PRIMJENA RFID TEHNOLOGIJE U MALOPRODAJNIM SUSTAVIMA

Jambrović, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Algebra University College / Visoko učilište Algebra**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:225:195145

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

ALGEBRA VISOKO UČILIŠTE

Repository / Repozitorij:

Algebra Univerity College - Repository of Algebra Univerity College

zir.nsk.hr

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VISOKO UČILIŠTE ALGEBRA

ZAVRŠNI RAD

PRIMJENA RFID TEHNOLOGIJE U MALOPRODAJNIM SUSTAVIMA

Mario Jambrović

Zagreb, veljača 2018.

„Pod punom odgovornošću pismeno potvrđujem da je ovo moj autorski rad čiji niti jedan dio nije nastao kopiranjem ili plagiranjem tuđeg sadržaja. Prilikom izrade rada koristio sam tuđe materijale navedene u popisu literature, ali nisam kopirao niti jedan njihov dio, osim citata za koje sam naveo autora i izvor, te ih jasno označio znakovima navodnika. U slučaju da se u bilo kojem trenutku dokaže suprotno, spreman sam snositi sve posljedice uključivo i poništenje javne isprave stečene dijelom i na temelju ovoga rada“.

U Zagrebu, 14.02.2018.

Predgovor

Zahvaljujem se svim profesorima, asistentima i suradnicima koji su me u protekle tri godine svojim entuzijazmom i nesebičnom pomoći te prije svega individualnim pristupom vodili i usmjeravali u stjecanju novih znanja i postizanju zadanih ciljeva. Vaš doprinos je moje akademsko obrazovanje učinio izuzetno sretnim putovanjem i dao mi vjetar u leđa za savladavanjem novih životnih izazova.

Posebno se zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Goranu Đambiću na utrošenom vremenu, strpljenju i savjetima kojima je pridonio u kvaliteti sadržaja i obradi teme ovog završnog rada.

Sažetak

Završnim radom *Primjena RFID tehnologije u maloprodajnim sustavima* skreće se pozornost na prednosti RFID (engl. RFID[1] – *radio frequency identification*) tehnologije kroz osvrt na mnoge primjere primjene RFID tehnologije u različitim industrijskim, gospodarskim i tehnološkim granama. Nažalost, zbog dugog perioda povrata investicije u RFID ista se gotovo i ne koristi u maloprodajnim sustavima stoga je posebna pozornost posvećena upravo projektnom zadatku u kojem se pomoću podataka prikupljenih umanjenim modelom RFID sustava nastoje istaknuti prednosti implementacije RFID sustava u maloprodajnom sustavu. Analizom i usporedbom dobivenih rezultata sa stvarnim podacima prikupljenim u standardnom maloprodajnog sustavu koji koristi barkod označavanje dolazi se do konkretnih podataka o prednostima RFID sustava. Proces naplate raščlanjuje se na elemente te se na razini svakog elementa izvodi usporedba podataka s ciljem dobivanja što preciznijih razlika po pojedinim fazama procesa naplate. Kao rezultat modela i analize podataka dobiva se vrlo detaljna slika o prednostima RFID sustava te nedostacima postojećih barkod sustava.

Podaci se uspoređuju na razini aktivnosti procesa naplate kako bi se dobila što veća granulacija rezultata s ciljem isticanja prednosti RFID sustava u svakoj aktivnosti procesa naplate te istovremeno isticanje nedostataka postojećih maloprodajnih sustava naplate gdje se koristi barkod označavanje proizvoda.

Ključne riječi: RFID, sustav, naplata, podatak, proces, tehnologija.

[1] RFID – identifikacija radio frekvencijom

Abstract

Thesis *The use of RFID technology in retail systems* focuses on the advantages of RFID technology through a review of many examples of RFID technology applications in various industrial, economic and technological fields. Unfortunately, due to the long period of return of investment in RFID, it is rarely used in retail systems. Therefore, special attention is dedicated to the project task where data collected through the model of RFID system emphasize the advantages of implementing the RFID system in the retail system. By analyzing and comparing the results obtained from model with the actual data collected in the standard retail system used by the barcode labeling we came to detailed data as evidence of the benefits of the RFID system. The billing process is broken down into the elements, and a comparison of data is performed at the level of each element to obtain the most accurate differences in the individual phases of the billing process. Result of the model and data analysis is a very detailed picture of the benefits of the RFID system and the disadvantages of the existing retail systems.

Data is compared at each element of the billing process in order to obtain as much granulation of results as possible to highlight the benefits of the RFID system in each activity of the billing process while simultaneously highlighting the disadvantages of existing retail billing systems where a barcode labeling product is used.

Keywords: RFID, system, billing, data, process, technology.

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Povijest RFID tehnologije 2
2.1 Budućnost razvoja i primjene RFID tehnologije 4
3. Tehnologija i arhitektura RFID sustava 6
3.1 Frekvencija rada RFID sustava 6
3.1.1 Niska frekvencija 6
3.1.2 Visoka frekvencija 7
3.1.3 Ultra visoka frekvencija 7
3.2 Dijelovi RFID sustava 8
3.2.1 Oznaka 8
3.2.2 Čitač 11
3.3 Primjena RFID sustava 12
3.3.1 Beskontaktne pametne kartice 12
3.3.2 Javni prijevoz 13
3.3.3 Beskontaktno plaćanje 13
3.3.4 NFC aplikacije 14
3.3.5 Elektronska putovnica 15
3.3.6 Skijaške karte 15
3.3.7 Kontrola pristupa 16
3.3.8 Transportni željeznički sustavi 17
3.3.9 Identifikacija životinja 18
3.3.10 Sportski događaji 18
3.3.11 Automatizacija industrijskih sustava 19
3.4 Sigurnost RFID sustava 19
3.4.1 Sigurnosne prijetnje 19

3.4.2 Sigurnosni napadi 20
3.4.3 Prijetnje na razini fizičkog sloja 20
3.4.4 Zaštita RFID sustava 23
3.4.5 Napadi na oznake 23
3.4.6 Napadi na čitače 24
3.4.7 Napadi na mrežni protokol 24
3.4.8 Zaštita na razini mrežnog sloja 24
3.4.9 Prijetnje na razini aplikacijskog sloja 25
4. Projektni zadatak - RFID tehnologija u maloprodajnim sustavima 26
4.1 Načini primjene u maloprodajnim sustavima 26
4.1.1 RFID u ulozi osobnog asistenta 27
4.1.2 Programi povjerenja 28
4.2 Primjeri primjene u svijetu 29
4.2.1 Barkod protiv RFID sustava – jesmo li spremni za migraciju? 29
4.2.2 Primjer: Future Store 32
4.2.3 Primjer: Amazon Go 33
4.3 Projekt implementacije RFID POS rješenja u trgovini hranom i opremom za kućne ljubimce 35
4.4 Opis prototipa RFID POS rješenja 37
4.4.1 Dijelovi RFID sustava 38
4.5 Testiranje RFID aplikacije 44
4.6 Analiza i usporedba rezultata s trenutnim POS sustavom tvrtke 45
5. Zaključak 49
Popis slika 51
Popis tablica 52
Literatura 53

1. Uvod

RFID tehnologija jedna je od brže rastućih tehnologija u području bežičnih mreža. RFID tehnologija se dugi niz godina uspješno koristi u kontroli materijalnih resursa, kontroli pristupa, beskontaktnim plaćanjima, identifikaciji stvari ili životinja, logistici i sl. Razvoj RFID tehnologije je kontinuiran no i dalje postoje ograničenja koja sprječavaju potpunu integraciju u druge poslovne sustave.

Rad opisuje RFID tehnologiju kroz povijest. Razvoj RFID sustava ograničen je globalnim tehnološkim razvojem no usprkos tome uložena su znatni sredstva i trud u njezin razvoj te je napokon zaživjela u mnogim područjima primjene.

U trećem poglavlju (vidi Tehnologija i arhitektura RFID sustava) rad opisuje komunikacijske tehnologije kojom elementi RFID sustava međusobno i s ostalim sustavima komuniciraju te se detaljno opisuje arhitektura i funkcionalnosti svakog pojedinog elementa RFID sustava. RFID sustavi koriste bežičnu tehnologiju stoga su opisani mnogi mehanizmi zaštite čija je svrha smanjivanje rizika od mnogih prijetnji i napada na RFID sustav (vidi Sigurnost RFID sustava).

