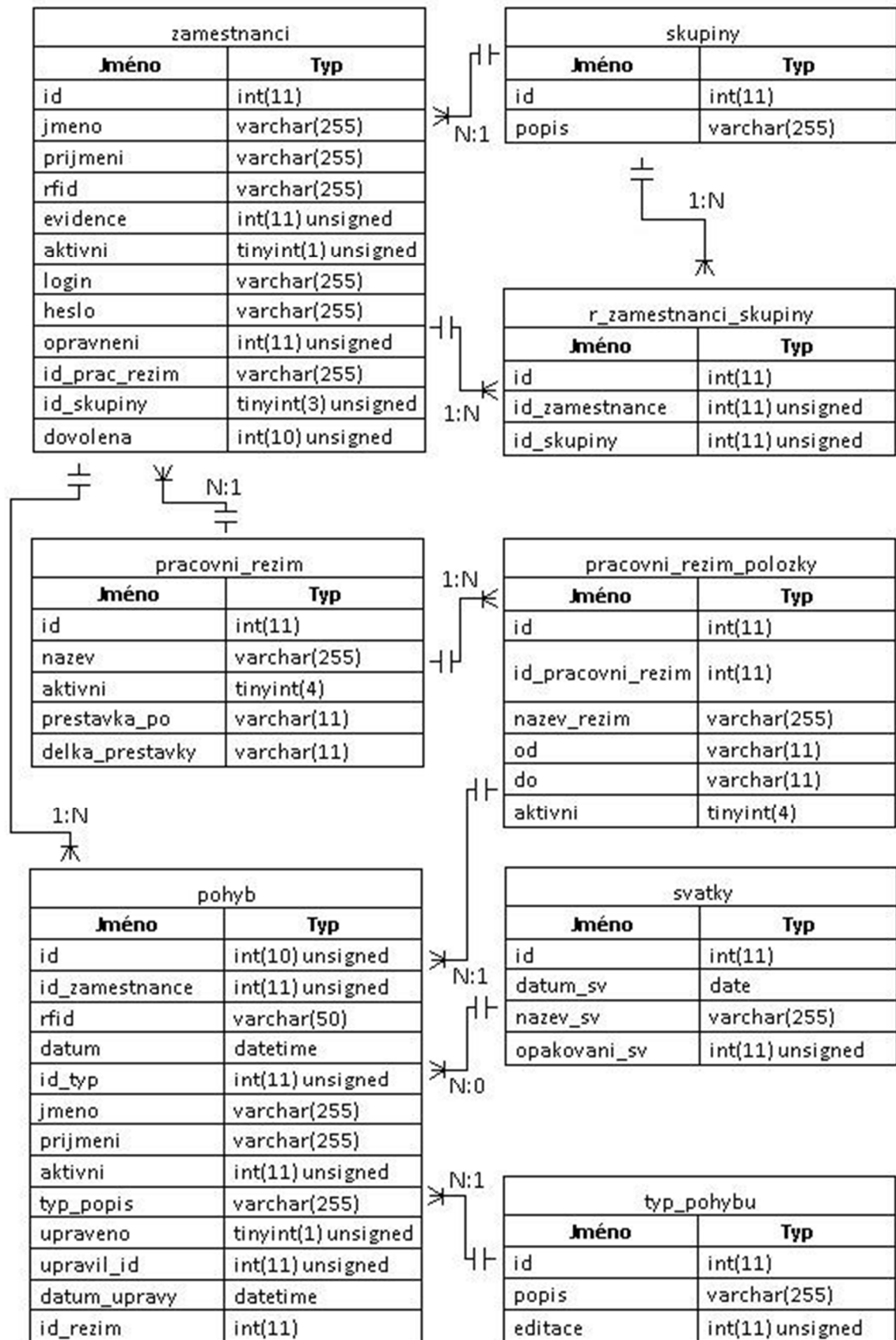
Tabulka pracovní_režim_položky je doplňující tabulka pro směny (tabulka pracovní_režim) z důvodu univerzálnosti nastavování směn, kde k přiřazené směně jsou definované jednotlivé pracovní režimy jako, je například ranní, odpolední atd. Tato tabulka je také propojena s tabulkou pohyb, ve které je na základě času příchodu a odchodu zaznamenaný pracovní režim.

