

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Blaž Lozej

**Avtomatizacija poslovanja v knjižnicah z uporabo
radiofrekvenčne tehnologije**

DIPLOMSKO DELO
VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Mentor: prof. dr. Patricio Bulić
Somentorica: doc. dr. Mira Trebar

Ljubljana, 2012

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.



Št. naloge: 00293/2012

Datum: 13.04.2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **BLAŽ LOZEJ**

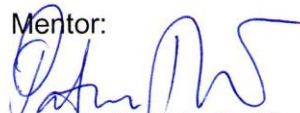
Naslov: **AVTOMATIZACIJA POSLOVANJA V KNJIŽNICAH Z UPORABO
RADIOFREKVENČNE IDENTIFIKACIJE
LIBRARY AUTOMATION USING RADIO FREQUENCY
IDENTIFICATION**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija prve stopnje

Tematika naloge:

Raziščite možnost uporabe radiofrekvenčne identifikacije (RFID) za avtomatizacijo in izboljšanje poslovanja v knjižnicah, kjer se za označevanje knjig večinoma uporablja sistem črtnih kod. Preučite možnost prehoda iz sistema črtnih kod na sistem RFID. Izdelajte prototip aplikacije, ki omogoča uporabo RFID v knjižničnem poslovanju.

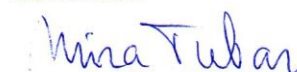
Mentor:


prof. dr. Patricio Bulić

Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic

Somentor:


doc. dr. Mira Trebar



IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani Blaž Lozej

z vpisno številko 63040238

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Avtomatizacija poslovanja v knjižnicah z uporabo radiofrekvenčne identifikacije

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom prof. dr. Patricia Bulića in somentorstvom doc. dr. Mire Trebar,
- je elektronska oblika diplomskega dela z naslovom (slov., angl.), povzetkom (slov., angl.) ter ključnimi besedami (slov., angl.) identična tiskani obliki diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, dne _____

Podpis avtorja: _____

Zahvala

Najprej bi se rad zahvalil mentorju prof. dr. Patriciu Buliću in somentorici doc. dr. Miri Trebar za vso pomoč, strokovne nasvete in koristne napotke pri izdelavi diplomske naloge.

Največja zahvala gre staršem za finančno in moralno podporo ter dekletu Petri za pomoč pri študiju in za vse nepozabne trenutke v času študentskega življenja.

Za pomoč pri izdelavi aplikacije Knjižnica bi se rad zahvalil Andreju Grahju.

Nenazadnje bi se zahvalil tudi sošolcem za pomoč pri študiju in popestritev študentskega življenja.

Kazalo vsebine

POVZETEK.....	1
ABSTRACT	3
1 UVOD.....	5
2 UPORABLJENE TEHNOLOGIJE	7
2.1 TEHNOLOGIJA RFID	7
2.1.1 Vrste in oblika značk RFID	10
2.1.2 Čitalniki RFID	13
2.1.3 Frekvenčna območja sistemov RFID	13
2.2 MODEL »ODJEMALEC–STREŽNIK«	14
2.3 SKLAD PROTOKOLOV TCP/IP	15
2.4 POVEZAVA APLIKACIJE S PODATKOVNO BAZO	16
3 ANALIZA IN OPIS IZVEDBE APLIKACIJE.....	19
3.1 OPIS UPORABLJENEGA RFID ČITALNIKA IN IZVEDBA PROGRAMA BRALEC RFID.....	20
3.1.1 Čitalnik RFID	20
3.1.2 Izvedba programa BralecRFID.....	22
3.2 IZVEDBA ENOSTAVNEGA STREŽNIKA	25
3.3 IZVEDBA IN DELOVANJE PROGRAMA KNJIŽNICA.....	27
3.3.1 Povezava programa s podatkovno bazo.....	27
3.3.2 Izdelava uporabniškega vmesnika	29
3.3.3 Zagon programa.....	29
3.3.4 Obrazec za stranke	31
3.3.5 Obrazec za zaposlene v knjižnici.....	32
4 MOŽNE IZBOLJŠAVE APLIKACIJE KNJIŽNICA.....	37
4.1.1 Varnost.....	37
4.1.2 Izvajanje inventure	37
4.2 PRIHODNOST RFID V KNJIŽNICAH	38
5 SKLEPNE UGOTOVITVE.....	39
DODATEK: KAZALO TABEL IN SLIK	41
LITERATURA	43

Okrajšave in simboli

AFI	Application Family Identifier
EPC	Electronic Product Code
GSM	Global System for Mobile Communications
GPS	Global Positionin System
HF	High Frequency
IDE	Integrated Development Environment
IFF	Identity Friend or Foe
IP	Internet Protocol
LF	Low Frequency
RFID	Radio Frequency Identification
SQL	Structured Query Language
TCP	Transmission Control Protocol
UHF	Ultra High Frequency
WORM	Write Once Read Many

Povzetek

Namen tega diplomskega dela je razvoj aplikacije za upravljanje knjižnice, ki temelji na tehnologiji RFID in s tem omogoči avtomatizirano in hitrejše izvajanje knjižničnih procesov, kot so izposoja in vračilo knjig ter administracija knjig in članov. V diplomski nalogi sta predstavljena zgodovina in razvoj tehnologije RFID, njene prednosti, slabosti in informacije o področju delovanja sistema RFID. Opisani so protokoli in model, na katerem temelji komunikacija med napravami v aplikaciji, in podatkovna baza, ki je uporabljena v njej.

Podrobno je opisana izdelava aplikacije Knjižnica in orodja, ki so bila uporabljena za njeno izvedbo. Vanjo sta vključeni tudi izvedba programa z imenom Knjižnica, ki predstavlja uporabniški vmesnik za opravljanje knjižničnih procesov, in izvedba programa BralecRFID, ki je nameščen na čitalniku RFID izvaja branje in pisanje na značke RFID, v katerih je shranjena identifikacijska koda tako za knjige kot tudi za zaposlene in uporabnike.

Glede na to, da v implementirani rešitvi poslovanja knjižnice niso zajete vse funkcionalnosti, so na koncu diplomskega dela opisane dodatne možnosti nadgradnje aplikacije s predstavitvijo realnih možnosti ustreznih sistemov.

Ključne besede: knjižnica, avtomatizacija, tehnologija RFID, značka RFID

Abstract

The purpose of this thesis is to develop an application for library management based on RFID technology in order to facilitate and accelerate the implementation of the automated library processes, such as book rental, return and administration of books and members. This thesis presents the history and development of RFID technology, its strengths, weaknesses and information of the RFID system. It also describes the model and protocols which are used for communication between devices and the database used to store application data.

This thesis contains detailed description of the implementation of the application Knjižnica and tools that are used to implement it. It also presents the implementation of a program called Knjižnica, which represents the user interface for performing library processes and the implementation of program called BralecRFID which is running on the RFID reader. This program enables reading and writing to RFID tags, in which identification code for books, as well as employees and customers is stored.

Given that the implemented solution does not include all the functionalities of real world library applications, additional upgrade options and implementation of real world library systems are described at the end of this thesis.

Keywords: library, automatization, RFID technology, RFID tag

1 Uvod

Eden večjih problemov, s katerim se srečujejo knjižnice po vsem svetu, predstavlja sistem za označevanje knjig. Knjižnice večinoma uporabljajo sistem označevanja s črtnimi kodami. Takšen način je sicer poceni, toda v knjižnični proces vnaša vrsto slabosti. Nalepke s črtnimi kodami morajo biti na vidnem mestu, ki je ponavadi tudi najbolj izpostavljeno in posledično dovzetno za poškodbe. Če hočemo črtne kode prebrati, se moramo nalepki s čitalnikom popolnoma približati. Takšen način označevanja ne omogoča nikakršne varnosti pred kraji knjig. Zato se knjižnice, ki imajo možnost zamenjave sistema označevanja, odločajo za označevanje knjig z značkami RFID.

Sistem označevanja knjig z značkami RFID omogoča branje več značk naenkrat in tako posamezne značke ni treba popolnoma približati, saj je dovolj, da je ta v območju branja čitalnika RFID. Značka je lahko nameščena v notranjost knjige, kjer je tudi možnost poškodbe manjša. Knjige, označene z značkami RFID, so s posebnimi kodami, zapisanimi v pomnilnik značke, zaščitene pred kraji. Če v pomnilniku značke ni vpisana ustrezna koda, ki označuje, da je bila knjiga pravilno izposojena, se ob izhodu iz knjižnice sproži alarm. Z uporabo tehnologije RFID razbremenimo zaposlene v knjižnici, saj si lahko stranke knjige izposojajo in vračajo brez prisotnosti zaposlenega, lažje izvedljiva je tudi inventura, s čitalnikom RFID se med knjižnimi policami namreč le sprehodimo, saj ta prebere vse značke na knjigah, ki se nahajajo v njegovi bližini.

V diplomski nalogi je bila razvita aplikacija Knjižnica, ki omogoča izvedbo knjižničnega procesa, kot so izposoja, vračilo in vnos novih knjig ter strank. Omogoča tudi branje in pisanje na značke RFID. Vse te funkcije so uporabniku dostopne preko uporabniškega vmesnika.

V drugem poglavju diplomske naloge so opisane tehnologije, ki so bile vključene v razvoj aplikacije Knjižnica. Tretje poglavje opisuje izvedbo in rokovanje z uporabniškim vmesnikom, izvedbo programa na čitalniku RFID in glavna orodja, ki so bila uporabljena med procesom izdelave. V četrtem poglavju so navedene možne izboljšave aplikacije, ki jim sledi predstavitev uporabe tehnologije v knjižnicah po Sloveniji. Zadnje poglavje v diplomski nalogi je namenjeno sklepnim ugotovitvam.

2 Uporabljene tehnologije

Zasnova aplikacije temelji na radiofrekvenčni identifikaciji oz. RFID (ang. Radio Frequency Identification), ki naj bi v knjižnicah postopoma nadomestila uporabo črtnih kod. V aplikacijo se vključene tudi druge tehnologije, kot so npr. podatkovna baza MS SQL SERVER 2008 EXPRESS, shranjene procedure (ang. stored procedures), ki izvajajo posodabljanje in dodajanje podatkov v podatkovno bazo, ter grafični vmesnik, ki temelji na tehnologiji Windows Forms. Logika programa je napisana v programskem jeziku C# (ang. C Sharp). Za povezavo med računalnikom in čitalnikom je uporabljen model »odjemalec–strežnik« (ang. client-server) in sklad protokolov TCP/IP (ang. Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

2.1 Tehnologija RFID

Začetki tehnologije RFID naj bi segali v štirideseta leta prejšnjega stoletja. Med 2. svetovno vojno so Nemci, Japonci, Američani in Britanci že uporabljali radar, ki ga je leta 1935 odkril škotski fizik Sir Robert Alexander Watson-Watt. Radar je služil zaznavanju letal, vendar ni omogočal prepoznave domačega ali sovražnega letala. Britanci so v skrivnem projektu, ki ga je vodil Watson-Watt, razvili prvi sistem IFF (ang. Identity Friend or Foe), namenjen prepoznavi domačih letal, na katera so namestili oddajnik. Ta je ob sprejemu signala iz domače letalske baze pričel oddajati povratni signal, s pomočjo katerega so identificirali letalo. Sistemi RFID za identifikacijo delujejo na enak način še danes. Signal pošljejo prejemniku (znački), ki nato odda povratni signal (pasivna značka) ali pa z oddajanjem signalov prične sam (aktivna značka). Prvi članek o RFID z naslovom »Communication by Means of Reflected Power« je bil objavljen leta 1948 in govori o uporabi odbijajočih se radijskih signalov za identifikacijo premikajočih objektov. Leta 1960 je bilo ustanovljeno veliko število podjetij, ki so se ukvarjala z izdelavo elektronskih naprav za zavarovanje proizvodov pred krajo [1, 2].