Kroz primjer plana implementacije RFID sustava u maloprodajni sustav na razini proizvoda (vidi Projekt implementacije RFID POS rješenja u trgovini hranom i opremom za kućne ljubimce) nastoji se demonstrirati utjecaj RFID sustava tj. može li se povećati efikasnosti procesa i aktivnosti maloprodaje. Da je potpuno automatizirana RFID trgovina prava rijetkost u svijetu dokazuju samo dva pronađena i obrađena primjera u četvrtom poglavlju (vidi Primjeri primjene u svijetu).

Projektni zadatak (vidi Projekt implementacije RFID POS rješenja u trgovini hranom i opremom za kućne ljubimce) je model RFID sustava skeniranja i naplate košarice u maloprodajnom sustavu. Modelom su prikupljeni podaci o brzini pojedinih aktivnosti procesa RFID skeniranja i naplate za potrebe usporedbe s podacima postojećeg sustava koji koristi barkod identifikaciju artikala. Krajnji cilj je na osnovu dobivenih podataka usporedbe isticanje prednosti koje nastaju kao rezultat automatizacije procesa skeniranja i naplate bez intervencije djelatnika u trgovini.

2. Povijest RFID tehnologije

Korijeni RFID tehnologije sežu još iz 2. svjetskog rata. Naravno, na mnogo primitivniji način nego u današnje vrijeme, no sam koncept RFID tehnologije tada je pronašao prvu primjenu.

U veljači 1935. godine škotski je fizičar Sir Robert Alexander Watson-Watt kako je vidljivo u [1] izumio prvi radar u Engleskoj te je demonstracijom pokazao kako se odašiljani kratki radio valovi sa BBC[2]-jevog radio odašiljača odbijaju od udaljenog aviona te na taj način dobiva informacija o udaljenosti, smjeru i brzini promatranog aviona. Radarski sustav sastojao se od odašiljača koji emitira radio valove i prijemnika koji prima radio valove odbijene od udaljenog objekta. Odašiljač i prijemnik se u radarskim sustavima nalaze na istom mjestu. Nedugo nakon toga Sir Robert Alexander Watson-Watt razvija prvi radarski sustav za Veliku Britaniju koji je bio od presudne važnosti u bitci za Veliku Britaniju. Nedugo nakon toga biva pozvan u Sjedinjene Američke Države kako bi razvio radarski sustav za potrebe američke vojske nakon što su Amerikanci pretrpjeli velike gubitke nakon zračnog napada japanskih snaga na luku Pearl Harbour. Jedan od nedostataka radarskih sustava u to vrijeme bio je taj što nije bilo moguće detektirati da li su detektirani avioni neprijateljski ili ne.

Nijemci su uspjeli pronaći privremeno rješenje i za taj problem. Otkrili su da se odbijeni radarski signal promijeni ako avioni lete naopačke. Iz tog razloga su njemački avioni pri povratku u bazu letjeli naopačke te je upravo to omogućilo razlikovanje prijateljskih aviona od neprijateljskih na radarskom prikazu. To je bila vrlo primitivna metoda no ujedno i prvi primjer pasivne RFID identifikacije. Kasnije su Britanci razvili sustav pod kraticom IFF (engl. IFF - *identify friend or foe)*. Svaki avion bio je opremljen jednim odašiljačem koji bi se aktivirao i odašiljao nakon što bi primio signal s vlastitog radarskog sustava na tlu.

RFID sustavi rade na istom principu kao IFF sustav. Primopredajnik odašilje signal, a transponder prima signal. Kod pasivnih sustava transponder reflektira signal natrag na

[2] BBC – British Broadcasting Corporation - najveća korporacija za emitiranje radijskog i televizijskog programa u svijetu.

primopredajnik dok kod aktivnih RFID sustav transponder odašilje novi signal prema primopredajniku.

Istraživanje i razvoj radarskih i radio frekvencijskih komunikacija nastavljen je tijekom 50-ih i 60-ih godina 20. stoljeća od strane znanstvenika i akademika Sjedinjenih Američkih država, Europe i Japana. Identificirana su mnoga područja od interesa u kojima je primjenjiv koncept udaljene identifikacije objekata.

Veliki iskorak u napretku RFID sustava kakve poznajemo danas postigao je Harry Stockman papirnatim izdanjem pod nazivom *Communication by Means of Reflected Power*[3] 1948. godine. U spomenutom izdanju istaknuo je kako je prije rješavanja osnovnih problema na području komunikacija temeljenih na principu refleksije snage i definiranja područja primjene potrebno prvenstveno uložiti znatne napore u istraživanje i razvoj tehnologije. Nekoliko godina nakon, razvijeni su prvi poluvodički tranzistori i upravo su oni omogućili ostvarenje Stockmanove vizije. Velike kompanije su 1960-ih godina započele s komercijalizacijom sustava za zaštitu od krađe (engl. EAS - *electronic article surveillance*[4]) temeljenog na RFID principima tj. koristili su radio valove kako bi detektirali pokušaj krađe u trgovinama. U tim sustavima korištene su 1-bitne oznake (engl. *tag*) i antene kao detektori oznaka na ulazu u trgovine. Bit oznake ima dva stanja, uključen i isključen. Oznake su normalno uključene, a isključuju se skeniranjem proizvoda na blagajni. Ukoliko osoba pokuša iznijeti proizvod iz trgovine mimo blagajne, antene na ulasku detektiraju uključene oznake i oglašavaju alarm. Spomenute 1-bitne oznake koriste se i danas.

U posljednja tri desetljeća uložena su znatna sredstva u daljnji razvoj RFID tehnologije. Početkom 90-ih godina IBM[5] je razvio i patentirao RFID sustav ultra visoke frekvencije (engl. UHF[6] - *ultra high frequency*) koji obuhvaća RFID čip, oznake i čitač te međusobnu komunikaciju. Ubrzo nakon patentiranja IBM su slijedile mnoge velike tehnološke kompanije što je doprinijelo velikoj popularnosti RFID sustava ultra visoke frekvencije. Prva značajna integracija RFID sustava dogodila se je 1991. godine u Oklahomi u Sjedinjenim Američkim Državama kada je pomoću RFID sustava uvedena automatska

[3] Engl. *Communication by Means of Reflected Power* – komunikacija pomoću refleksije snage.

[4] EAS – elektronsko nadziranje proizvoda.

[5] IBM – International Business Machines - američka tvrtka koja je jedna od pionira u razvoju računarstva i informacijskih tehnologija.

[6] UHF – radio frekvencije u rasponu od 300 MHz do 3 GHz.

naplata cestarine bez zaustavljanja vozila na naplatnim postajama. Nekoliko godina kasnije, 1994. godine RFID sustav implementiran je u knjižnicu u Singapuru čime je postignuto automatsko izdavanje i vraćanje knjiga.

Početkom 2000. godine nekoliko velikih kompanija uključujući Uniform Code Council, Gillette, EAN International i Procter & Gamble financiralo je osnivanje Auto-ID Center sustava na američkom sveučilištu tehnologija u državi Massachusetts (engl. MIT - Massachusetts Institute of Technology) s ciljem stvaranja jedinstvene baze podataka dostupne internetom koja bi sadržavala informacije o RFID oznaci i proizvodu kojem je dodijeljena. Auto-ID Center sustav omogućio je povezivanje proizvoda s oznakom putem interneta. RFID je odjednom postao internet stvari (engl. IoT[7] – *internet of things*) što je omogućilo praćenje proizvoda od njegovog polazišta tj. proizvodne linije pa do njegovog odredišta tj. distributera ili maloprodajnog lanca.

Više od stotinu svjetskih kompanija podržalo je rad Auto-ID Center sustava do početka 2003 godine. To je rezultiralo razvojem dva nova standarda na području bežičnih komunikacija (engl. Class 1, Class 2), elektronsku brojevnu shemu (engl. EPC - e*lectronic product code*) te mrežni protokol za pretraživanje RFID oznaka na internetu. Početkom 2003. godine Auto-ID Center podijeljen je na dva entiteta, Auto-ID Labs i GS1. Auto-ID Labs zadužen je za daljnji razvoj RFID tehnologije.