Tabulka zaměstnanci je stěžním pro základní informace o zaměstnancích, jejich přihlašovacích údajů do systému, přidělené RFID bezkontaktní karty, oprávnění v systému, pracovní režim, počtu dnů dovolené a další. Oprávnění zaměstnanců je rozděleno do tří kategorií:

1. oprávnění - zaměstnanec může pouze nahlížet do své docházky,
2. oprávnění – zaměstnanec může nahlížet do skupiny zaměstnanců, pro které má nastaveno oprávnění a může měnit základní údaje, nelze měnit oprávnění zaměstnance a oprávnění skupin a u sebe sama nelze navíc měnit RFID přiřazenou kartu a status aktivní zaměstnanec,
3. oprávnění - zaměstnanec má oprávnění administrátora, tedy úplný přístup.

Druhá významná tabulka je pohyb. Tato tabulka zaznamenává události vyvolané přiložením bezkontaktní RFID karty ke čtečce. Na základě těchto údajů je vyhodnocena měsíční docházka jednotlivých zaměstnanců. Údaje lze měnit, ale při změně se data zbarví červeným textem, který znázorňuje neoriginalitu dat. Při takovéto změně se zapíše, kdo a kdy provedl změnu údajů. Doplňující tabulkou je typ_pohybu, obsahuje události jako je příchod, odchod, služební cesta, nemoc, lékař, přestávka, dovolená, ošetřování člena rodiny a jiné.

Tabulka svátky je doplňující tabulka pro vyhodnocení měsíčního přehledu při práci o svátcích. Svátky lze definovat ručně s možností každoročního opakování. Při každoročním opakování nezáleží na roku záznamu do tabulky.



Obr. 41: Řešení relačního datového modelu.

5.3. Testování

K vývoji softwaru neodmyslitelně patří ověřování funkčnosti, tedy testování. Nelze zaručit testováním absolutně bezchybný běh aplikace, ale platí zde přímá úměra: čím náročnější testování, tím je více zaručeno bez chybného chodu aplikace. Kvalitním testováním lze objevit většinu chyb, které mohou nastat při běžném užívání aplikace. Testování významným způsobem zvyšuje kvalitu softwaru a zároveň zlepšuje uživatelské prostředí.

Funkční testování zjišťuje, zda implementované funkce v aplikaci odpovídají funkčním požadavkům i správnou činností jednotlivých částí.

Po celý průběh vývoje aplikace bylo průběžně prováděno testování na jednotlivých částech zdrojového kódu. Za jednotlivou část kódu je považováno funkce či procedura v případě procedurálního programování, nebo metoda v případě objektově orientovaného programování. Typicky známe vstupní data vstupující do funkce či procedury a na jejich základě očekáváme patřičný výstup. Pokud skutečný výstup odpovídá očekávanému výstupu, je vše v pořádku a můžeme pokračovat, jinak v případě neočekávaného skutečného výstupu je třeba daný zdrojový kód opravit. Tento postup lze opakovat, až k cílenému výsledku.

Takto jednotlivě otestovanou výslednou aplikaci je třeba otestovat jako celek. Pro toto otestování je nevhodnější nasazení aplikace do praxe při sledování a zaznamenávání pozitiv a negativ vzniklých používáním aplikace. Nejprve je zapotřebí samotnému programátoru podrobit aplikaci kognitivním průchodem, který eliminuje nejznatelnější chyby a ušetří uživatele před vynaložením zbytečné energie. Následně vzniklé nedostatky je třeba opravit a dále aplikaci podrobit testu použitelnosti. Pro tento test byli přizváni dva lidé. Oba byli seznámeni s návodem aplikace a následně každý zvlášť byl vyzván k provedení stejných jednotlivých úkolů. Při vykonávání úkolů jsem pouze přihlížel a zaznamenával chování a poznatky jednotlivých uživatelů. Při plnění úkolů nikdo vyloženě netápal, což je známkou srozumitelného návodu a uživatelsky příjemného rozhraní aplikace.

Nasazením aplikace do reálné praxe se projeví i chyby typu výkonnostního. Proto jsem nasadil docházkový systém do zaběhlé firmy o dvaceti zaměstnancích, kde byla řešena

docházka knihou docházky. Při instalaci docházky jsem provedl krátké seznámení a zaškolení s docházkovým systémem se všemi zaměstnanci. Pro případné pozitivní i negativní poznatky jsem zanechal záznamový blok. Po uplynutí určité doby jsem konzultoval aplikaci se správcem a ze záznamů jsem vypracoval nápravu. Převážně se jednalo o kosmetické úpravy typu:

- zobrazovat fond hodin v přehledu,
- zobrazení aktuální zbývající roční dovolené,
- v tisku sestavy zobrazovat rok a měsíc v hlavičce se jménem,
- v tisku sestavy zmenšit písmo - úspora místa,
- v programu zjednodušit menu a skrýt různá nastavení pro běžného uživatele.