Leta 1970 so v laboratoriju Los Alamos Scientific Laboratory (LASL) v Novi Mehiki odprli center za raziskave, kar je pripeljalo do razvoja modernih sistemov RFID. V osemdesetih in zgodnjih devetdesetih letih prejšnjega stoletja je tehnologija RFID dozorevala in se razvijala. Sposobnost sledenja vozil in povratnih zabojujnikov se je izkazala za najpomembnejšo gonilno silo nadaljnje dejavnosti. Pravi dvig popularnosti pa je RFID dosegel leta 1999, ko sta profesorja D. Brock in S. Sarma raziskovala možnost uporabe nizkocenovnih značk RFID v oskrbovalnih verigah [1, 2]. Dostop do cenovno ugodnih značk RFID je v zadnjem času

močno pripomogel k povečanju njihove uporabe na različnih področjih. Zvišala se je produktivnost, skrajšal čas identifikacije in sortiranja ter uvedel boljši nadzor. Sistemi RFID so uporabni pri sledenju produktov med procesom izdelave (npr. v avtomobilski in farmacevtski industriji, oskrbovalni verigi itd.), označevanju oblačil, osebne lastnine, označevanju živine ali hišnih ljubljencev, saj omogočajo enostavno sledenje in nadzor. Pogosto jih uporabljajo tudi v knjižnicah, saj omogoča RFID hitro identifikacijo knjig, samopostrežno izposajo in vodenje evidence nad številom izposojenih knjig ter knjig, ki so na voljo [3, 4].

Radiofrekvenčna identifikacija je brezžična tehnologija, ki omogoča prenos podatkov z uporabo elektromagnetnega polja med oddajnikom RFID ali tako imenovano značko (ang. tag) in čitalnikom RFID [4]. Poenostavljen princip delovanja RFID je prikazan na sliki 1.

Značka RFID je sestavljena iz:

- integriranega vezja (čipa), ki hrani in procesira podatke ter služi modulaciji in demodulaciji signalov,
- antene, ki skrbi za sprejemanje in oddajanje radijskih signalov.

Značka ima lahko lastno napajanje ali se napaja preko radijskih valov, ki jih oddaja čitalnik. Pri uporabi pasivnih značk čitalnik oz. sprejemnik s svojim elektromagnetnim poljem aktivira značko, kar omogoči prenos podatkov. Po enakem postopku deluje tudi zapisovanje v značko. Ob uporabi značke z lastnim napajanjem (aktivna značka) lahko povečamo domet branja [5].

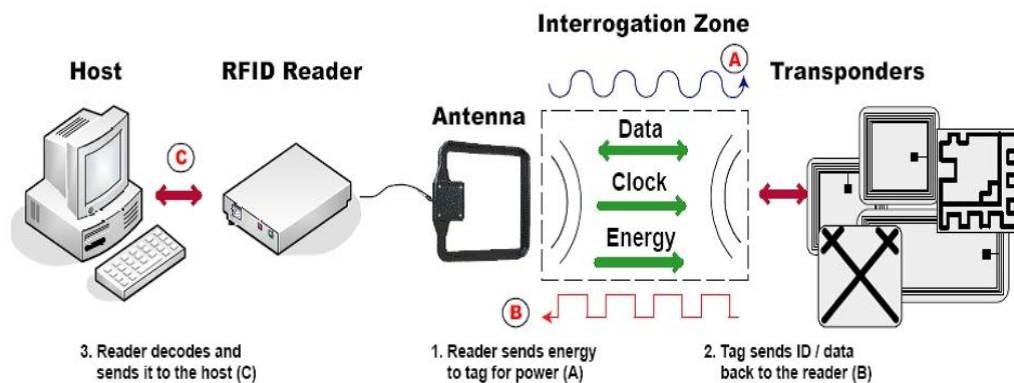
Obstaja več vrst anten RFID, ki omogočajo sprejemanje in oddajanje radijskih valov. Razlikujejo se po velikosti, obliki in uporabljenem materialu. Narejene so lahko iz aluminija, srebra ali bakra [6]. Glede na način oddajanja signala ločimo dve vrsti anten [7]:

- Antene z linearno polarizacijo (ang. Linear polarization). Ta vrsta anten je najprimernejša za sisteme, kjer je pozicija značke RFID znana že vnaprej. Antena oddaja elektromagnetni val (ang. Electro-magnetic wave) samo v vodoravni oz. navpični smeri.
- Antene z cirkularno polarizacijo (ang. Circular polarization): Te antene pa oddajajo signal hkrati v vodoravni in navpični smeri. Take antene so primerne v sistemih, kjer pozicija značke ni vnaprej znana. Te antene oddajajo šibkejši signal kot antene z linearno polarizacijo.

Signale značk RFID sprejema čitalnik RFID, s čimer je omogočena identifikacija oz. sledenje označenega objekta. Tako se lahko izvede prenos podatkov med oddajnikom in sprejemnikom

brez fizičnega kontakta med njima. Razdalja, s katere lahko čitalnik komunicira z značko, se imenuje »področje branja« [4].

Tehnologija RFID naj bi postopoma izpodrinila črtne kode, saj za razliko od njih tu značka ni nujno nameščena v optični liniji čitalnika, temveč je lahko vgrajena v objekt/telo, ki ga želimo identificirati. Sistem RFID je zato hitrejši, saj omogoča branje večjega števila značk v enakem času, poleg tega je zelo uporaben v primerih, ko je neposreden stik onemogočen. Napredek na tem področju je bil v zadnjem času velik, vendar so stroški izdelave aktivnih značk RFID še vedno zelo visoki, kar še posebno velja ob nakupu manjših količin [8].



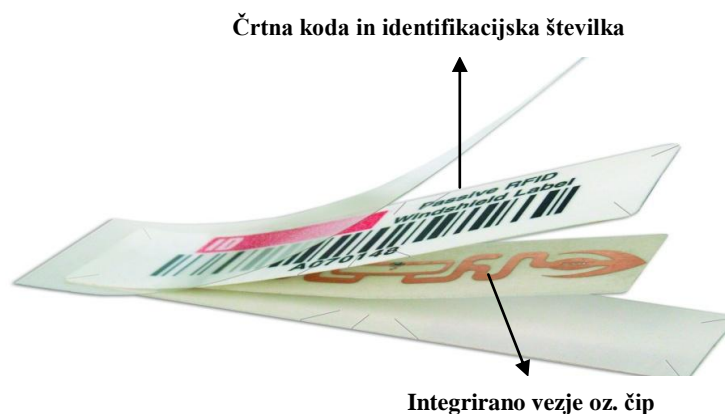
Slika 1: Poenostavljen princip delovanja sistema RFID [8].

2.1.1 Vrste in oblika značk RFID

Značke RFID so vseh možnih oblik in velikosti [9]:

- nalepke/etikete
- plastične kartice
- obeski
- steklene kapsule (namenjene podkožni vsaditvi)
- zapestnice
- značke, integrirane v objekt

Značke vsebujejo različne podatke, berljive na daljavo, kot so npr. identifikacijske številke, podatki o osebah, navodila ali sporočila [10]. Najbolj priročne so tako imenovane »pametne nalepke« (ang. smart labels), ki združujejo integrirano vezje (čip) in črtno kodo (Slika 2). Antena in integrirano vezje se nahajata na spodnji strani nalepke, njeno zgornjo (vidno) stran pa lahko opremimo s črtno kodo oz. potiskamo, kot želimo sami [11].



Slika 2: Pametna nalepka (ang. smart label).

Izbira prave značke je ključna za uspešno identifikacijo in sledenje različnih produktov med kompleksnimi industrijskimi procesi. Upoštevati moramo postavitev, velikost in obliko značke, hitrost branja, zahtevo po podatkih, prisotnost/odsotnost drugih visokofrekvenčnih motenj, zahtevnost okolja, v katerem poteka identifikacija, vrsto čitalnika itd [12].

Pomembna lastnost značk je tudi ta, ali lahko podatke, ki jih vsebujejo, samo beremo (ang. read-only), ali je ob enkratnem zapisu omogočeno večkratno branje (WORM ang. write once read many) in ali lahko podatke po želji tudi spreminjamo (ang. read/write) [9].

Glede na način napajanja delimo značke RFID na aktivne ali pasivne [4].

Aktivna značka

Aktivni znački omogoča delovanje lastni/interni vir napajanja. Vgrajeno ima baterijo, ki napaja mikročip, antene in senzorje ob shranjevanju podatkov in pri komunikaciji s čitalcem. Aktivne značke imajo sposobnost sprejemanja in oddajanja signalov na daljših razdaljah (domet do 100 metrov), shranjujejo večjo količino informacij kot pasivne značke, so zanesljive, natančne in primerne za delovanje ob prisotnosti vode ali kovin. Aktivne značke RFID so zaradi vgrajene baterije večje kot pasivne značke, imajo krajšo življenjsko dobo, tudi njihova cena je višja. Zaradi oddajanja močnega signala so primerne za označevanje artiklov z namenom preprečevanja kraje.

Uporaba: sledenje objektov med procesom v avtomobilski in letalski industriji, lociranje ljudi ali osebja (npr. zdravnikov) v določenih stavbah (v povezavi z GSM ali GPS), sledenje zabojnikov, namenjenih za prekooceansko plovbo, označevanje dragih vojaških in medicinskih naprav, sledenje živali itd. [14].

Pasivna značka

Pasivna značka nima lastnega napajanja, temveč prejme energijo za svoje delovanje iz elektromagnetnega polja, ki ga oddaja čitalnik. Elektromagnetni valovi v anteni značke povzročijo nastanek toka, ki ga pasivna značka uporabi za posredovanje informacij čitalniku. Ker inducirani tok značko aktivira le začasno, delujejo pasivne značke na krajše razdalje (do 6 metrov), so šibkejše in čitalniku posredujejo krajše, preproste informacije. Te značke so v primerjavi z aktivnimi po velikosti manjše in po teži lažje, imajo daljšo življenjsko dobo, so manj zahtevne in veliko bolj dovzetne za motnje, pogojene z okoljem, v katerem se uporabljajo. Pasivne značke za prenos podatkov najpogosteje uporabljajo elektromagnetni (EM) način prenosa.

Uporaba: identifikacijske značke, kontrola dostopa (vstop/izstop), plačilo cestnin, knjižnice, kontrola prevoznih sredstev (avtobusi, vlaki, trajekti, metro), identifikacija vozil, kontrola inventarja, itd. [14].

Poznamo tudi semipasivne značke, ki prav tako vsebujejo lastno baterijo, vendar te vrste značk mirujejo, dokler ne sprejmejo signala čitalnika RFID. Baterija je namenjena predvsem izvajanju funkcij, kot sta npr. nadzor zunanjih pogojev in napajanje integriranega vezja značke [8].

V Tabeli 1 so prikazane lastnosti zgoraj opisanih vrst značk.

Lastnosti	Pasivne značke	Semipasivne značke	Aktivne značke
Vir napajanja na znački	Nima lastnega vira	Ima lastni vir (notranja baterija)	Ima lastni vir (notranja baterija)
Območje delovanja	Do 6 metrov	Do 30 metrov	Do 230 metrov
Tip spomina na znački	Značke lahko povečini samo beremo »read-only«	Na značke lahko pišemo	Na značke lahko pišemo
Življenska doba	Do 20 let	Od 2 do 7 let	Od 5 do 10 let

Tabela 1: Lastnosti značk RFID [8].