2.1 Budućnost razvoja i primjene RFID tehnologije

Usprkos tome što RFID tehnologija pruža značajne pogodnosti njezin potencijal nije u potpunosti dostignut kod krajnjih korisnika. RFID nema konkurencije na području automatske identifikacije i tehnologije prikupljanja podataka. Slobodno možemo reći da RFID sustave tek čeka procvat. RFID oznake upotrebljavaju se u mnogim sustavima kao što su sigurnosni sustavi vozila, logistički, skladišni i opskrbni sustavi, praćenje materijalne imovine (npr. evidencija IT uređaja, evidencija alat i sl.), sportski događaji i konferencije, sustavi za kontrolu pristupa, sustavi knjižnica, sustavi prepoznavanja itd. Iz perspektive proizvodnje, opskrbnih lanaca ili skladišta primjena je je još uvijek ograničena. Sustavi

[7] IoT - povezivanje uređaja putem interneta.

postoje no vrlo je teško nadmašiti klasičan barkod sustav označavanja artikala koji je još uvijek nekoliko desetaka puta jeftiniji nego RFID označavanje.

Iz tih razloga povrat ulaganja (engl. ROI – *return of investment*) još je uvijek teško kratkoročno ostvariti no dugoročno daje mnogo više prednosti i automatizacije procesa što za posljedicu ima mnogo manji utrošak resursa organizacije te samim time i niže manipulativne troškove. Mnoge prednosti RFID sustava došle bi do izražaja kada bi RFID označavanje započelo pri samoj proizvodnji tj. kada bi se RFID oznaka pričvrstila na proizvod u početnim fazama proizvodnje te pratila proizvod kroz cjelokupni opskrbni lanac sve do ruku potrošača. Memorijski kapacitet RFID oznaka glavni je adut naspram barkod oznake u koji se mogu pohraniti sve informacije o proizvodu kao što su npr. datum proizvodnje i datum valjanosti, opis i sastav proizvoda, informacije o pojedinim fazama u opskrbnom lancu, cijena itd. Jasno je kako su te značajke glavna prednost RFID sustava s obzirom da takve informacije nije moguće pohraniti u barkod.

Razvoj RFID tehnologije napredovao je u tolikoj mjeri da je moguća vrlo velika fleksibilnost pri izradi RFID oznake. Moguće je birati na koji način će se oznaka pričvrstiti za proizvod. Većina oznaka je samoljepljiva tj. koristi tanak sloj ljepila s jedne strane no dostupne su mogućnosti odabira debljine i jačine ljepljivog sloja. Također su dostupne mogućnosti izrade oznaka s rupama za montažu vijcima, vezicama i sl. iz čega proizlazi zaključak kako je i sam oblik RFID oznaka vrlo fleksibilan te se može mijenjati kako bi se omogućila uporaba na proizvodima neovisno o veličini i obliku. Kako bi se udovoljilo agresivnim uvjetima okoline RFID oznake proizvode se od različitih materijala kao što su papir, plastika, guma i metal. Za potrebe vizualne identifikacije moguć je ispis informacija na RFID oznakama čija trajnost također ovisi o uvjetima okoline. Najveća prednost RFID oznaka je memorija u kojoj se mogu pohraniti informacije i podaci neovisno o strukturi.

Paralelno s razvojem oznaka razvijaju se i ostali dijelovi RFID sustava. Mobilni RFID čitači posjeduju značajke kao što su zaslon osjetljiv na dodir, moderni informacijski operativni sustavi, RFID antena većeg dometa, bežično povezivanje, kamera, GPS pozicioniranje i sl. što ih čini efikasnim i efektivnim alatom u aktivnostima svakodnevnog poslovanja. Naravno, toliko količina integriranih tehnologija dolazi i uz odgovarajuću cijenu koja nerijetko bude prepreka za integraciju u malim poslovnim sustavima.

RFID tehnologija svakako ima budućnost no prije svega potrebno je uložiti dodatni napor u standardizaciju tehnologije tj. objediniti industriju sa standardima te tehnologiju

učiniti cjenovno pristupačniju širem krugu krajnjih korisnika. Tada će biti moguće marketinškim aktivnostima uvjeriti krajnje korisnike u prednosti tehnologije.

3. Tehnologija i arhitektura RFID sustava

S obzirom na povijest i raširenost RFID tehnologije u svijetu na razvoj su utjecali mnogi čimbenici. RFID sustavi dizajnirani su ovisno o okolini implementacije što je rezultiralo uporabom više vrsta komunikacijskih tehnologija te u skladu s time i širok spektar modela pojedinih elemenata RFID sustava. U ovom poglavlju opisane su frekvencije rada i njihove značajke te pojedini elementi RFID sustava koje je moguće pronaći u uporabi u svijetu.

3.1 Frekvencija rada RFID sustava

RFID sustavi imaju vrlo široko područje primjene. Gotovo je nemoguće zamisliti gospodarsku granu u kojoj se ne koristi bilo kakav oblik RFID tehnologije. RFID sustave možemo pronaći u granama poput industrije, energetike, graditeljstva, usluga, prometa i trgovine. Veliko područje primjene za posljedicu ima prilagodbu tehnologije kako bi se interferencije među različitim tehnologijama smanjile, a istovremeno povećala interoperabilnost. Upravo iz spomenutih razloga RFID oznake rade na nekoliko frekvencijskih raspona definiranih unutar ISM (engl. ISM *band – **i**ndustrial, scientific and medical band*) područja.

3.1.1 Niska frekvencija

RFID oznake niske frekvencije (engl. LF – *low frequency*) rade na frekvencijama od 125 kHz i 134.2 kHz. RFID oznake niskih frekvencija vrlo su malog dometa od svega nekoliko centimetara te mogu prenijeti vrlo malu količinu podataka. Zbog spomenutih ograničenja kapacitet pohrane podataka na RFID oznakama je također vrlo mali. RFID oznake niske frekvencije moguće je čitati isključivo pojedinačno jer zbog niske frekvencije ne posjeduju antikolizijska svojstva pa simultano čitanje više oznaka odjednom nije moguće.

Elektromagnetska svojstva niskih frekvencija omogućuju uporabu oznaka niske frekvencije na stvarima koje sadrže vodu i tekućinama, tkivima životinjskog podrijetla, drvu i metalu.

Navedene prednosti i nedostaci diktiraju područje primjene RFID oznaka niskih frekvencija pa se tako iste koriste u sustavima kontrole pristupa, praćenja inventara, identifikacije životinja, sustavima zdravstvene zaštite te u maloprodajnim sustavima. Osobito su zastupljene u auto industriji npr. na proizvodnim linijama i identifikaciji auto dijelova te pametnim karticama i ključevima.

3.1.2 Visoka frekvencija

RFID oznake visoke frekvencije (engl. HF – *high frequency*) koriste frekvenciju od 13.56 MHz za komunikaciju. Viša frekvencija omogućuje veći domet (do pola metra) i veću brzinu komunikacije u usporedbi s RFID oznakama niske frekvencije. Također, moguća je implementacija antikolizijskih mogućnosti no s obzirom na mali domet, a veliku složenost implementacije izbjegava se takva implementacija. Oznake visoke frekvencije većeg su kapaciteta, posjeduju memoriju veličine do 4 kB.

RFID oznake visoke frekvencije mogu se koristiti na stvarima koje sadrže vodu, tkivima, drvu, metalu i tekućinama no zbog visoke frekvencije na njih negativno utječu metalni objekti u neposrednoj blizini. Antene za detekciju oznaka visokih frekvencija vrlo su jednostavne. Izvedba antena je vrlo tanka jer je dovoljno samo nekoliko namotaja konduktivnog materijala za uspješnu detekciju oznaka. Zbog navedenih svojstava RFID oznake visokih frekvencija idealan su izbor za implementaciju u pametne kartice (bankovne kartice), sustave knjižnica te aerodromske sustave praćenja prtljage što ih čini najzastupljenijim RFID oznakama u svijetu.