Po opravě vzniklých nedostatků, nebyly žádné nové chyby zjištěny.

6. Závěr

RFID technologie jako taková má obrovský potenciál. Její využití není omezeno rozměry ani cenou, ale převážně prosazením na trh. Někdy není zřejmý ekonomický přínos, ale v těchto ne zcela zřejmých případech často výrazně zjednodušuje dění kolem nás. Jednoznačný přínos této technologie není jen v rychlosti a množství bezkontaktně získávaných dat, ale i v širší využití aplikace. Možnost komunikace jednotlivých aktivních tagů mezi sebou dává nepřeberné množství využití. Prostřednictvím těchto vlastností a možností lze zjednodušit a usnadnit život v mnoha odvětvích, počínaje zdravotnictvím, průmyslem, vojenstvím, potravinářstvím a konče dnes běžně užívaným prostředkem pro ochranu zboží proti krádeži (EAS) v obchodních domech.

Stejně tak, jak je tato technologie přínosem pro lidstvo v pozitivním smyslu, tak bohužel může být zneužívána i v záporném smyslu. Životnost tagů bývá spojena s životností výrobku a mnohdy i daleko za životnost výrobku. Navíc některé tagy jsou součástí výrobku, tedy nelze je jednoduchým způsobem odstranit. Proto může docházet například ke sledování určitého tagu ve spojení s platební kartou v určitých místech. Tyto informace se dají zneužít za účelem nevyžádané reklamy, až k omezování osobní svobody. Z těchto důvodů je důležité dodržovat a respektovat standardy pro RFID technologie.

Cílem diplomové práce bylo nejen popsat RFID technologii a zhodnotit dostupný hardware a software pro práci s touto technologií, ale především navrhnout systém evidence s využitím RFID technologie a navržené řešení naprogramovat v prostředí C# s SQL.

Pro návrh systému evidence jsem zvolil docházkový systém s využitím RFID technologie v podobě RFID čtečky ACR120 a Mifare 1kB bezkontaktních karet. Návrh docházkového systému jsem pojal jako systém univerzální, pro více firem. Proto bylo nutné zavést do systému směnný provoz, svátky a další prvky. Tyto prvky jsem nejen konzultoval se mzdovou účetní, ale také konfrontoval s aktuálním zákoníkem práce.

Vývoj a naprogramování docházkového systému vychází z výsledného návrhu. Docházkový systém se skládá ze dvou aplikací. První aplikace slouží pro přehled

zaměstnanců a docházky s možností měsíčního výstupu přehledu docházky. Dále lze nastavovat zaokrouhlování hodin, definování směnného provozu, dnů dovolené, svátků, oprávnění dle skupin a další. Druhá aplikace slouží nejen jako přístupový panel pro definování odchodů a příchodů, ale především komunikuje s RFID čtečkou a zaznamenává události vyvolané přiložením bezkontaktní karty ke čtečce s následným vyhodnocením, které je zpětně zobrazováno zaměstnanci.

Naprogramovaný docházkový systém jsem podrobil nejtěžší zkoušce, aplikoval jsem jej v zavedené firmě o dvaceti zaměstnancích. Po testovacím období jsem zpracoval pozitivní i negativní poznatky a provedl drobné úpravy s následným aktualizováním systému. Další negativní poznatky nebyly zjištěny. Tedy docházkový systém plně nahradil knihu docházky a výstup slouží jako podklad pro mzdy.

Na základě těchto poznatků mohu konstatovat, že vytyčené cíle se mi podařilo splnit.