Način prenosa podatkov preko radijskih valov določa, ali je sistem induktivni ali elektromagnetni.

Induktivni RFID

Prenos podatkov omogoči princip magnetne indukcije preko dveh bližnjih sklopljenih tuljav, ki inducirata napetost. Komunikacija deluje v bližnjem polju (približno 0.16 valovne dolžine), zato je domet induktivnih sistemov razreda nekaj deset centimetrov in pada z naraščanjem frekvence (krajšanje valovne dolžine) [4, 13].

Elektromagnetni RFID

Komunikacija je omogočena preko elektromagnetnih (EM) valov, ki jih oddaja čitalnik. Ko elektromagnetni valovi dosežejo oddajnik oz. značko, se od nje odbijejo in omogočijo prenos informacije. Signal, ki se odbije, je moduliran, zato imenujemo celoten pojav modulacijski odboj (ang. modulation backscatter) [4, 13].

2.1.2 Čitalniki RFID

Signale značk RFID sprejme čitalnik RFID in jih nato posreduje programski opremi ali določeni aplikaciji. Za oddajanje radijskih valov, ki aktivirajo značko RFID v določenem dometu, uporablja čitalnik RFID svojo lastno anteno in lahko obdeluje podatke večjega števila značk hkrati. Poznamo mobilne ali stacionarne čitalnike, ki se razlikujejo po hitrosti obdelave podatkov, kapaciteti shranjevanja podatkov in frekvenčnem območju, ki ga uporabljajo za komunikacijo. Čitalnik RFID opravlja dve različni funkciji: proizvaja elektromagnetno polje, ki napaja ali aktivira značko RFID in sprejema njen signal, ter hkrati komunicira s programsko opremo, s pomočjo katere poteka nadaljnja obdelava podatkov [8].

Pri izbiri čitalnika moramo biti pozorni na:

- delovno frekvenco
- možnost uporabe različnih protokolov za branje (branje različnih značk hkrati)
- možnost mrežnega povezovanja
- izbiro primerne antene
- skladnost z lokalnimi predpisi (različne države uporabljajo na tržiščih različne frekvence) [8]

2.1.3 Frekvenčna območja sistemov RFID

Radiofrekvenčna identifikacija lahko poteka na različnih frekvenčnih območjih v razponu od približno 100 kHz do nekaj GHz. Za ustrezno delovanje sistema RFID morajo biti vse njegove komponente nastavljene na točno določeno frekvenco. Uporaba frekvenčnega območja je pogojena z delovnim okoljem sistema RFID, v katerem poteka identifikacija. Izberemo tako območje, ki nam omogoča bodisi hiter prenos podatkov, želen domet, natančnost, zanesljivost ali nemoteno uporabo v zahtevnejšem okolju [17]. Od frekvenčnega območja je odvisna tudi velikost in cena značke ter čitalnika. Glede na uporabo frekvenčnega območja delimo značke na:

- nizkofrekvenčne (LF ang. low frequency)
- visokofrekvenčne (HF ang. high frequency)
- ultravisokofrekvenčne (UHF ang. ultra high frequency)
- mikrovalovne

Vsaka frekvenca ima svoje prednosti in pomanjkljivosti. Medtem ko nam višje frekvence v primerjavi z nižjimi omogočajo hitrejši prenos podatkov in daljši domet, je njihovo delovanje

v zahtevnejšem okolju omejeno ali celo onemogočeno. Ovira jih prisotnost vode, kovin in drugih visokofrekvenčnih radijskih naprav [5].

Območje delovanja je odvisno od okolja, v katerem poteka komunikacija, od površine objektov, na katerih so značke, in od interference z ostalimi radijskimi napravami. V tabeli 1 so poleg ostalih karakteristik posameznih frekvenc navedena okvirna področja delovanja oz. dometi, ki jih lahko z uporabo aktivne značke RFID močno povečamo [16].

Frekvenčno območje	Domet	Prednosti	Pomanjkljivosti	Najpogostejša uporaba
LF 125 - 135 kHz	do 0,5 m	- prisotnost vode in kovin ne vpliva na njihovo delovanje - cenovno dostopne - ni škodljivega sevanja	- počasen prenos podatkov - večje dimenzije značk - nezmožnost branja več značk hkrati	- kontrola dostopov - identifikacija živali - monitoring procesov - označevanje izdelkov
HF 13,56 MHz	do 1-2 m	- cenejše kot LF	- krajši domet kot UHF ali mikrovalovi - oteženo branje več značk hkrati	- knjižnice - pametne kartice - check-in prtljage
UHF 868-930 MHz	do 3-10 m	- cenejše ko LF in HF - hiter prenos podatkov in hitra identifikacija objektov	- slabši odziv v okolju z vodo in kovinami - motnje v komunikaciji zaradi drugih RF naprav	- plačevanje cestnine brez ustavljanja - plačevanje parkirnine - logistika v velikih nakupovalnih središčih
Mikrovalovi 2,45 GHz ali 5,8 GHz	do 3 m (tudi več)	- najhitrejša identifikacija in prenos - branje več značk hkrati - učinkovito prodiranje v objekte	- še dražje kot LF - močno oteženo delovanje v vodnem okolju oz. ob prisotnosti kovin - škodljivo sevanje	- identifikacija prtljage - plačevanje cestnine brez ustavljanja

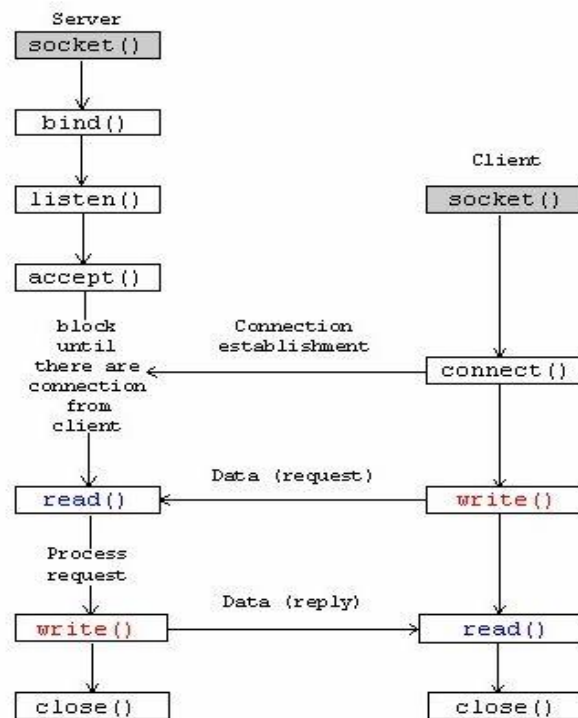
Tabela 2: Primerjava karakteristik različnih frekvenčnih območij [5, 15, 16].

2.2 Model »odjemalec–strežnik«

Aplikacija Knjižnica obsega dva ločena programa, ki se izvajata na dveh napravah. Računalnik, na katerem je nameščen program Knjižnica, in čitalnik RFID, na katerem se izvaja program BralecRFID, je treba povezati med seboj preko brezžičnega omrežja.

Povezava med programom Knjižnica in programom BralecRFID temelji na modelu »odjemalec–strežnik« (ang. client-server), ki predstavlja temelj delovanja medmrežja.

Slika 3 prikazuje potek povezave med odjemalcem in strežnikom. Strežniku, ki je v našem primeru izveden v programu BralecRFID, sporočimo, na katerih vratih naj sprejema klice odjemalca, ki je implementiran v programu Knjižnica, in na teh vratih pričnemo s poslušanjem. Ko sprejmemo klic odjemalca, se vzpostavi povezava in program Knjižnica pošlje zahtevo. Program BralecRFID zahtevo obdela in pošlje Knjižnici odgovor. Po prebranem odgovoru se povezavi na obeh straneh zapre. Najpogostejši primer uporabe omenjenega modela je delovanje spletnih brskalnikov (npr. Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer itd.), ki komunicirajo z medmrežjem [18].



Slika 3: Potek povezave med odjemalcem in strežnikom.

2.3 Sklad protokolov TCP/IP

Za povezavo med odjemalcem in strežnikom je bil izbran sklad protokolov TCP (ang. Transmission Control Protocol) in IP (ang. Internet Protocol). V povezavi sta omenjena protokola uporabljeni za vzpostavljanje povezave med omrežji (ang. Wide Area Network-WAN).

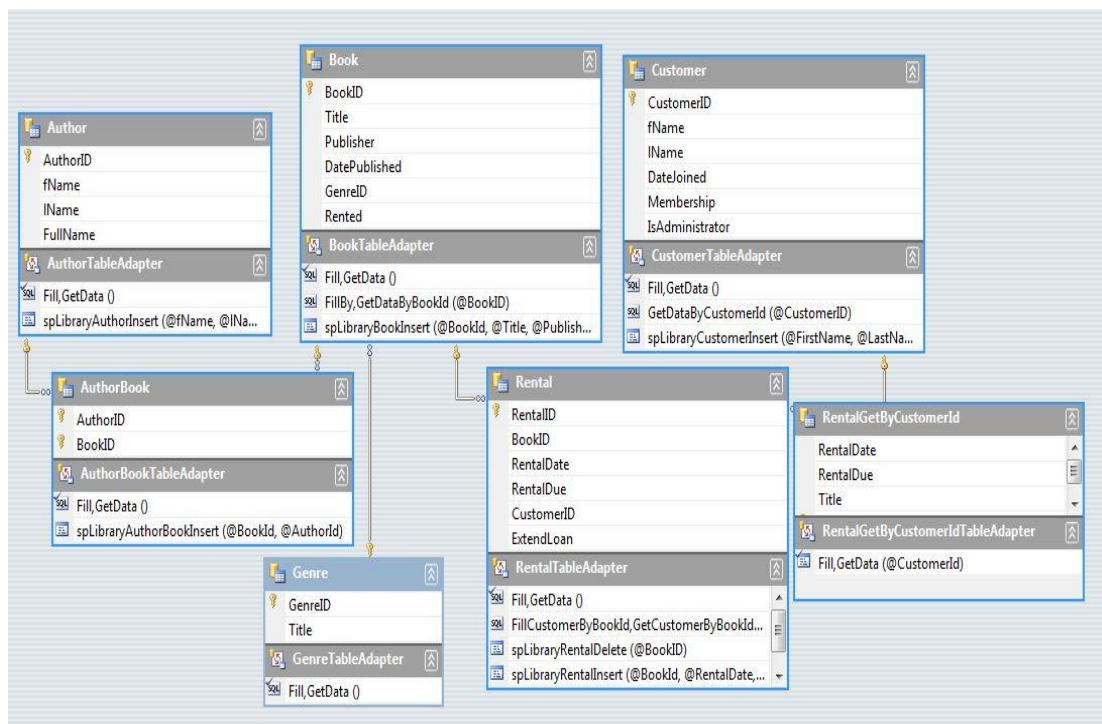
Protokol za krmiljenje prenosa (ang. Transmission Control Protocol), v nadaljevanju TCP, je protokol, ki skrbi za zanesljiv tok podatkov med dvema napravama. Podatki se pošiljajo v skupinah po 8 bitov in se med potjo od ene naprave do druge lahko izgubijo, spremenijo vrstni red ali podvojijo. V primeru napake v sporočilu protokol TCP zaprosi za ponovno pošiljanje sporočila. Sporočila, ki so poslana preko protokola TCP, se med odjemalcem in strežnikom prenašajo zanesljivo, brez napak in podvajanja ter v pravilnem vrstnem redu. Protokol TCP je zato uporabljen v aplikacijah, kjer ima zanesljivost prenosa prednost pred hitrostjo [18].