3.1.3 Ultra visoka frekvencija

U području ultra visoke frekvencije koriste se frekvencije od 433 MHz i 860-960 MHz za RFID sustave. U usporedbi s nisko i visoko frekvencijskim oznakama, ultra visoko frekvencijski sustavi imaju daleko veći domet koji u idealnim uvjetima može iznositi čak 20 metara. Takvi sustavi posjeduju antikolizijska svojstva pa je moguće simultano čitanje više oznaka odjednom. S obzirom na vrlo visoku frekvenciju oznake imaju veći kapacitet pohrane podataka, te kao što je prije spomenuto, i mnogo veći domet no bitno je sužen izbor materijala na kojem se koriste. Ne mogu se koristiti na materijalima koji sadrže vodu,

tkivima i metalima. Spomenuti materijali ne smiju se nalaziti u blizini ovih oznaka jer znatno smanjuju domet i izobličuju radio signal RFID sustava. Čitanje je, također, onemogućeno ukoliko se između RFID antene i RFID oznake nalazi bilo kakav konduktivni materijal.

3.2 Dijelovi RFID sustava

RFID sustav sastoji se od oznake (engl. *tag*), čitača (primopredajnik) i antene. Oznaka je malih dimenzija, može sadržavati integrirani krug (engl. IC – *integrated circuit*) za pohranu podataka i stavlja se na predmet od interesa npr. proizvod u maloprodajnom lancu, automobilski dio na proizvodnoj traci itd. Na primopredajnik je spojena antena i oboje se obično nalaze na fiksnoj poziciji.

Primopredajnik odašilje elektromagnetske valove pomoću spojene antene. Oznaka prima elektromagnetske valove i odgovara zapisivanjem podataka u memoriju oznake (integrirani krug) ili odgovara odašiljanjem podataka o proizvodu također putem novih elektromagnetskih valova. Budući da oznaka ima antenu višestruko manjih dimenzija, snaga, a time i domet odaslanih elektromagnetskih valova je mnogo manji. Primopredajnik prima elektromagnetske valove odaslane s oznake.

U integriranom krugu pohranjuju se informacije koje su jedinstvene za objekt od interesa na kojem se nalaze. Osim informacija o samom proizvodu, moguće je pri svakom koraku proizvodnog procesa pohranjivati i dodatne informacije od bitnog značaja. Proces čitanja i zapisivanja podataka potpuno je automatiziran jer se informacije zapisuju i čitaju elektromagnetskim valovima te nije potrebna nikakva ljudska interakcija.

3.2.1 Oznaka

Oznaka se sastoji od antene i integriranog kruga, te ovisno o vrsti oznake, i vlastitog napajanja. Također, u oznaku je moguće integrirati senzor temperature, vlage i sl. ovisno o potrebi poslovnog ili proizvodnog procesa koji se nadzire. Oznaka je minijaturni primopredajnik s obzirom da može komunicirati s čitačem uporabom radio valova u zoni dometa tj. u zoni čitanja. U integriranom krugu pohranjena je jedinstvena brojčana vrijednost koja služi kao identifikator predmeta na kojem se nalazi. Pored identifikatora pohranjuju se

informacije o samom predmetu te je, također, moguće pohraniti podatke iz pojedinih faza poslovnog procesa proizvodnje s ciljem naknadne analitike poslovnog procesa i sl.

3.2.1.1 Pasivne oznake

Oznake mogu biti aktivne, polu-pasivne i pasivne kako je navedeno u [3]. Pasivne oznake ne posjeduju vlastiti izvor napajanja za rad već energiju dobivaju iz primljenih radio valova koje odašilje čitač. Induktivna svojstva antene oznake pretvaraju elektromagnetsko zračenje iz radio valova u električnu energiju dostatnu za generiranje povratnog radarskog signala (engl. *backscatter*).

Pasivne oznake mogu biti izvedene u mekom (engl. *inlay tag*) i tvrdom obliku (engl. *hard tag*). Meke oznake mogu biti izvedene kao suhe (bez ljepila), mokre (s ljepilom) te kao oznake s papirnatim naličjem namijenjene ispisu. Oznake izvedene u tvrdom obliku izrađuju se od plastike, gume, keramike i metala te ih odlikuje iznimna čvrstoća. Oblik se određuje prema potrebi tj. u ovisnosti o primjeni, materijalu i funkciji. Područje primjene definira zahtjeve koje oznake moraju zadovoljavati pa se u ovisnosti o spomenutom proizvode oznake otporne na visoke temperature, oznake otporne na mehanička oštećenja, oznake točno definiranih dimenzija, oznake točno definiranih materijala izrade i sl.

Slika 1 - RFID meki tip pasivne oznake[8]

[8] Izvor: https://www.atlasrfidstore.com/smartrac-minitrack-hf-rfid-wet-inlay-nxp-icode-slix/ pregledano veljača 2018. g.



Slika 2 - RFID čvrsti tip pasivne oznake[9]

3.2.1.2 Polupasivne oznake

Polupasivne oznake (engl. BAT - *battery assisted tag*) sadrže bateriju čija je primarna funkcija napajanje integriranog kruga s ciljem očuvanja pohranjenih podataka. Polupasivne oznake ne sadrže aktivni odašiljač već, kao i pasivne oznake, koriste energiju iz radio valova čitača za povratni signal. Domet polupasivnih oznaka veći je nego kod pasivnih oznaka i može iznositi do 30 metara. Memorija polupasivnih oznaka je, također, većeg kapaciteta nego kod pasivnih oznaka. Dimenzije i masa polupasivnih oznaka u ovisnosti su o dimenzijama baterije koje opet definira potreba za određenim vijekom trajanja baterije.

Ove oznake vrlo su učestale kao senzori za praćenje parametara okoliša pa se vrlo često koriste u hladnjačama i sl.

Nedostatak polupasivnih oznaka je vijek trajanja ograničen vijekom trajanja baterije te u tom slučaju mogu na pobudu čitača odašiljati pogrešne podatke.

3.2.1.3 Aktivne oznake

Aktivne oznake posjeduju bateriju kao vlastiti izvor napajanja što im omogućava mnogo veći domet i veći kapacitet memorije. Rok trajanja baterije varira između tri do pet godina nakon čega je potrebno zamijeniti RFID oznaku novom.

Aktivne RFID oznake možemo podijeliti u dvije grupe: primopredajnike (engl. *transponder*) i odašiljače (engl. *beacon*).

[9] Izvor: https://www.sensormatic.com/products/hard-tags/dual-technology-tags/magnetic-am-rfid-2d-barcode-tag/ pregledano veljača 2018. g.

Oznake sa svojstvima primopredajnika se odazivaju isključivo kada prime signal s čitača. U tom slučaju odgovaraju slanjem relevantnih informacija novim radio signalom. Odlikuje ih ekonomična potrošnja energije jer odašilju podatke jedino kada su u dometu čitača. Ovaj tip oznaka vrlo je uobičajen u sustavima kontrole pristupa i naplati prometa (npr. naplata cestarine).

Beacon oznake ne posjeduju funkciju prijemnika već samo odašiljača. Emitiraju radio signal u pravilnim vremenskim intervalima koji najčešće iznos 3-5 sekundi. Domet ovakvih oznaka može iznositi do stotinu metara, a uobičajeno se koriste u naftnoj industriji, rudarstvu, pomorskom prometu i logistici, građevinarstvu te u proizvodnji koja koristi vrlo vrijedne sirovine.¸

3.2.2 Čitač

Čitač je uređaj koji se sastoji od antene za odašiljanje i primanje radio valova te elektronike. Funkcija antene je primanje i slanje radio valova (koji ujedno predstavljaju i izvor energije za pasivne oznake) dok elektronika predstavlja sloj između antene i korisničke aplikacije. Zadatak elektronike je slanje i primanje podataka pomoću antene. Čitač se proizvodi u inačicama kao ručni, mobilni ili fiksni.

3.2.2.1 Zona čitanja

Zona čitanja je područje dometa čitača u kojem čitač može čitati i zapisivati podatke u oznake. Zona čitanja je trodimenzionalni prostor emitiranja radio valova čitača.

3.2.2.2 IT sloj

IT sloj sastoji se od srednjeg sloja (engl. *middleware*[10]) i poslovnih aplikacija.

Srednji sloj

Prema [2] zadaća srednjeg sloja je manipulacija podacima između čitača i poslovnih aplikacija te upravljanje sklopovljem čitača. Srednji sloj prima, obrađuje i šalje podataka s čitača, izvodi procese obrade podataka, pohranjivanja podataka te slanja podataka poslovnim aplikacijama u skladu sa zahtjevima sustava.

[10] *Middleware* - softver koji djeluje kao most između operacijskog sustava ili baze podataka i aplikacija, posebno na mreži.