7. Použité zdroje

1. VOJTĚCH, L. *RFID – technologie pro internet věcí*. [online]. c2000-2011 [cit. 2013-02-18]. Dostupný z WWW: <http://pandatron.cz/?733&rfid_-_technologie_pro_internet_veci>.
2. RFID portal. *Základní informace o technologii RFID*. [online]. [cit. 2013-02-15]. Dostupný z WWW: <http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid_obecne>.
3. RFID-handbook. *Operating principles of RFID systems*. [online]. Page updated 2011-02-06 [cit. 2011-03-12]. Dostupný z WWW: <http://www.rfid-handbook.de/rfid/types_of_rfid.html >.
4. Barco. *RFID technologie a systémy*. [online]. c1993-2011 [cit. 2013-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.barco.cz/?id=produkty&sel=15>>.
5. ZANDL, P. *RFID-budoucnost-realita-1*. [online]. 2004-07-28 [cit. 2013-02-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.lupa.cz/clanky/rfid-budoucnost-realita-1/>>.
6. ZANDL, P. *RFID-budoucnost-realita-2*. [online]. 2004-07-29 [cit. 2013-02-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.lupa.cz/clanky/rfid-budoucnost-realita-2/>>.
7. RFID. In *Wikipedie : otevřená encyklopedie*. [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikimedia Foundation, 2001- , strana naposledy edit. 2011-06-05 [cit. 2013-02-06]. Česká verze. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/RFID>>.
8. ID-karta. *RFID*. [online]. c2011 [cit. 2013-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.id-karta.cz/identifikace-3/rfid-34/>>.
9. RFID-Revolution. *Learn RFID - On Your Schedule, from Anywhere*. [online]. c2008 [cit. 2013-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.rfidrevolution.com/education.html>>.
10. HORÁK, D. *Návrh meandrovité antény pro RFID aplikaci*. Brno, 2008. Diplomová práce (Ing.). Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. 2008-05-30 [cit. 2013-02-16]. Dostupný z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=8401>.

11. VOJTĚCH, L. *Základní schéma komunikace v RFID*. [online]. c2000-2011 [cit. 2013-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://pandatron.cz/?733&rfid - technologie pro internet veci>>.
12. DOLEŽAL, L. *Datové medium v RFID systémech*. [online]. [cit. 2013-02-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.rfid-epc.cz/download/prezen/RFIDWorkingGroup-UvodDoTechnologie.pdf>>.
13. VOJTĚCH, L. *Frekvence používané různými aplikacemi RFID*. [online]. c2000-2011 [cit. 2011-02-12]. Dostupný z WWW: <<http://pandatron.cz/?733&rfid - technologie pro internet veci>>.
14. Combitrading. *Motorola MC9090-G RFID*. [online]. [cit. 2013-02-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.combitrading.cz/nabizime/produkty/vse-pro-rfid/motorola-mc9090-g-rfid.html>>.
15. Combitrading. *Jak pracuje RFID*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.combitrading.cz/technologie/jak-pracuje-rfid.html>>.
16. RAS. *ACR120 Mifare - bezkontaktní čtečka*. [online]. c1994-2011 [cit. 2013-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://rassro.cz/ctecy-cipovych-karet/acr120-mifare-bezkontaktni-ctecka.html>>.
17. RAS. *ACR120-SDK*. [online]. c1994-2011 [cit. 2013-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://rassro.cz/vyvojove-kity-sdk/acr120-sdk-pro-programatory-a-vyvojare.html>>.
18. Nicholas, D. *Evans is global lead, emerging technology, for Bearingoint's public services sector*. [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?858>>.
19. Beneš, F. & Švub, J. *EPCIS as an Interface of Middleware in RFID Automated Systems*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://rfid.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/rfid/cs/okruhy/nase-vysledky/EPCIS as an Interface of Middleware in RFID Automated Systems.pdf>>
>

20. Sommerová, M. *Základy RFID technologií*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupný z WWW: <http://rfid.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/rfid/cs/okruhy/informace/RFID_pro_Logistickou_akademii.pdf>
21. CZC. *Asus EeeBox EB1007-B0557*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.czc.cz/pc-asus-eee-box-1007-d410-2gb-320gb-w7hp/121540/produkt?q-category-id=av9js0511ehf7a515831osusjb>>.
22. CZC. *Lenovo IdealCentre Q180*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupný z WWW: <http://www.czc.cz/lenovo-ideacentre-q180-cerna_128/115516/produkt?q-category-id=av9js0511ehf7a515831osusjb>.
23. CZC. *Asus EeeBox PC EB1501P*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupný z WWW: <http://www.czc.cz/asus-eeebox-pc-eb1501p-cerna_3/100444/produkt?q-category-id=av9js0511ehf7a515831osusjb>.
24. Alza. *RikoMagic MK802 III*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.alza.cz/rikomagic-mk802-iii-s-8gb-bluetooth-d379992.htm>>.
25. Zůza, M. *RFID technologie a jejich využití pro evidenci*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce na Elektrotechnické fakultě ZČU. Vedoucí bakalářské práce Petr Kašpar.

8. Přílohy

8.1. Obsah přiloženého CD

1. Dokumenty: adresář obsahuje diplomovou práci ve formátu PDF.
2. Docházkový systém: adresář obsahuje zdrojové kódy aplikace a návod.