Internetni protokol, v nadaljevanju IP, je komunikacijski protokol, ki skrbi za usmerjanje sporočil od pošiljatelja do naslovnika preko internetne mreže. Vsaka naprava, povezana z medmrežjem, ima svoj enoličen IP naslov. Kadar hoče naprava A preko medmrežja poslati sporočilo napravi B, se ustvari datagram IP, ki sestoji iz glave (ang. Header) in sporočila, v katerem se nahajajo podatki, ki jih želimo prenesti. Vsaka glava vsebuje IP naslov pošiljatelja, IP naslov naslovnika ter določene metapodatke (ang. Meta data), ki so potrebni za pravilno dostavo datagrama na cilj [18].

2.4 Povezava aplikacije s podatkovno bazo

Za shranjevanje podatkov o knjigah in strankah je v diplomski nalogi uporabljena podatkovna baza MS SQL SERVER 2008 EXPRESS EDITION. MS SQL SERVER je strežnik za upravljanje z relacijskimi bazami. Uporabljena podatkovna baza je sestavljena iz šestih tabel, ki vsebujejo vse potrebne podatke o knjigah, njihovih avtorjih, strankah ter izposojah.

Slika 4 prikazuje podatkovni model baze in relacije med tabelami.



Slika 4: Prikaz podatkovne baze in relacij med tabelami.

Posebnost v bazi predstavlja tabela AuthorBook, ki upošteva načelo normalizacije podatkovnih baz, saj bi, kadar bi imela knjiga več avtorjev, to načelo kršili z vključevanjem dodatnih polj za avtorje knjige (npr. AvtorID1, AvtorID2 ...) v tabelo »Book«. Še slabša rešitev bi bila, če bi identifikacijske številke avtorjev v tabeli »Book« ločevali kar z vejico (npr. 334, 267, 1234 itd.). Kadar bi avtorje evidentirali na tak način, bi bilo iskanje knjig po njihovih avtorjih precej oteženo in težko bi bilo slediti ter uveljavljati spremembe v tako zasnovani tabeli. Avtorji in knjige so v tabelo »AuthorBook« dodani v parih, tako da ima lahko posamezna knjiga neomejeno število avtorjev.

Za vse spremembe v bazi, kot so dodajanje, popravljanje ali brisanje, skrbijo shranjene procedure (ang. Stored procedures). Strežnik SQL vsako shranjeno proceduro zažene enkrat in nato uporablja njeno izvedbo načrta (ang. Execution plan) ob naslednjih klicih, kar v praksi pomeni velik poskok v hitrosti izvajanja pri večkratnih klicih istih procedur. Drugi razlog za uporabo shranjenih procedur je zmanjšanje prometa med odjemalcem in strežnikom. Kadar poteka komunikacija med odjemalcem in strežnikom preko omrežja (v našem primeru preko brezžičnega omrežja), zmanjšajo shranjene procedure dolge SQL poizvedbe v eno samo vrstico. Pomemben razlog za uporabo shranjenih procedur je tudi ta, da je, ko se v določeni tabeli kaj spremeni (dodamo ali izbrišemo polje), treba podatke popraviti le na enem samem mestu. Slika 5 prikazuje shranjeno proceduro, ki prebere iz baze vse podatke o knjigi [19].

```
ALTER PROCEDURE [dbo].[spLibraryAllBookPropertiesGet]
    @BookID INT
AS
BEGIN

    SET NOCOUNT ON;

    SELECT b.Title, b.Publisher, a.fName + ' ' + a.lName AS FullName, g.Title FROM dbo.Book b
    INNER JOIN dbo.AuthorBook ab ON b.BookID = ab.BookID
    INNER JOIN dbo.Author a ON ab.AuthorID = a.AuthorID
    INNER JOIN dbo.Genre g ON b.BookID = g.GenreID

    WHERE b.BookID = @BookID
END
```

Slika 5: Primer shranjene procedure, ki črpa podatke iz baze.

3 Analiza in opis izvedbe aplikacije

Pri načrtovanju prehoda iz črtnih kod na sistem RFID označevanja knjig se je v prvi vrsti treba vprašati, kakšno opremo potrebujemo. Pravilna izbira značk RFID je verjetno najpomembnejša odločitev. Aktivne značke so po mojem mnenju v knjižničnih sistemih manj uporabne zaradi svoje velikosti in tudi višje cene. Njihova uporaba bi omogočila, da bi v vsakem trenutku vedeli, katere knjige se nahajajo v določenem prostoru knjižnice. Povezava s podatkovno bazo bi nam hkrati tudi posredovala informacijo, če katera od knjig, ki ni izposojena, v določenem prostoru manjka.

Najprimernejše bi bile pasivne značke, saj so cenejše od aktivnih in zavzamejo manj prostora na knjigi. Cena je odvisna od kvalitete izdelave značke, frekvence, na kateri deluje, velikosti in možnosti programiranja pomnilnika. Najcenejše značke stanejo le nekaj centov, njihov doomet pa je krajši.

Za potrebe knjižnice so primerne takšne značke, na katerih je mogoče spreminjati podatke v pomnilniku, imajo doomet okrog enega metra in na katere je možno natisniti črtno kodo. To bi omogočilo lažji prehod iz sistema črtnih kod na značke RFID. Za testiranje aplikacije je bila uporabljena značka UPM Raflatrac Short Dipole – NXP proizvajalca UPM (Slika 6). To je pasivna značka, ki podpira standard EPC Class 1 Gen 2 in deluje v frekvenčnem območju UHF [20].



Slika 6: Značka RFID UPM Raflatrac Short Dipole – NXP.

V našem primeru je bil izbran čitalnik NordicID Morphic UHF RFID, ki je trenutno v uporabi v laboratoriju, kjer je bilo izvedeno testiranje aplikacije. Vendar za knjižnice v praksi ta čitalnik ni najbolj primeren, saj je doomet čitalnika v povezavi z izbranimi značkami med 50 in 70 centimetri. Za potrebe knjižnice bi bil primernejši čitalnik s takšnimi značkami, katerih doomet bi bil večji od enega metra. Pri načrtovanju prehoda iz črtnih kod na značke RFID je pomembna tudi izbira sistema varnostnih vrat, namenjenih zaščiti pred krajo. Vsaka knjižnica seveda potrebuje tudi aplikacijo, ki bi upravljala in nadzorovala celoten sistem. Zato je bila razvita aplikacija Knjižnica, ki ima ločena obrazca za zaposlene v knjižnici in za stranke (samopostrežni avtomati). Aplikacija je napisana tako, da je rokovanje z njenimi funkcijami enostavno tako zaposlenim v knjižnici kot tudi njenim uporabnikom.

3.1 Opis uporabljenega RFID čitalnika in izvedba programa BralecRFID

Aplikacija je sestavljena iz dveh ločenih programov. Program Knjižnica predstavlja grafični vmesnik in vso poslovno logiko (ang. Business logic) ter program BralecRFID, ki omogoča branje in zapisovanje značk RFID.

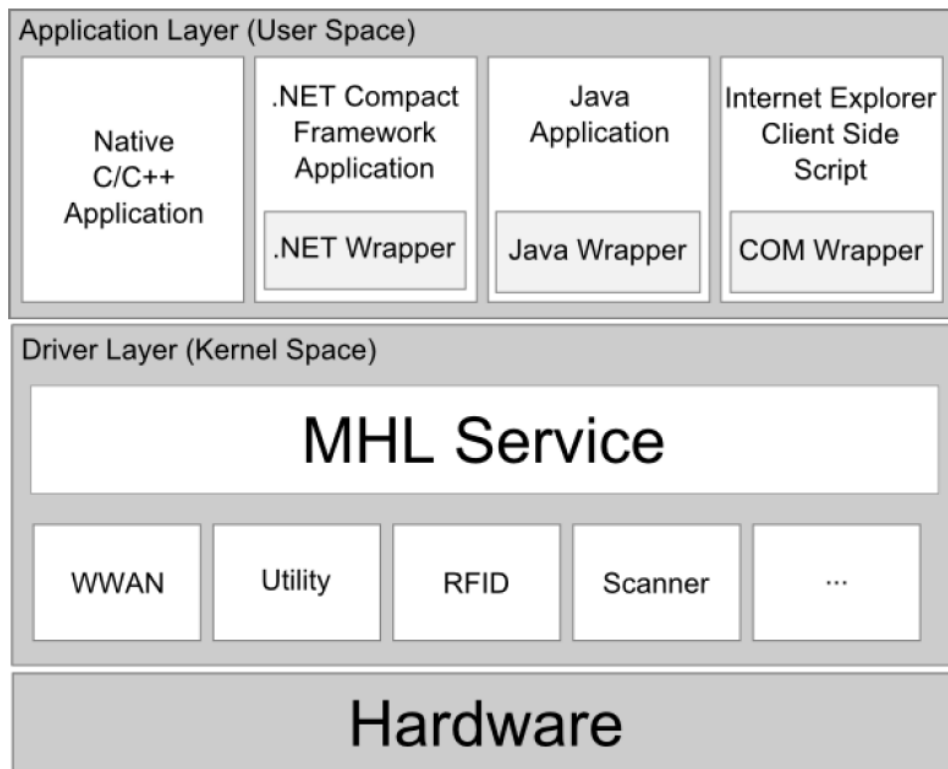
3.1.1 Čitalnik RFID

Za izvedbo programa je bil uporabljen čitalnik Nordic ID Morphic UHF RFID (Slika 7). Čitalnik je zelo napreden, saj z nakupom ustreznih modulov omogoča branje tako značk RFID kot tudi črtnih kod. Čitalnik dopušča uporabo povezav preko brezžičnih omrežij, USB (ang. Universal Serial Bus) priključka, omrežja 3G, preko mrežnega kabla ter klice preko omrežja GSM (ang. Global System for Mobile Communications). Vse omenjene tehnologije omogočajo visoko stopnjo njegove mobilnosti. Čitalnik podpira razvoj aplikacij v več programskih jezikih, kot so npr. Java, C++, .Net [21].



Slika 7: Čitalnik Nordic ID Morphic UHF RFID [21].

Čitalnik je bilo treba za pravilno delovanje nastaviti tako, da lahko opravlja vlogo strežnika in sprejema klice iz programa Knjižnica. Ob prebrani znački RFID čitalnik pošlje oznako EPC (ang. Electronic Product Code) v obliki sporočila nazaj v program Knjižnica. Za programiranje na čitalniku je bilo uporabljena zbirka programskih orodij (ang. Software Development Kit) proizvajalca NordicID, knjižnica NET_MHL_VS2008.dll, znotraj katere so ukazi čitalnika nastavljeni že vnaprej [22]. Slika 8 prikazuje delitev aplikacijske in gonilniške plasti ter plast strojne opreme čitalnika Morphic.



Slika 8: Delitev aplikacijske in gonilniške plasti ter plast strojne opreme čitalnika.

3.1.2 Izvedba programa BralecRFID

Ob zagonu programa BralecRFID se najprej izvede programska koda, ki postavi čitalnik v vlogo strežnika in čaka klic na vratih 8000. Ob sprejetem klicu zažene čitalnik metodo »InitializeRfidReader()« (Slika 9), ki poskrbi za vklop gonilnikov, potrebnih za njegovo delovanje. Za izvedbo programa potrebujemo gonilnik za branje značk RFID. Na sliki 9 je predstavljena metoda, ki prikazuje zagon gonilnika za branje značk RFID.

```
public void InitializeRfidReader()
{
    hRfid = MhlCore.OpenDrv("RFID");
    if (hRfid != INVALID_HANDLE_VALUE)
    {
        // tip značk ki jih bomo brali
        MhlCore.SetString(hRfid, "RFID.TagType", "EPC C1G2");
    }
}
```

Slika 9: Metoda za zagon gonilnika za branje značk RFID.