Poslovne aplikacije

Poslovne aplikacije su sučelje prema korisniku. To su aplikacije izrađene u skladu sa zahtjevima nekog poslovnog procesa, a koriste podatke dobivene sa srednjeg sloja. Dobiveni podaci oblikovani su prema važećim RFID standardima koje definiraju globalne organizacije poput ISO[11] ili EPCglobal[12]. Poslovne aplikacije dalje koriste dobivene podatke u poslovnim procesima praćenja resursa, izrade poslovnih dokumenata, prikaza podataka i sl.

3.3 Primjena RFID sustava

RFID sustavi se na tržištu nalaze već dugi niz godina i dobrobiti koje proizlaze iz njihove primjene prepoznate su u mnogim poslovnim procesima. RFID sustavi nisu pronašli primjenu samo u tehnološkom sektoru već i u ostalim gospodarskim granama i djelatnostima kako je vidljivo u [4]. Slijedeći primjeri opisuju raznolikost primjene RFID sustava u svijetu.

3.3.1 Beskontaktne pametne kartice

Svakom iteracijom razvoja poluvodičkih tehnologija omogućen je sve veći stupanj integracije po jedinici površine. Sedamdesetih godina prošlog stoljeća bilo je moguće integrirati memoriju za pohranjivanje male količine podataka i zaštitne mehanizme unutar jednog integriranog kruga što je omogućilo razvoj pametnih kartica. Prva masovna uporaba pametnih kartica započela je početkom osamdesetih godina u Francuskoj kada su predstavljene telefonske pametne kartice. Do 1986. godine u opticaju je bilo preko nekoliko milijuna pametnih telefonskih kartica u Francuskoj.

Daljnjim razvojem tehnologije omogućena je integracija mikroprocesora unutar pametnih kartica što je vrlo dobro iskorišteno u bankarskom sektoru izdavanjem pametnih bankovnih kartica. Taj sustav komunicirao je na frekvenciji od 135 kHz što je u kombinaciji s velikom potrošnjom pametnih kartica imalo za posljedicu uporabu primopredajnika velikih dimenzija. Zbog tih ograničenja uporaba pametnih kartica nije uhvatila zamah.

[11] ISO – International Organization for Standardization – Međunarodna organizacija za standardizaciju.

[12] EPCglobal – međunarodna organizacija čiji je cilj uvođenje EPC standarda (engl.EPC - e*lectronic product code*) u cijelom svijetu.

Početkom 90-ih godina razvijen je RFID sustav na frekvencijama od 13.56 MHz što je omogućilo izradu primopredajnika vrlo malih dimenzija. Po prvi puta bilo je moguće proizvesti primopredajnik u ID-1 formatu debljine svega 0,76 mm.

Razvoj pametnih kartica nastavljen je pa tako danas postoje tri standarda beskontaktnih kartica kako je prije opisano u tekstu.

3.3.2 Javni prijevoz

Javni gradski prijevoz idealno je područje za primjenu RFID sustava. Najčešći oblik implementacije RFID sustava u javnom prijevozu je u obliku ID-1 pametnih beskontaktnih kartica. Razlog leži u karakteristikama kao što su vijek trajanja do 10 godina, otpornost na atmosferske utjecaje i prljavštinu, te male dimenzije koje omogućuju pohranu u torbici ili novčaniku.

Investicija u RFID sustave je u početku veća no trošak se amortizira u vrlo kratkom vremenu jer prednosti koje RFID sustava donosi odnose se na sve dionike sustava, putnike, vozače te organizaciju. Putnici više ne moraju voditi brigu o sitnim novcima prilikom kupovine karata kod vozača, vrijednosne karte vrijede usprkos promijeni cijene karata, period mjesečnih vrijednosnih karata može započeti bilo kojeg dana u mjesecu i sl. Vrijednosne karte ne prodaju se u vozilu te vozači više ne bivaju ometani u vožnji zbog prodaje karata, ne postoji mogućnost pljačke vozača i sl. Kao rezultat navedenog povećana je sigurnost putnika u vozilu i ugled same organizacije. S druge strane smanjeni su manipulativni troškovi vozača i drugog osoblja koje sudjeluje u procesu dnevnog prikupljanja prihoda od karata. Prednosti također leže i u mogućnosti stvaranja pravednijih tarifa naplate vožnji što putnici posebno cijene.

3.3.3 Beskontaktno plaćanje

Beskontaktno plaćanje u današnje vrijeme čini većinu plaćanja roba i usluga u maloprodaji tj. krajnjim kupcima. Postoje dvije vrste sustava beskontaktnih plaćanja; otvoreni i zatvoreni sustavi. Zatvoreni sustavi su sustavi koji su specifični za neku organizaciju npr. *pre-paid*[13] bonovi mobilnih operatera, *pre-paid* poklon kartice i sl. S

[13] Engl. *pre-paid* - kartica kod koje klijent unaprijed "puni" karticu određenim iznosom koji kasnije troši na prodajnim mjestima i samouslužnim uređajima.

obzirom da su zatvoreni sustavi kreirani po želji i potrebi organizacije moguća je uporaba različitih RFID standarda.

Nasuprot zatvorenim sustavima otvoreni sustavi temeljeni su na globalnim standardima kako bi usluga bila dostupna unutar i izvan granica države u kojoj organizacija nudi usluge klijentima. Primjer otvorenih sustava su sustavi beskontaktnog plaćanja bankovnim karticama na POS (engl. POS[14] – *point of sale*) uređajima trgovina. Banka osigurava povezanost bankovne kartice s bankovnim računom vlasnika te osigurava komunikacijski kanal za sigurno izvršavanje transakcija. Sigurnim komunikacijskim kanalom komunicira se autentifikacija korisnika, iznos transakcije, valjanost kartice i sl. te u ovisnosti o dostupnim sredstvima na bankovnom računu ili odobrenom kreditnom iznosu korisnika izvršava ili odbija transakcija.

3.3.4 NFC aplikacije

NFC (engl. NFC[15] – *near field communication*) je kratkometna bežična tehnologija temeljena također na RFID standardima. Nezaobilazna je tehnologija integrirana u pametne mobilne telefone. Komunikacija između dva NFC uređaja uspostavlja se automatski kada uređaji dođu u domet jedan drugome, a pritom nije potrebna nikakva prethodna konfiguracija uređaja od strane korisnika.

NFC aplikacije dijelimo u 4 osnovne kategorije:

3.3.4.1 Touch and Go

U ovu grupu spadaju aplikacije poput sustava za kontrolu pristupa, te sustavi kontrole karata. NFC je u ulozi beskontaktne pametne kartice na kojoj je pohranjen pristupni kod ili elektronska karta koju korisnik skenira u prolazu pored NFC čitača.

3.3.4.2 Touch and Confirm

Ovoj grupi pripadaju aplikacije za beskontaktna plaćanja kod kojih korisnik mora potvrditi transakciju unosom pina na NFC uređaju.

[14] POS – označava vrijeme i mjesto izvršenja transakcije naplate roba ili usluga na prodajnom mjestu.

[15] NFC – bežična komunikacija dometa do 4 cm.

3.3.4.3 Touch and Connect

Spajanje dva NFC uređaja s ciljem međusobne razmjene sadržaja poput muzike, slikovnih zapisa, sinkronizacije imenika i sl.

3.3.4.4 Touch and Explore

NFC uređaj može omogućiti oglašavanje dostupnih usluga drugom NFC uređaju kako bi korisnik imao uvid u dostupne usluge putem NFC komunikacije.

3.3.5 Elektronska putovnica

Elektronska putovnica ili ePutovnica (engl. *ePassport*) naziv je za putovnicu s integriranom RFID oznakom s ciljem povećanja sigurnosti od krivotvorenja putovnica. RFID oznaka sadrži podatke o osobi poput imena i prezimena osobe, datuma rođenja, spolu te biometrijske podatke poput fotografije osobe i otiska prsta. Za pohranjivanje podataka potreban je kapacitet memorije integrirane RFID oznake od minimalno 32 kB. Standardno se proizvode ePutovnice s kapacitetom memorije od 64 ili 72 kB. Elektronske putovnice koriste globalni standard ISO/IEC 14443 koji propisuje maksimalan domet s RFID čitačem od 10 cm, brzine prijenosa podataka od 106 kBit/s i 848 kBit/s. Serijski broj se generira slučajnim putem kako bi se umanjio rizik od praćenja i krivotvorenja ePutovnice. Također, čitanje podataka iz memorije RFID oznake moguće je jedino nakon uspješne autentifikacije čitača i oznake što se postiže optičkim skeniranjem podataka MRZ (engl. MRZ – *machine readable zone*) područja na ePutovnici.

3.3.6 Skijaške karte

Otpornost na atmosferske utjecaje RFID pametnih beskontaktnih kartica prepoznata je do sada u mnogim gospodarskim granama pa tako i u onim vezanim za sport. RFID skijaške propusnice nezaobilazan su detalj u upravljanju modernim skijaškim centrima. Time su izbjegnute gužve prouzročene kontrolom skijaških propusnica jer se kontrola izvodi automatski prolaskom kroz posebno dizajnirane rampe gdje nije potrebna nikakva interakcija s korisničke strane. Iz tog razloga RFID sustavi skijaških centara većeg su dometa, od nekoliko metara, te su potrebne dvije nasuprotne antene kako bi se uspješno pročitala RFID oznaka korisnika. Kao posljedica većeg dometa RFID čitači tj. njihove antene mnogo su većih dimenzija, a pojavljuje se i problem međusobne interferencije signala

antena. Taj problem izbjegnut je sinkronizacijom čitača tj. istovremeno može biti aktiviran samo jedan čitač. Po završetku uspješnog čitanja daje se signal RFID sustavu koji onda aktivira idući čitač prema redu slanja zahtjeva za čitanjem RFID oznake.

3.3.7 Kontrola pristupa

Kontrola pristupa vrlo je bitan dio sigurnosnog sustava neke organizacije. Kontrolom pristupa nastoji se automatizirati proces provjere prava pristupa pojedinaca štićenim objektima, područjima ili prostorijama.

3.3.7.1 *Online* sustavi

Na mjestima s velikom frekvencijom protočnosti na više različitih točaka provjere koriste se online sustavi kontrole pristupa. Čitači na svim kontrolnim točkama spojeni su na središnji informacijski sustav koji sadrži podatke o korisnicima. Autorizacijski podaci potrebni za odobrenje ili odbijanje kontrole pristupa bivaju pohranjeni u memoriji čitača na točkama kontrole pristupa kako bi se izbjegla čekanja odgovora od strane informacijskog sustava u slučajevima preopterećenosti ili sl. Podaci o korisnicima ažuriraju u na jednom mjestu u centralnom informacijskom sustavu.

3.3.7.2 *Offline* sustavi

Offline sustavi koriste se u situacijama kada je velikom broju štićenih prostorija potrebno omogućiti pristup vrlo malom broju točno određenih korisnika. Vrlo učestali primjer je kontrola pristupa elektronskim RFID bravama u hotelske sobe i popratne sadržaje rekreacijskih centara kao što su saune, bazeni i sl. Elektronske brave nisu spojene na računalnu mrežu te ne postoji nikakva povezanost s informacijskim sustavom. Administracija brava izvodi se posebnim prijenosnim ručnim terminalima, a komunikacijski kanal između terminala i brave najčešće se ostvaruje infracrvenom vezom. Napajanje brave je baterija trajnosti godinu dana.

U memoriji brave najčešće su pohranjeni kodovi/identifikatori kojima je dozvoljen pristup u određenu prostoriju na kojoj se brava nalazi. Na RFID kartici korisnika također se pohranjuje jedinstveni kod/identifikator, a moguća je pohrana i ostalih podataka poput perioda do kada vrijedi odobrenje pristupa i sl. Brava prilikom čitanja RFID kartice korisnika očitava identifikator s kartice i uspoređuje s identifikatorima u svojoj memoriji te ukoliko pronađe odgovarajući u svojoj memoriji odobrava tj. otključava vrata korisniku.



Slika 3 - RFID brava za kontrolu pristupa u hotelima[16]

3.3.8 Transportni željeznički sustavi

Različitost u standardima i sustavima željezničkog transportnog sustava unutar članica Europske unije predstavlja prepreku međudržavnim transportnim tokovima. Iz tog razloga Europska unija potiče razvoj u uporabu jedinstvenog unificiranog europskog sigurnosnog i kontrolnog sustava ETCS (engl. ETCS – *European train control system).* ETCS bi trebao osigurati interoperabilnost između željezničkih sustava članica Europske unije.

ETCS sustav sastoji se od četiri sustava: EURO-Cab, EURO-Loop, EURO-Radio i Eurobalise.

RFID sustav pronašao je primjenu i u Eurobalise sustavu. RFID oznake postavljene su na pruzi i napajanje dobivaju induktivnim povezivanjem vlaka u prolazu. Povezivanje koristi frekvenciju rada od 27.115 MHz, a prijenos podataka odvija se na frekvenciji od 4.24 MHz. Induktivno povezivanje moguće je na brzinama vlaka do 500 km/h.

[16] Izvor: http://www.archiexpo.com/prod/kaba-sas/product-52803-336652.html pregledano veljača 2018. g.



Slika 4 - Eurobalise RFID sustav[17]

3.3.9 Identifikacija životinja

RFID sustavi u vrlo su širokoj primjeni također i u sustavima kontrole životinja. Vrlo učestala primjena je u sustavima identifikacije, sustavima hranjenja životinja na farmama, sustavima kontrole kvalitete i sljedivosti porijekla životinja. Životinje je moguće označiti RFID oznakom posebnim RFID ogrlicama, RFID oznakama bušenim na uški životinje, potkožnim RFID oznakama te posebnim RFID oznakama koje se umeću u burag preživača. Posljednja dva načina su RFID oznake u obliku implantata koji su sigurne od zlouporabe s obzirom da se nalazu u tijelu životinje.

3.3.10 Sportski događaji

RFID označavanje sudionika vrlo se često primjenjuje u sportskim maratonima gdje je potrebno mjeriti vrijeme velikog broja sudionika. Svaki sudionik ima RFID oznaku pričvršćenu na obući kako bi ista bila što bliže RFID anteni koja se nalazi na tlu. RFID antena integrirana u vrlo tanak otirač, a vrijeme prolaska se mjeri uz pomoć vremena koje sudionik provede u dometu antene prilikom prelaska preko otirača. Ovakvi RFID sustavi koriste frekvenciju od 135 kHz, a oznake su integrirane u plastično kućište kako bi bile otporne na vanjske utjecaje i oštećenja.

[17] Izvor: https://www.siemens.com/press/photo/soimo201110-03e pregledano veljača 2018. g.

3.3.11 Automatizacija industrijskih sustava

U velikim proizvodnim pogonima uporaba RFID sustava doprinijela je većoj kontroli nad aktivnostima unutar različitih faza procesa proizvodnje. Također, omogućene su varijacije u proizvodnji proizvoda na linijama serijske proizvodnje zapisivanjem ključnih parametara na samu RFID oznaku pojedinog proizvoda. Zapisani parametri koriste se kao ulazni parametri u slijedećim koracima proizvodnog procesa te se u ovisnosti od tih ulaznih parametara može definirati slijedeća aktivnost proizvodnog procesa. Na taj način omogućeno je da se na istoj proizvodnoj linije ne proizvode proizvodi identičnih karakteristika već su dopuštene različite varijante.

U takvim sustavima kontrola je ključan čimbenik cjelokupnog proizvodnog procesa. Kontrola može biti centralizirana ili decentralizirana tj. delegirana na pojedine logičke ili fizičke podsustave. Centralizirani sustavi neophodni su u slučajevima kada je tijekom cjelokupnog proizvodnog procesa nužan pristup podacima iz različitih podsustava.

Prednosti koje proizlaze iz uporabe RFID sustava posebno se odnose na unaprjeđenje kontrole kvalitete, sigurnosti sustava, sigurnosti podataka i fleksibilnosti.

3.4 Sigurnost RFID sustava

Svaki sustav sastoji se od elemenata koji su, ovisno o okolini u kojoj se nalaze, ranjivi i prijeti im rizik od utjecaja vanjskih ugroza s ciljem onesposobljavanja, krađe resursa, krađe podataka ili sl. Kako bi se umanjili ili u potpunosti izbjegli rizici od djelovanja vanjskih ugroza potrebni su zaštitni mehanizmi, politike i procedure kako bi se osiguralo nesmetano funkcioniranje sustava i zadržala kvaliteta procesa. U slijedećim primjerima opisane su sigurnosne prijetnje i zaštitni mehanizmi RFID sustava.