Čitalniku RFID nakažemo, kateri gonilnik želimo zagnati s klicem ukaza »MhlCore.OpenDrv(»RFID«)«. Če se gonilnik zažene pravilno, čitalniku sporočimo, kakšne vrste značk naj pričakuje za branje z ukazom »MhlCore.SetBin(hRfid, "RFID.EPCC1G2.Write", newEpcData)«. V našem primeru so to značke, ki so skladne s standardom EPC Class 1 Generation 2 UHF Air Interface Protocol, ki je splošno znan pod imenom »Gen2«. Omenjeni standard predpisuje, da morajo značke RFID delovati na frekvenčnem območju 860–960 MHz in omogočati večkratni zapis kod EPC. Standard definira tudi hitrost branja značk ter način kodiranja podatkov itd. [23].

3.1.2.1 Metoda za branje značk RFID

Ob pravilnem zagonu gonilnika se preveri, kateri ukaz je program Knjižnica poslal čitalniku. Če ukazu »Branje« sledi izvedba metode »PerformScan()«, ta izvede branje značk RFID, ki se nahajajo v okolici, in jih zapiše s spremenljivko »id_list«. Kadar je v bližini večje število značk ali značke niso prisotne, se v spremenljivko »serial« zapiše »Nobene ali preveč značk v bližini«. Če je v bližini samo ena značka, jo čitalnik prebere, njena koda EPC pa se zapiše v zgoraj omenjeno spremenljivko »serial«, ki jo nato program Knjižnica obravnava dalje. Slika 10 prikazuje programsko kodo za branje značk RFID v bližini in zapis prebrane kode EPC v spremenljivko.

```

private string PerformScan()
{
    uint error = 0;
    int tag_count = 0;
    // najdemo vse znacke v okolici
    MhlCore.Execute(hRfid, "RFID.Inventory");
    error = MhlCore.GetDword(hRfid, "RFID.ExecError");
    //prestejemo znacke
    tag_count = MhlCore.GetInt(hRfid, "RFID.TagsCount");

    //ce je najdena 1 oznaka
    if (tag_count == 1 && error == 0)
    {
        byte[] id_list = MhlCore.GetBin(hRfid, "RFID.IdList");
        string serial = string.Empty;
        for (uint i = 0; i != tag_count; i++)
        {
            MhlCore.SetDword(hRfid, "RFID.CurrentId", i);
            serial = MhlCore.GetString(hRfid, "RFID.SerialString");
        }
        return serial;
    }
}

```

Slika 10: Programska koda za branje značk RFID v bližini.

3.1.2.2 Metoda za spreminjanje podatkov na znački RFID

Čitalnik Nordic ID Morphic UHF RFID omogoča tudi spreminjanje vsebine pomnilnika značke RFID, kar izvede metoda »EncodeEPC«. Če želimo na značko zapisati novo kodo EPC, moramo čitalniku podati ukaz. To storimo tako, da mu v spremenljivki »newEPC« pošljemo novo kodo EPC. V spremenljivko »currentEPC« se zapiše trenutna koda EPC, ki je zapisana na znački RFID. Zato poskrbi ukaz »MhlCore.GetBin(hRfid, "RFID.ChipId")«. Nato metoda »EncodeEPC« preveri, če je v bližini samo ena značka, saj čitalnik, kadar bi bilo v bližini več značk, ne bi znal določiti, na katero mora zapisati novo kodo. Ko je ta pogoj izpolnjen, se izvede pretvorba nove kode EPC v binarno obliko, ki je potrebna za zapis na značko. Ob pravilno izvedeni pretvorbi se z ukazi, ki so predstavljeni na sliki 11, izvede zapis nove kode EPC.

```

// najdena oznaka, v našem primeru je samo 1
MhlCore.SetDword(hRfid, "RFID.CurrentId", i);
string serial = MhlCore.GetString(hRfid, "RFID.SerialString");
newEPC = newEPC.Substring(0, 24);
int j = 0;
byte[] newEpcData = new byte[12];
for (j = 0; j < 12; j++)
{
    newEpcData[j] = Convert.ToByte(newEPC.Substring(j * 2, 2), 16);
}
byte[] data = Encoding.ASCII.GetBytes(newEPC);
// posodobili bomo značko z katere id je trenutni epc
MhlCore.SetBin(hRfid, "RFID.EPCC1G2.Id", currentEPC);
// pisali bomo v id značke
MhlCore.SetDword(hRfid, "RFID.EPCC1G2.Bank", 1);
// Set up offset
MhlCore.SetDword(hRfid, "RFID.BlockPointer", 4);
// in zapisali bomo 12 2 bitnih blokov
MhlCore.SetDword(hRfid, "RFID.BlockCount", 12);
// zapis noprvega idja na značko
MhlCore.SetBin(hRfid, "RFID.EPCC1G2.Write", newEpcData);

```

Slika 11: Metoda »EncodeEPC«.

Opis ukazov, prikazanih na Sliki 11:

- »**MhlCore.SetBin(hRfid, "RFID.EPCC1G2.Id", currentEPC)**« ukaz poskrbi, da bo nova koda EPC zapisana na pravo značko;
- Z ukazom »**MhlCore.SetDword(hRfid, "RFID.EPCC1G2.Bank", 1)**« sporočimo čitalniku, naj zapiše nove podatke v »banko EPC«. Če bi hoteli podatke zapisati na notranji pomnilnik, bi namesto enice vnesli številko tri;
- »**MhlCore.SetDword(hRfid, "RFID.BlockPointer",4)**« sporoči čitalniku, na kateri naslov znotraj banke naj zapiše podatke;
- Čitalniku z ukazom »**MhlCore.SetDword(hRfid, "RFID.BlockCount", 12)**« sporočimo, da bomo zapisali 12 dvobitnih blokov, saj je naša koda EPC sestavljena iz 24 šestnajstiških znakov. Tako je vsak par znakov predstavljen s posameznim blokom;
- Z ukazom »**MhlCore.SetBin(hRfid, "RFID.EPCC1G2.Write", newEpcData)**« zapišemo na značko novo kodo EPC.

Ob uspešno izvedeni metodi prejme program Knjižnica sporočilo o uspeli posodobitvi.

3.2 Izvedba enostavnega strežnika

Za povezavo med programom Knjižnica in čitalnikom je bil razvit enostaven strežnik, ki deluje na čitalniku RFID. Spodnja koda prikazuje čakanje na povezavo z odjemalcem. Dokler odjemalec ne pošlje klica na vrata 8000, se metoda »AcceptTcpClient()« ne bo izvedla. Ob sprejetem klicu metoda prebere podatke, ki so bili poslani iz programa Knjižnica. Ti podatki se nato obdelajo v metodi »HandleClientData(ukaz)« (Slika 13), ki kot argument sprejme ukaz, glede na katerega se nato izvedeta metodi za branje ali pisanje na značke RFID. Slika 12 prikazuje programsko kodo strežnika TCP na čitalniku.

```
// čakamo na klice iz aplikacije
while (true)
{
    Console.WriteLine("Čakam na povezavo... ");

    //do klica čakaj in se nato poveži
    TcpClient client = server.AcceptTcpClient();
    Console.WriteLine("Povezan!");
    data = null;
    // tok podatkov od klienta
    NetworkStream stream = client.GetStream();
    int i;
    // preberemo vse poslane podatke
    while ((i = stream.Read(bytes, 0, bytes.Length)) != 0)
    {
        data = System.Text.Encoding.ASCII.GetString(bytes, 0, i);
        Console.WriteLine(String.Format("Received: {0}", data));

        // glede na vsebino podatkov, podatke sprocesiramo
        NordicIdRfid rfid = new NordicIdRfid();
        string odgovor = rfid.HandleClientData(data);

        byte[] msg = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(odgovor);

        // in pošljemo odgovor
        stream.Write(msg, 0, msg.Length);
        Console.WriteLine(String.Format("Sent: {0}", odgovor));
    }

    // prekinemo povezavo in ponovno poslušamo
    client.Close();
}
```

Slika 12: Programska koda strežnika na čitalniku.

```

#region HandleClientData
public string HandleClientData(string data)
{
    if (data != "Branje")
    {
        return EncodeEPC(data);
    }
    else
        return PerformScan();
}
#endregion

```

Slika 13: Programska koda metode HandleClientData().

Odjemalec je definiran v programu Knjižnica, v metodi »ConnectToRfidAndGetData (string podatki)«, ki kot argument sprejme ukaz (Slika 14). S pomočjo knjižnice ukazov »System.Net.Sockets.TcpClient« ustvarimo novega odjemalca. To storimo z ukazom »TcpClient client = new TcpClient()«. Za pravilno vzpostavitev povezave je treba določiti še končno točko (ang. EndPoint), s katero se bo odjemalec povezal. To storimo s pomočjo ukaza »IPEndPoint serverEndPoint = new IPEndPoint(IPAddress.Parse("192.168.1.100"), 8000)«. S tem določimo, na kateri IP naslov in preko katerih vrat se bomo povezali na strežnik. Po vzpostavitvi povezave pošljemo strežniku ukaz za branje ali pisanje in čakamo na njegov odgovor.

```

private string ConnectToRfidAndGetData(string podatki)
{
    #region send
    TcpClient client = new TcpClient();

    IPEndPoint serverEndPoint = new IPEndPoint(IPAddress.Parse("192.168.1.100"), 8000);
    client.Connect(serverEndPoint);

    NetworkStream clientStream = client.GetStream();

    ASCIIEncoding encoder = new ASCIIEncoding();
    byte[] data = encoder.GetBytes(podatki);
    //pošljemo ukaz
    clientStream.Write(data, 0, data.Length);

    data = new byte[256];
    string returnMessage = string.Empty;
    int bytes = clientStream.Read(data, 0, data.Length);
    returnMessage = System.Text.ASCIIEncoding.ASCII.GetString(data, 0, bytes);
    client.Close();
    return returnMessage;
    #endregion
}