3.4.1 Sigurnosne prijetnje

RFID sustavi koriste bežičnu komunikaciju i u kontinuiranom su razvoju s ciljem povećanja produktivnosti RFID sustava uz istovremeno smanjenje troškova. U slučajevima kada komunikacijski kanal nije zaštićen nekim enkripcijskim algoritmom postoje rizici od vanjskih ugroza s ciljem neovlaštenog pristupa sustavu, prikupljanju podataka ili čak

onesposobljavanja sustava. Prema [1] sigurnosne prijetnje tako možemo razvrstati u one čiji su cilj fizičke komponente RFID sustava, komunikacijski kanal te općenite prijetnje sustavu.

3.4.2 Sigurnosni napadi

Sigurnosne napade moguće je svrstati u dvije kategorije. Napade čiji je cilj prikupljanje informacija prisluškivanjem komunikacije između čitača i oznake svrstavamo u kategoriju kršenja privatnosti. Napade u kojima se krivotvori oznaka ili čitač s ciljem ostvarenja nepoželjne komunikacije svrstavamo u kategoriju sigurnosnih napada. Sigurnosni napadi mogu biti jednoslojni tj. kada djeluju na samu oznaku ili komunikacijski kanal između oznake i čitača ili IT sloj te višeslojni kada istovremeno djeluju na više slojeva odjednom.

Iz svega što proizlazi sigurnosne rizike i prijetnje možemo razvrstati prema cilju na fizičke prijetnje, komunikacijske prijetnje te prijetnje sustavu.

3.4.3 Prijetnje na razini fizičkog sloja

Fizičke prijetnje prema [7] djeluju na fizički sloj RFID sustava koji se sastoji od fizičkog sučelja, radio signala i RFID uređaja. Prijetnje na fizičkom sloju iskorištavaju prednosti bežične komunikacije, slabu fizičku sigurnost te nedostatak fizičke zaštite protiv manipulacije samom oznakom. Cilj fizičkih prijetnji je privremeno ili trajno onesposobljavanje oznake, promjena pohranjenih podataka u memoriji oznake ili kloniranja oznake.

3.4.3.1 Trajno onesposobljavanje oznake

3.4.3.1.1 Uklanjanje oznake

Nedostatak fizičke zaštite oznake te većini slučajeva nemogućnost integriranja oznake u sam proizvod omogućuje manipulaciju oznakom na način da je istu moguće ukloniti s proizvoda ili zamijeniti drugom. Jednostavan primjer je stavljanje oznake jeftinijeg proizvoda na skuplji proizvod u trgovinama s ciljem pribavljanja materijalne koristi. U tom slučaju proizvodu se gubi trag, a u samom sustavu dolazi do narušavanja integriteta podataka jer RFID sustav nije u nikakvoj mogućnosti povezati oznaku s proizvodom tj. detektirati da se oznaka ne nalazi na proizvodu za koji je namijenjena.

3.4.3.1.2 Uništavanje oznake

S obzirom na prije naveden nedostatak fizičke zaštite mnogo je načina na koji oznaka može biti uništena. Oznake mogu biti uništene mehaničkim oštećenjem npr. u transportu ili na samom prodajnom mjestu uslijed nepažljivog rukovanja proizvodom. Mehanička oštećenja mogu nastati uslijed mehaničkih naprezanja materijala na kojem se nalazi oznaka, pritiska na oznaku ili izlaganju kemijskim sredstvima. Također, oznake su vrlo osjetljive na izboj statičkog elektriciteta i visokoenergetske radio valove te na vrlo visoke ili vrlo niske temperature. Uklanjanje baterije jedan je od načina uništavanja aktivnih oznaka.

Uništavanje oznake spomenutim načinima može nastati nenamjerno ili namjerno. Namjerni slučajevi mogu biti prouzročeni vandalizmom bez nekog konkretnog razloga npr. iz čiste obijesti ili s ciljem pribavljanja materijalne koristi jer proizvod čija je oznaka uništena čitač neće moći registrirati te kao takav može biti iznesen iz trgovine bez naplate. Valja napomenuti kako uništavanje oznaka također narušava integriteta podataka RFID sustava.

3.4.3.1.3 Naredba *KILL*

Svaka RFID oznaka ima jedinstvenu lozinku čijom se uporabom trajno onesposobljava oznaka. Uporabom lozinke moguće je prije onesposobljavanja obrisati podatke pohranjene u memorija RFID oznake što je, kao i sama lozinka, definirano od strane proizvođača.

Spomenuti mehanizam koristi se kao sigurnosna zaštita no istovremeno može postati meta napadača s ciljem sabotaže RFID komunikacije.

3.4.3.2 Privremeno onesposobljavanje oznaka

Oznake je moguće privremeno onesposobiti blokiranjem radio valova čitača tj. sprječavanjem da radio valovi čitača dođu do oznake. Stavljanjem oznake u Faradayev kavez[18] (npr. u aluminijsku foliju) prekinuti će komunikacijski kanal između čitača i oznake te time privremeno onesposobiti oznaku. Na komunikacijski kanal mogu nepovoljno utjecati i radio valovi iz drugih izvora, što za posljedicu može imati nemogućnost komunikacije između čitača i oznake, te je samim time oznaka privremeno onesposobljena. Također, oznake mogu biti onesposobljene i utjecajima iz okoline može biti onesposobljen i utjecajem

[18] Faradayev kavez - omotač od bilo kakvog strujnog vodiča.

drugih radio valova Oznaka može biti onesposobljena i utjecajima iz okoline npr. ukoliko je ista prekrivena slojem leda.

3.4.3.2.1 Pasivno ometanje

U današnje vrijeme bežična komunikacija neizbježna je tehnologija u svakodnevnim poslovnim procesima i okružjima. RFID sustav također koristi bežična tehnologija za komunikaciju te je samim time komunikacijski kanal vrlo osjetljiv na moguće smetnje i kolizije drugih izvora radio valova. Izvori smetnji vrlo često mogu biti generatori i ispravljači napona. Metalni objekti, voda te feritna zrnca mogu izobličiti ili čak blokirati radio valove čitača te time onesposobiti komunikacijski kanal.

3.4.3.2.2 Aktivno ometanje

Aktivno ometanje, za razliku od pasivnog u većini je slučajeva namjerno. Napadač može zagušiti komunikacijski kanal odašiljanjem signala u dometu čitača te time onemogućiti komunikaciju između čitača i oznake.

3.4.3.3 Onesposobljavanje čitača

RFID čitač vrlo je važan dio RFID sustava te kao takav potencijalna meta napadača. RFID čitač pored osnovne funkcije – očitavanja oznaka također ima pristup aplikacijskom sloju što napadač može iskoristiti za neovlašteni pristup cjelokupnom sustavu. Čitač također može sadržavati kriptografske podatke za pristup zaštićenim oznakama.

3.4.3.4 Posrednički napadi

Kod posredničkih napada (engl. *relay attack*) neovlašteni korisnik ima ulogu čovjeka u sredini (engl. MITM *attack* - m*an in the middle attack*[19]). Neovlašteni korisnik postavlja neovlašteni uređaj u domet čitača kojim presreće i mijenja radio signal originalnog čitača. Čitač i oznaka nisu svjesni neovlaštenog uređaja tj. komuniciraju posredstvom neovlaštenog uređaja. Kod sofisticiranijih napada ove vrste moguće je koristiti zasebne uređaje za komunikaciju s čitačem i komunikaciju s oznakama. Bitno je naglasiti kako ovakvi napadi mogu biti izvedeni i s vrlo velikih udaljenosti. Primjer ovakvog napada je presretanje

[19] MITM – napad u kojem napadač igra ulogu posrednika u komunikaciji između dvije strane bez njihova znanja s ciljem čitanja ili izmjene sadržaja poruka.

komunikacije između RFID naplatne kartice korisnika i čitača s ciljem neovlaštene potrošnje sredstava s kartice korisnika.

3.4.4 Zaštita RFID sustava

Postoje mnoge raspoložive mjere koje se mogu primijeniti kako bi se ojačala zaštita RFID sustava te smanjile ili potpuno uklonile neke od spomenutih prijetnji. Unajmljivanje zaštitarskih usluga, kontrola ili ograničavanje pristupa uporabom zaključanih ormarića, pregrada, ograda ili vrata te implementacija video nadzornog sustava samo su neke od mogućih mjera za jačanje fizičke sigurnosti oznaka RFID sustava. S druge strane, implementacija oznake u sam proizvod ili sakrivanje oznake unutar proizvoda.