```

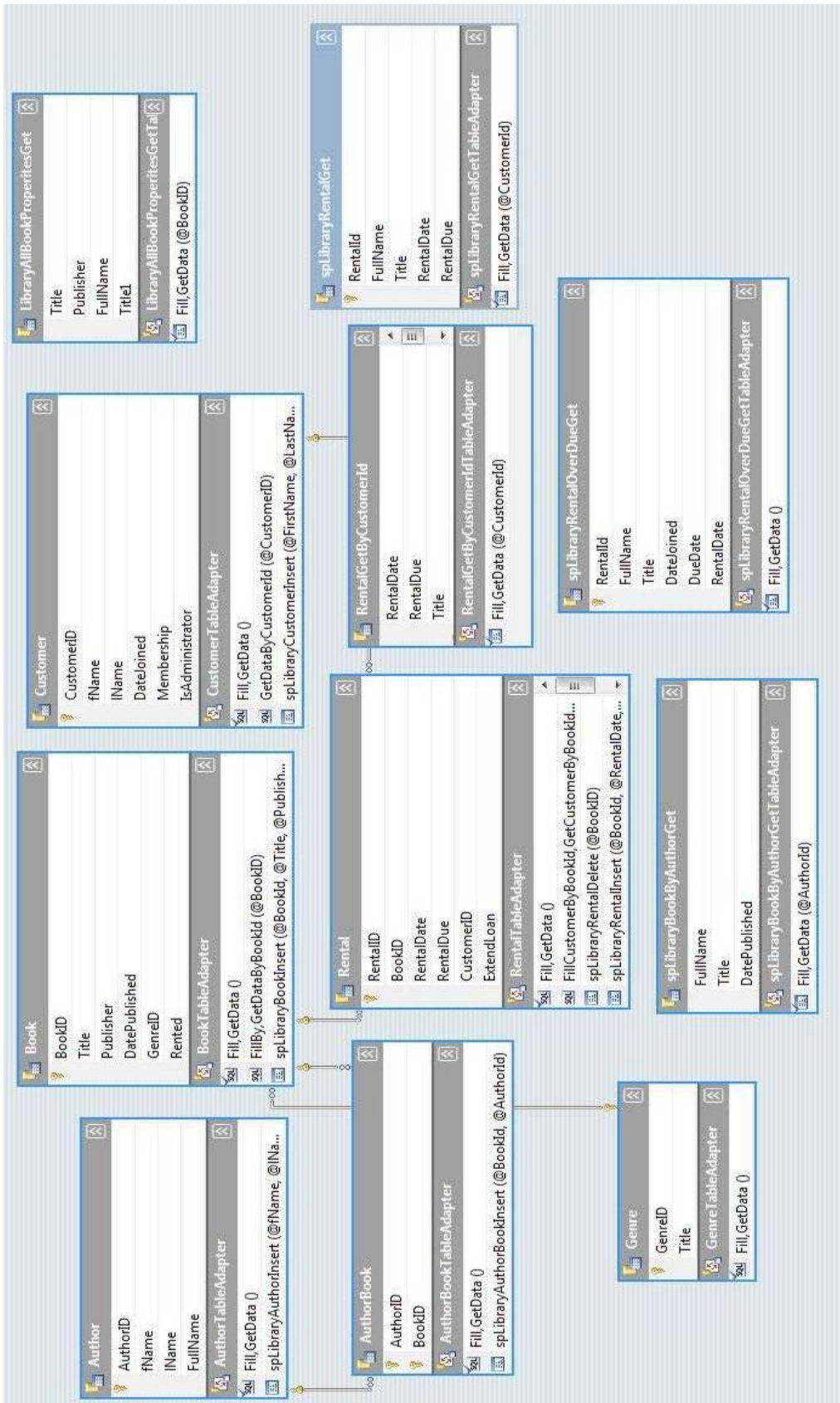
Slika 14: Programska koda odjemalca.

3.3 Izvedba in delovanje programa Knjižnica

Program Knjižnica je napisan v programskem jeziku C#. Program je bil razvit v okolju MS Visual Studio 2008, ki predstavlja razvojno okolje (ang. Integrated Development Environment IDE), namenjeno razvijanju aplikacij z zgoraj omenjenim programskim jezikom. Omogoča razvijanje različnih vrst aplikacij, spletnih strani, spletnih storitev in namiznih aplikacij, med katere spada tudi Knjižnica. Razvijanje aplikacij v tem razvojnem okolju omogoča hitro in zanesljivo programiranje z možnostjo razhroščevanja.

3.3.1 Povezava programa s podatkovno bazo

Program Knjižnica je s podatkovno bazo povezan preko razreda »LibraryDS«, ki je kopija strukture podatkovne baze. Ta razred vsebuje vse table in relacije, ki obstajajo znotraj podatkovne baze. Obsega vse tabele in povezave med njimi, ki obstajajo znotraj podatkovne baze. Razred »LibraryDS« zagotovi, da pri procesu vnosa podatkov v podatkovno bazo ne pride do težav z omejitvami med tabelami (ang. Foreign Key Constraint), kot je npr. brisanje knjige, ki je trenutno v izposoji (tabeli sta med sabo povezani preko ključa in bi izbris te knjige sprožil napako v podatkovni bazi). Tako preprečimo veliko število potencialnih napak, ki se lahko zgodijo v knjižničnem procesu. Razred »LibraryDS« vsebuje tudi podatkovne adapterje (ang. Data adapters), ki vračajo podatke iz več različnih tabel, medsebojno povezanih s tujim ključem (ang Foreign Key). Tako imamo npr. na voljo podatkovni adapter »spLibraryRentalOverDueGet«, ki nam v tabeli prikaže vse izposoje, podatke o uporabnikih in knjigah s prekoračenim rokom vračila (za uporabnike, ki so prekoračili rok vračila). Slika 15 prikazuje LibraryDS z vsemi komponentami.



Slika 15: DataSet LibraryDS z vsemi komponentami.

Kadar si uporabnik želi izposoditi novo knjigo, se na aplikacijski strani pripravijo podatki. Preveri se, če so tipi podatkov in omejitve skladne z podatki in omejitvami v podatkovni bazi.

Kadar so izpolnjeni vsi zgoraj omenjeni pogoji, se aplikacija preko povezovalnega niza (ang. Connection string) poveže s podatkovno bazo ter pošlje ukaz (ime shranjene procedure, ki naj se izvede) in podatke za njeno posodobitev (Slika 16).

```
<connectionStrings>
  <add name="KnjiznicaRIFD.Properties.Settings.KnjiznicaConnectionString"
        connectionString="Data Source=ASP-PC\\sqlexpress;Initial Catalog=Library;Integrated Security=True"
        providerName="System.Data.SqlClient" />
</connectionStrings>
```

Slika 16: Povezovalni niz data seta LibraryDS.

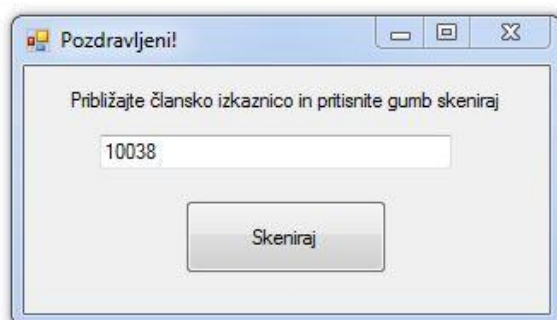
3.3.2 Izdelava uporabniškega vmesnika

Za izdelavo uporabniškega vmesnika programa Knjižnica je bil uporabljen aplikacijski programski vmesnik (ang. Application programming interface) Windows Forms. Ta vmesnik omogoča hitro izdelavo atraktivnih grafičnih vmesnikov za namizne aplikacije.

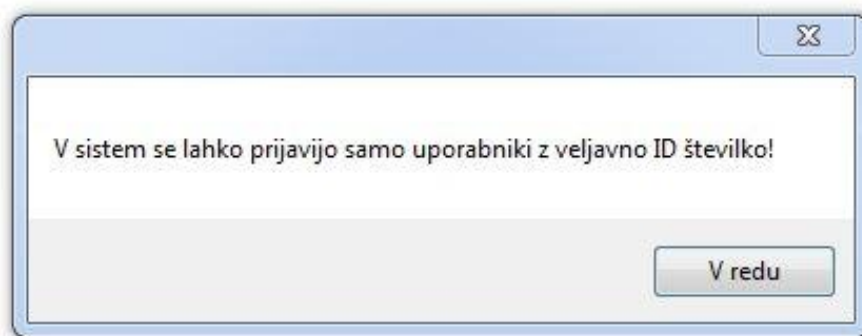
3.3.3 Zagon programa

Ob zagonu programa Knjižnica se odpre obrazec za vnos identifikacijske številke uporabnika. V fazi testiranja smo določili, da se ID-ji uporabnikov začnejo z enico, ID-ji knjig pa s sedmico. Različni ID-ji so potrebni zato, da ne pride do zlorabe sistema, saj bi se lahko uporabnik, kadar se ID-ji uporabnikov in knjig slučajno ujemajo, v sistem prijavil kar s knjigo. Če bi se uporabnik želel v sistem prijaviti z knjigo, se prikaže opozorilno okno z napisom »V sistem se lahko prijavijo samo uporabniki z veljavno številko ID«. V praksi se zato za oznako knjig in drugih izdelkov uporablja posebej prilagojen identifikator ali pa tudi SGTIN (ang. Global Trade Item Number), ki ima predpisano strukturo kode EPC [24].

Knjižničarski proces se prične s klikom na gumb »Skeniraj«, ki čitalniku pošlje ukaz, naj prebere značke RFID v bližini. Če so te prebrane pravilno, se izvajanje aplikacije nato loči glede na polje »isAdministrator« v tabeli »Customer« na obrazec, namenjen strankam in obrazec, namenjen zaposlenim v knjižnici. Ko uporabnik približa značko čitalniku in klikne na gumb »Skeniraj«, se izvede preveritev, ali koda EPC pripada knjigi ali uporabniku. Če ta pripada uporabniku, se proces nadaljuje, v obratnem primeru pa se prikaže opozorilno okno. Sliki 17 in 18 prikazujeta osnovni obrazec z veljavno identifikacijsko številko člana in opozorilno okno, ki se pojavi, kadar identifikacijska številka ne ustreza predpisom.



Slika 17: Osnovni obrazec s pravilnim formatom ID-ja stranke.



Slika 18: Opozorilno okno ob vnosu napačne identifikacijske številke.

3.3.4 Obrazec za stranke

Če značka RFID pripada stranki, se nam prikaže spodnji obrazec (Slika 19).

Obrazec za stranke

ID Knjige:

Skeniraj

Ime: Janez
 Primek: Novak
 Datum pridružitve: 10.10.2009
 Članarina plačana:

Izhod

Knjige v izposoji

	Naslov	Izposojena dne	Datum vračila
▶	Enciklopedija Slovenije	1.10.2012 12:31	24.10.2012 12:31
	Davincijsva Šifra	1.9.2012 15:18	1.10.2012 15:18
	Robinson Crusoe	1.9.2012 15:18	1.10.2012 15:18
	Alamut	1.9.2012 15:18	1.10.2012 15:18
*			

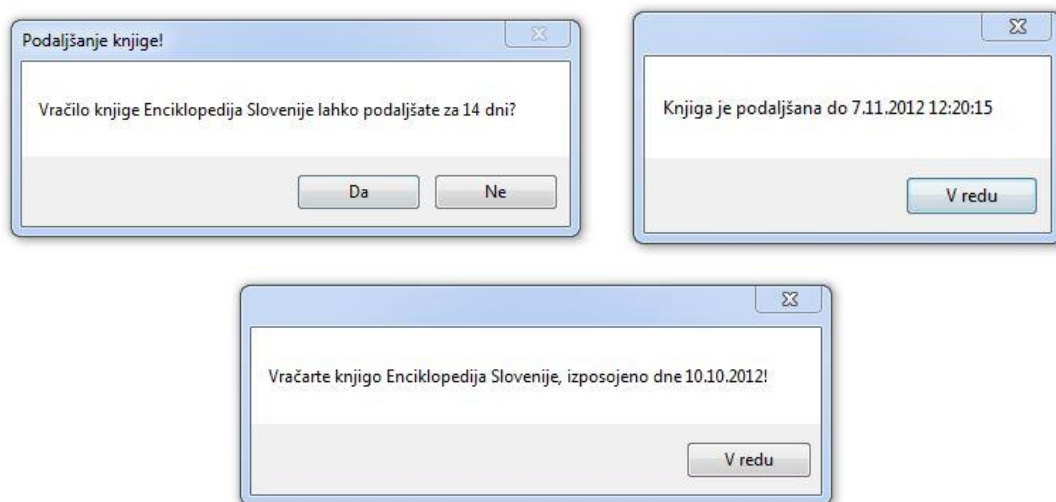
Slika 19: Slika prikazuje obrazec za stranke.

Na obrazcu so predstavljeni vsi osnovni podatki o stranki kot tudi vse knjige, ki jih ima stranka v izposoji. Na tej točki se lahko stranka odloči za izposajo novih knjig oz. podaljšanje ali vračilo že izposojenih knjig. Proces je popolnoma avtomatiziran in se deli na dva dela. Po kliku na gumb »Skeniraj« se preveri, ali pravkar prebrana knjiga še ni izposojena (glede na polje »Rented« v tabeli »Book«). Nato se odpre okno, ki stranko vpraša, ali si knjigo želi izposoditi. Če je odgovor na vprašanje »Da«, se izposoja izvede. Slika 20 prikazuje uspešno izposajo knjige.



Slika 20: Prikaz uspešne izposoje knjige.

Kadar želi stranka knjigo vrniti, jo približa čitalniku RFID in klikne na gumb »Skeniraj«. Pri tem se pojavita dve možnosti. Vsaka knjiga, ki si jo stranka izposodi, ima možnost podaljšanja roka izposoje za štirinajst dni. To možnost ureja polje »ExtendLoan« v tabeli »Rental«. To je bitno polje (vrednosti so lahko samo 0 ali 1), ki se pri vsaki izposoji nastavi na 0, kar pomeni, da lahko stranka izposajo podaljša. Kadar je stranka to možnost že izkoristila, mora knjigo vrniti. Trajanje roka za izposajo in podaljšanje knjig se v praksi med knjižnicami razlikuje, zato bi bilo smiselno administratorju sistema omogočiti možnost spremembe trajanja teh rokov. Slika 21 prikazuje možnost podaljšanja in vračila knjige.



Slika 21: Prikaz možnosti podaljšanja izposoje in prikaz vračila knjige.

Ko je stranka opravila z vračilom in izposajo knjig, izvede klik na gumb »Izhod«, kar vrne program nazaj v začetno stanje.

3.3.5 Obrazec za zaposlene v knjižnici

Kadar čitalnik pošlje ID stranke, ki ima v polju »IsAdministrator« vpisano enico, se odpre obrazec za zaposlene v knjižnici (Slika 22). Ta obrazec je obsežnejši in vsebuje večje število informacij.

The screenshot shows a web-based application interface for managing library members and books. The interface is titled "Obrazec za zaposlene" and is divided into several functional areas:

- Top Left:** A search bar with a magnifying glass icon and a "Preišči" (Search) button. Below it are checkboxes for "Stranka" (Member) and "Knjiga" (Book), and a "Dodaj novo" (Add new) button.
- Top Center:** Input fields for "Ime:" (Name) and "Primek:" (Surname), a "Pridružen:" (Registered) checkbox, and a "Članska plačana:" (Membership paid) checkbox. A "Shrani" (Save) button is located below these fields.
- Top Right:** A "Zapiši EPC kodo na značko" (Write EPC code on tag) button.
- Middle Left:** A table with columns: "Id izposoje" (Loan ID), "Polno ime" (Full name), "Naslov knjige" (Book title), "Izposojena dne" (Borrowed date), and "Vračilo" (Return date). The table contains three rows of data for a member named "Janez Novak".

Id izposoje	Polno ime	Naslov knjige	Izposojena dne	Vračilo
45	Janez Novak	Davincijsva šira	01/09/2012	01/10/2012
46	Janez Novak	Robinson Crusoe	01/09/2012	01/10/2012
47	Janez Novak	Alamut	01/09/2012	01/10/2012
- Middle Right:** A "Prekliči" (Cancel) button and a "Shrani" (Save) button.
- Bottom Left:** A "Prekoračen rok izposoje:" (Overdue loan) section with input fields for "Ime:" and "Primek:" and a "Shrani" button.
- Bottom Center:** A "Dodaj novo knjigo" (Add new book) section with input fields for "ID:", "Naslov:", "Založnik:", "Datum izdaje:", "Žanar:", and "Avtor:". A "Dodaj avtorja" (Add author) button is located below these fields.
- Bottom Right:** A "Vpis novega avtorja:" (New author registration) section with input fields for "Ime:" and "Primek:" and a "Vnesi" (Enter) button.
- Bottom Far Right:** A "Vnesi knjigo" (Enter book) button.
- Bottom Far Left:** A "Izhod" (Exit) button.

Slika 22: Obrazec za zaposlene.

Dodajanje novih strank izvedemo z klikom na gumb »Dodaj novo«. Pri tem se odpre prostor za vnašanje novih strank, saj je vnos v polja za dodajanje novih strank ob zagonu obrazca za zaposlene onemogočen. Ko so podatki vneseni, približamo člansko izkaznico čitalniku in kliknemo na gumb »Shrani«. Nova stranka se vnese v podatkovno bazo in na značko RFID na članski izkaznici se zapiše nov EPC stranke.

Zgornji desni del obrazca je namenjen spreminjanju članskih podatkov. Program omogoča poimensko iskanje knjig in strank. Kadar želimo poiskati knjigo obkljukamo polje knjiga,

kadar pa iščemo stranko obkljukamo polje stranka in v polje namenjeno iskanju vpišemo željeni niz. Zaposleni imajo tudi pregled nad izposojenimi knjigami iskane stranke. Kljub izgubljeni ali pozabljeni članski izkaznici je tako stranki omogočena izposoja ali vračilo knjig. Slika 23 prikazuje iskanje stranke po imenu in priimku in možnost urejanja obstoječih podatkov.

Naslov	Izposojena dne	Vračilo
Enciklopedija Slovenje	1.10.2012 12:31	24.10.2012 12:31
Davinciojeva Šifra	1.9.2012 15:18	1.10.2012 15:18
Robinson Crusoe	1.9.2012 15:18	1.10.2012 15:18
Alamut	1.9.2012 15:18	1.10.2012 15:18
*		

Slika 23: Iskanje stranke po imenu in priimku ter možnost urejanja podatkov.

Na desni strani obrazca se izpišejo vse knjige, ki so pri stranki trenutno izposojene. Kot je bilo navedeno že zgoraj, obstaja tudi možnost ročnega vračila in izposoje novih knjig.

V spodnjem levem kotu obrazca ima zaposleni pregled nad vsemi knjigami, ki jim je pretekel rok vračila. Ob kliku na zeleno vrstico se napolnijo polja za urejanje stranke in tabela vseh strankinih izposojenih knjig. Kot novo funkcionalnost aplikacije bi lahko tabeli »Customer« v podatkovni bazi dodali polje za elektronski naslov, kar bi omogočilo pošiljanje elektronskih sporočil strankam s pretečenimi roki vračila knjig. Slika 24 prikazuje programsko kodo za dogodek ob kliku na vrstico.

```
private void dataGridView1_CellMouseClick(object sender, DataGridViewCellEventArgs e)
{
    try
    {
        KnjiznicaDSTableAdapters.CustomerTableAdapter adapter = new KnjiznicaDSTableAdapters.CustomerTableAdapter();
        DataGridViewRow izbranaVrstica = dataGridView1.SelectedRows[0];
        int customerId = Convert.ToInt32(izbranaVrstica.Cells[1].Value);
        KnjiznicaDS.CustomerDataTable stranka = adapter.GetDataByCustomerId(customerId);
        LastCustomerId = stranka[0].CustomerId;
        txtImeStranke.Text = stranka[0].fName;
        txtPriimekStranke.Text = stranka[0].lName;
        lblDatumVpisa.Text = stranka[0].DateJoined.ToString("dd/MM/yyyy");
        cbxClanarina.Checked = stranka[0].Membership;
        this.rentalGetByCustomerIdTableAdapter.Fill(this.knjiznicaDS.RentalGetByCustomerId, customerId);
        txtPoiisciStranko.Clear();

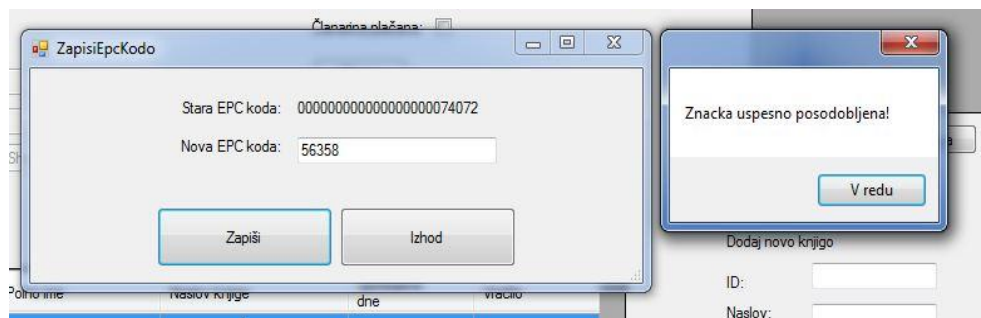
        OsveziDataGrid();
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("Pri klicu podatkovne baze je prišlo do napake!\n " + ex.ToString());
    }
}
```

Slika 24: Metoda dataGridView1_CellMouseKlick().

Spodnja desna stran obrazca je namenjena dodajanju novih knjig in avtorjev (Slika 25). Vse informacije o določeni knjigi se hranijo v štirih različnih tabelah, in sicer v tabelah »Book«, »Author«, »Genre« oz žanr in »AuthorBook«. Slednja je vezni člen med tabelama »Book« in »Author«. Vnos podatkov je precej enostaven, opozoril bi le na funkcionalnost pri dodajanju avtorjev. Ker je število avtorjev tabeli »Author« veliko, bi bilo iskanje avtorjev »na roko« precej mučno. Temu služi metoda »ddlAvtor_KeyPress(object sender, KeyPressEventArgs)«, ki omogoča iskanje po listi avtorjev in samodejno izbiro glede na vpisan niz znakov. Slika 25 prikazuje iskanje avtorjev po spustnem seznamu glede na vpisane črke (v spodnjem primeru »tol«) in vnos nove knjige v bazo. Ko so podatki o novi knjigi vneseni, knjigo oz. značko, ki pripada knjigi, približamo čitalniku in kliknemo na gumb »Vnesi knjigo«, kar izvede metodo za vnos nove knjige v podatkovno bazo in zapiše EPC knjige na značko RIFD.

Slika 25: Obrazec za dodajanje novih knjig.

Kadar želimo na značko zapisati novo kodo EPC (v primeru poškodbe značke ali izgubljene knjige oz. članske izkaznice), jo približamo čitalniku in kliknemo na gumb »Zapiši kodo EPC na značko«. Po kliku se nam odpre nov obrazec. V oznako »lblePCSifra« se zapiše stara koda EPC, tako da ima uporabnik pregled nad tem, katero značko popravlja. Uporabnik mora vnesti petmestno številko, ki pripada knjigi oz. stranki. Koda EPC obsega 24 znakov, zato se na začetnem delu zgoraj omenjene številke doda ničle. Glede na to, da je prostih še 19 znakov, bi določen del te kode lahko opisoval npr. kateri knjižnici pripada določena knjiga, v katerem prostoru in na kateri polici ima mesto. Slika 26 prikazuje uspešno posodobitev koda EPC.



Slika 26: Uspešna posodobitev kode EPC.

Kadar uporabnik vpiše več ali manj kot pet črk, se zapis ne izvede, saj bi to povzročilo napačno delovanje čitalnika RFID. Zato se uporabniku prikaže opozorilno okno, iz katerega razbere, da je vpisal premalo oz. preveč znakov.

4 Možne izboljšave aplikacije Knjižnica

4.1.1 Varnost

Ena večjih prednosti uporabe tehnologije RFID v knjižničnem procesu je možnost povečanja varnosti pred krajami knjig. Varovanje pred krajami je s tehnologijo RFID precej enostavno impementirati. Poznamo dva načina označevanja oznak proti kraji:

- EAS (ang. Electronic Article Surveillance). Ta način označevanja uporablja posebne oznake, ki jih je treba ob izposoji deaktivirati, da ne sprožijo alarma ob izhodu iz knjižnice. Problem tovrstega načina označevanja je, da je treba dodatne oznake dokupiti, in hkrati tudi to, da EAS ne zna določiti, ali je nek na takšen način označen izdelek last knjižnice. Tako se lahko alarm sproži tudi pri izdelkih, ki so sicer bili kupljeni drugje, a so bili zavarovani na omenjeni način [25].
- AFI (ang. Application Family Identifier). Organizacija za standarde ISO (ang. International Standards Organization) izdaja kode AFI, ki se uporabljajo na različnih področjih, kot sta farmacevtska in avtomobilska industrija itd. Zato so izdali kodo AFI, ki je namenjena knjižnicam. S tem se izognemo problemu, da bi blago iz veleblagovnice sprožilo alarm v knjižnicah oz. kjer koli drugje, saj uporablja za preverjanje drugačno kodo AFI. Preverjanje se izvede pri izhodu stranke iz knjižnice. Standard EPC Class 1 Gen 2 ima v naslovnem prostoru 8 bitov rezerviranih za kodo AFI. Varnostna vrata zahtevajo »odgovor« značke RFID. Koda »C2« pomeni, da je bila knjiga izposojena, medtem ko koda »07« pomeni, da se knjiga nahaja v knjižnici [30, 31]. Če je pri izposoji prišlo do napake in knjižničar tega ni opazil, oz. je prišlo do kraje knjige, se koda »C2« ne nastavi in posledično se pri prehodu skozi varnostna vrata sproži alarm [25].

Poleg zgoraj omenjenih načinov označevanja knjig je za varnost pomembna tudi strateška postavitev varnostnih vrat, ki morajo med seboj ohranjati takšno razdaljo, da je celotno območje med vrati pokrito s signalom.

4.1.2 Izvajanje inventure

Čitalnik RFID bi lahko bil uporabljen tudi za izvedbo inventure knjig. Zato bi napisali program, ki bi bil preko brezžičnega omrežja povezan s podatkovno bazo. Ta program bi zaposlenim omogočil, da bi se sprehodili med knjižničnimi policami in preko zaslona na čitalniku hitro opazili, če knjiga, ki trenutno ni v izposoji, ni na pravem mestu ali celo manjka.

Zato bi bilo treba podatkovno bazo popraviti tako, da bila vsaka knjiga opremljena s sobo in polico, na kateri se nahaja.

4.2 Prihodnost RFID v knjižnicah

Število knjižnic, ki bodo uporabljale tehnologijo RFID, bo v prihodnosti raslo, saj postajajo značke RFID cenovno ugodnejše. Prednosti, ki jih prinaša ta tehnologija, se najbolj kažejo v knjižnicah, ki imajo zelo veliko število knjig in strank ter število dnevnih transakcij (izposoje, vračila itd). Pri takem številu transakcij je potreba po hitrosti izvajanja knjižničnih procesov velika. Za pospešitev izvajanja teh procesov se uporabljajo samopostrežni terminali, na katerih stranke brez navzočnosti zaposlenih izvajajo izposoje in vračila knjig ter plačilo zamudnine neprekinjeno 24 ur na dan. Pri tako številnem obtoku knjig je pomembno tudi hitro sortiranje in vračilo knjig na svoje mesto. Avtomatizacijo sotrirnega sistema je s tehnologijo RFID lažje izvesti kot s črtnimi kodami in je v določenih knjižnicah že v veljavi. Knjiga lahko pride v sortirni sistem po tekočem traku ali pa jo tja položi knjižničar. Glede na podatek o oddelku, ki mu pripada, se knjiga nato sortira v zabojnike (Slika 27).

V Sloveniji trenutno uporabljajo sistem označevanja z značkami RFID Knjižnica instituta informacijskih znanosti, Medobčinska splošna knjižnica Žalec, Knjižnica Antona Tomaža Linharta Radovljica, Knjižnica Pavla Golie Trebnje in Knjižnica Moderne galerije [26].



Slika 27: Knjigomat in naprava za sortiranje knjig.

5 Sklepne ugotovitve

V diplomski nalogi je bila razvita aplikacija Knjižnica, katere glavni namen je optimizacija knjižničnega procesa in posledično razbremenitev zaposlenih. V sklopu aplikacije je bil napisan program Knjižnica, ki omogoča hitro in enostavno izvedbo knjižničnih procesov, kot so izposoja, vračilo itd. Diplomaska naloga opisuje tudi tehnologije, ki so bile uporabljene za izvedbo in testiranje aplikacije. S tem je obširneje predstavljena tehnologija RFID, ki je vključena v rešitev komunikacije s pomočjo modela »odjemalec–strežnik«, ki predstavlja osnovo za povezavo programa Knjižnica s čitalnikom RFID in opis protokolov TCP/IP, ki skrbita za pravilen prenos podatkov med napravami.

Poseben izziv je predstavljalo delo s čitalnikom RFID, kjer so se pojavile določene težave pri programiranju programa BralecRFID, saj je za pravilno pisanje in branje značk RFID zelo pomembno pravilno zaporedje ukazov, ki so opredeljeni v dokumentaciji čitalnika. Izdelana aplikacija avtomatiziranega upravljanja v knjižnici predstavlja samo del funkcionalnosti prave knjižnične aplikacije, ki sem jih izvedel v okviru diplomske naloge. Hkrati seveda obstajajo, kot je že omenjeno v prejšnjem poglavju, tudi nadaljnje možnosti razvoja, ki jih v povezavi s tehnologijo RFID ponujajo številna podjetja.

Dodatek: Kazalo tabel in slik

Kazalo tabel

Tabela 1: Lastnosti značk RFID.	12
Tabela 2: Primerjava karakteristik različnih frekvenčnih območij.	14

Kazalo slik

Slika 1: Poenostavljen princip delovanja sistema RFID.	9
Slika 2: Pametna nalepka (ang. smart label).....	10
Slika 3: Potek povezave med odjemalcem in strežnikom.	15
Slika 4: Prikaz podatkovne baze in relacij med tabelami.	17
Slika 5: Primer shranjene procedure, ki črpa podatke iz baze.	18
Slika 6: Značka RFID UPM Raflatac Short Dipole – NXP.	19
Slika 7: Čitalnik Nordic ID Morhic UHF RFID.....	20
Slika 8: Delitev aplikacijske in gonilniške plasti ter plast strojne opreme čitalnika.	21
Slika 9: Metoda za zagon gonilnika za branje značk RFID.	22
Slika 10: Programska koda za branje značk RFID v bližini.	23
Slika 11: Metoda »EncodeEPC«.	24
Slika 12: Programska koda strežnika na čitalniku.....	25
Slika 13: Programska koda metode HandleClientData().....	26
Slika 14: Programska koda odjemalca.....	26
Slika 15: DataSet LibraryDS z vsemi komponentami.....	28
Slika 16: Povezovalni niz data seta LibraryDS.	29
Slika 17: Osnovni obrazec s pravilnim formatom ID-ja stranke.	30
Slika 18: Opozorilno okno ob vnosu napačne identifikacijske številke.....	30
Slika 19: Slika prikazuje obrazec za stranke.	31

Slika 20: Prikaz uspešne izposoje knjige.	31
Slika 21: Prikaz možnosti podaljšanja izposoje in prikaz vračila knjige.	32
Slika 22: Obrazec za zaposlene.....	33
Slika 23: Iskanje stranke po imenu in priimku ter možnost urejanja podatkov.	34
Slika 24: Metoda dataGridView1_CellMouseKlick().	34
Slika 25: Obrazec za dodajanje novih knjig.....	35
Slika 26: Uspešna posodobitev kode EPC.	36
Slika 27: Knjigomat in naprava za sortiranje knjig.....	38

Literatura

- [1] (2012) The history of RFID technology. Dostopno na: <http://www.rfidjournal.com/article/view/1338>.
- [2] (2012) Radio-frequency identification. History. Dostopno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification#History.
- [3] (2012) Library RFID Managment System. Dostopno na: http://www.rfid-library.com/en/default_e.html.
- [4] (2012) Radio-frequency identification. Dostopno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification.
- [5] (2012) RFID frequencies. What do you know about them. Dostopno na: <http://www.wireless-technology-advisor.com/rfid-frequencies.html>.
- [6] (2012) Antennas, key to defining RFID future. Dostopno na: <http://rfdesign.com/mag/601EWTspecial.pdf>.
- [7] (2012) What is RFID? Radio Frequency Identification. Dostopno na: <http://rfid.net/basics/190-what-is-rfid>.
- [8] (2012) RFID Middleware Design and Architecure. Dostopno na: <http://www.intechopen.com/books/designing-and-deploying-rfid-applications/rfid-middleware-design-and-architecture>.
- [9] (2012) RFID tag type options. Dostopno na: http://www.idtechex.com/research/articles/rfid_tag_type_options_00000041.asp.
- [10] (2012) Spotlight on: RFID. Dostopno na: http://www.aimglobal.org/technologies/RFID/what_is_rfid.asp.
- [11] (2012) Pametne nalepke. Dostopno na: <http://www.leoss.si/index.php?lng=slo&vie=prod&id=2005082415394855>.
- [12] (2012) Intermec RFID tags & media. Dostopno na: http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_brochure/RFIDTagSelectionGuide_brochure_web.pdf
- [13] (2012) RFID coupling techniques - backscatter, capacitive, inductive. Dostopno na: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/coupling-backscatter-inductive-capacitive.php>.
- [14] (2012) RFID Basics. Dostopno na: http://www.barcode-rfid-labels.com/rfid_information.htm.

- [15] (2012) Consideration for RFID technology selection. Dostopno na: http://www.atmel.com/Images/secrerf_3_04.pdf.
- [16] (2012) RFID frequencies. Dostopno na: <http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CDkQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.scansource.eu%2Fen%2Feducation.htm%3Ffid%3D8%26elang%3Den&ei=Muv2UPyZBuLB0QXi74CwBQ&usg=AFQjCNFFbanfAWf08H8p-GihLP0YSKg5dA&sig2=Z-lcYu4-nOFKrnAqwwF2uQ>.
- [17] (2012) RFID Frequency: How to Choose the Right RFID Frequency for Your Application. Dostopno na: <http://www.abrfid.com/Solutions/RFID-Frequency>.
- [18] (2012) Basics of TCP/IP, Switching, Routing and Firewalling. Dostopno na: http://www.ircbeginner.com/ircinfo/Routing_Article.pdf
- [19] (2012) Shranjene procedure. Dostopno na: <http://databases.about.com/od/sqlserver/a/storedprocedure.htm>.
- [20] (2012) Značka RFID UPM Raflatac Short Dipole - NXP. Dostopno na: <http://www.ramp.com.au/UPM-Raflatac-Short-Dipole-NXP.html>.
- [21] (2012) Nordic ID Morhic. Dostopno na: <http://www.nordicid.com/eng/products/?group=3&pid=33#>.
- [22] (2012) MHL Wrapper v.2 for Visual Studio 2008. Dostopno (po predhodni prijavi z uporabniškim imenom in geslom: mhl) na: <https://support.nordicid.com/MHL/index.php>.
- [23] (2012) Standard EPC Class 1 Gen 2. Dostopno na: <http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal/uhfc1g2>.
- [24] (2012) Global Trade Item Number (GTIN). Dostopno na: <http://www.gs1ca.org/page.asp?LSM=0&intNodeID=732&intPageID=273>.
- [25] (2012) A guide to RFID in libraries. Dostopno na: <http://www.bic.org.uk/files/pdfs/090109%20library%20guide%20final%20rev.pdf>.
- [26] (2012) Library intelligence. Dostopno na: <http://www.library-intelligence.com/products.html>.