Posrednički napadi mogu biti izbjegnuti jačom enkripcijom komunikacijskog kanala. Aktivno i pasivno ometanje moguće je umanjiti uporabom specijalnih zidova koji blokiraju određena frekvencijska područja pa će na taj način ometajući signal biti blokiran ili smanjen.

3.4.5 Napadi na oznake

3.4.5.1 Kloniranje

Na tržištu postoje programibilne oznake koje je moguće iskoristiti u kloniranju postojećih oznaka te na taj način ugroziti sigurnost i privatnost RFID sustava. Oznake koje sadrže npr. jedinstveni identifikator i osnovne informacije o proizvodu relativno je lako klonirati s obzirom na nedostatak sigurnosnih mehanizama zaštite. Nasuprot tome, oznake koje posjeduju razne sigurnosne mehanizme također je moguće klonirati no, dakako, uz mnogo veći trud.

Kloniranjem se narušava integritet podataka RFID sustava iz razloga što u sustavu postoje oznake s istim jedinstvenim identifikatorom što nije dozvoljeno niti predviđeno u RFID sustavima.

3.4.5.2 Lažiranje oznake

Lažiranje oznake (engl. *spoofing*) je također vrsta kloniranja. Kod lažiranja oznake ne postoji fizički klon oznake već napadač koristi uređaj koji ima funkciju imitacije već postojeće oznake. Za takav napad potreban je puni pristup komunikacijskom kanalu RFID sustava, poznavanje protokola te sigurnosnih mehanizama RFID sustava nad kojim se izvršava napad.

3.4.6 Napadi na čitače

3.4.6.1 Prisluškivanje

Prisluškivanje (engl. *eavesdropping*) je, s obzirom na prirodu bežičnih komunikacija, vrlo čest i raširen oblik prijetnje. Napadač uporabom antene prisluškuje bežičnu komunikaciju između čitača i oznake s ciljem neovlaštenog pristupa sustavu i za uporabu prikupljenih podataka u daljnjim sofisticiranijim napadima. Komunikaciju je moguće prisluškivati u oba smjera, od čitača prema oznaci i obrnuto. Komunikaciju u smjeru od čitača prema oznaci mnogo je lakše prisluškivati jer čitač odašilje mnogo jači signal nego oznaka pa je prisluškivanje moguće izvoditi i s dosta većih udaljenosti što otežava identifikaciju napada i napadača.

3.4.6.2 Lažno predstavljanje

Lažno predstavljanje (engl. *impersonation*) je oblik napada u kojem napadač koristi čitač koji se lažno predstavlja RFID sustavu s ciljem neovlaštenog pristupa sustavu. Lažno predstavljanje vrlo je lako izvesti u sustavima bez autentifikacije, dok u sustavima koji koriste mehanizme autentifikacije vrlo teško do gotovo nemoguće.

3.4.7 Napadi na mrežni protokol

Napadi koji koriste propuste u mrežnim protokolima općenito se odnose na mrežnu komunikaciju, a ne isključivo na RFID sustave, no s obzirom da komponente RFID sustava koriste mrežnu komunikaciju takav oblik napada moguć je i u tim sustavima. Propusti u operativnim sustavima klijenata također doprinose ranjivosti sustava. Sustav je onoliko siguran koliko njegova najslabija točka.

3.4.8 Zaštita na razini mrežnog sloja

Slučajeve kloniranja oznaka moguće je detektirati boljom povezanošću udaljenih RFID sustava. Npr. u slučajevima korištenja RFID kartica za kontrolu ili praćenje pristupa implementacijom strogo definirane sigurnosne politike na razini aplikacijskog sloja moguće je umanjiti, a u ponekim slučajevima i potpuno ukloniti rizike od kloniranja. Tako npr. ako se je korisnik prijavio RFID karticom pri ulasku u neki praćeni ili štićeni objekt tada je potrebno onemogućiti ili upozoriti na ponovni pokušaj prijave ulaska u objekt ako ne postoji trag da se je korisnik odjavio prilikom izlaska iz objekta ili pokušaj prijave istog korisnika

stotinama kilometara dalje na drugoj lokaciji u kratkom vremenu. Takvi scenariji vrlo lako se mogu okarakterizirati kao slučajevi kloniranja RFID kartice.

Pasivne i aktivne RFID oznake moguće je zaštititi enkripcijom komunikacijskog kanala što u velikoj mjeri otežava prisluškivanje. S druge strane pohranjivanje povjerljivih podataka u memoriji oznake moguće je izbjeći na način da se ti isti povjerljivi podaci pohranjuju u bazi podataka sustava, a dohvaćaju prema jedinstvenom identifikatoru ili nekom drugom ključu koji se nalazi pohranjen u memoriji oznake.

Lažiranje oznake i lažno predstavljanje moguće je otežati i umanjiti korištenjem jačim autentifikacijskih mehanizama poput jednokratnih lozinki, pinova te biometrijskih podataka.

Dakle, zaštita na razini mrežnog sloja mora biti implementirana u svim komponentama RFID sustava i tehnologijama koje taj sustav koristi.

3.4.9 Prijetnje na razini aplikacijskog sloja

Nedostatak zaštitnih mehanizama oznaka omogućuje neovlašteno čitanje, izmjenu i brisanje podataka pohranjenih u oznakama. Sve napade koji ciljaju informacije vezane uz aplikacije i veze između oznaka i korisnika svrstavamo u kategoriju prijetnji na razini aplikacijskog sloja.

3.4.9.1 Neautorizirano čitanje oznaka

Neautorizirano čitanje oznaka izvodi se s vrlo male udaljenosti od oznake, najčešće u dometu jednog metra. Za veće domete nužna je skuplja i sofisticiranija oprema. U dobro čuvanim sustavima neautorizirano čitanje je vrlo rijetko.

4. Projektni zadatak - RFID tehnologija u maloprodajnim sustavima

Globalizacija tržišta i informatizacija poslovnih sustava omogućila je interoperabilnost različitih sustava s ciljem razmjene podataka i informacija istovremeno smanjujući troškove poslovanja. Razvoj IT industrije omogućio je integraciju različitih tehnologija u sustave u koje je iste bilo nemoguće integrirati zbog tehnoloških ograničenja te visokih troškova integracije. Jedna od tih tehnologija je svakako RFID tehnologija koja je doživjela procvat u posljednjih 15-ak godina. RFID sustavi su uslijed povećanja dostupnosti te smanjenja troškova implementacije postali jedna od ključnih tehnologija u procesima maloprodaje.

4.1 Načini primjene u maloprodajnim sustavima

Zasićenost tržišta maloprodajnim lancima vrlo je velika. Kako bi maloprodajni lanci zadržali konkurentnost na tržištu nužan je trenutni odaziv na zahtjeve potrošača. Maloprodajni lanci u svakom trenutku moraju osigurati potrebnu količinu proizvoda na svojim policama kako bi zadovoljili potražnju ali istovremeno izbjeći stvaranje nepotrebnih zaliha proizvoda na skladištu. Uz navedeno nužno je pojednostavniti poslovne procese kako bi se smanjila količina ljudskih resursa te time smanjio trošak poslovanja uz istovremeno zadržavanje kvalitete usluga i očuvanja zadovoljstva potrošača.

Sve navedeno moguće je postići uporabom naprednih tehnoloških rješenja poput RFID sustava. RFID sustavi omogućuju praćenje svakog individualnog proizvoda od trenutka ulaska na skladište do trenutka prodaje tj. izlaska iz trgovine. Prikupljenim podacima RFID sustavom omogućen je brži odaziv poslovnog sustava na preferencije potrošača tj. brži odaziv maloprodajnog lanca na promjene potražnje, individualan pristup potrošaču čime se stvara prisniji odnos s potrošačima i povećava povjerenje.

Integracijom RFID tehnologija u maloprodajne aktivnosti postižu se unaprjeđenja u dijelovima planiranja potražnje, odnosa s dobavljačima, zaprimanja i evidencije robe i ljudskim resursima. Poslovni podsustav upravljanja robnim zalihama tj. skladištenjem ostvaruje unaprjeđenja kao što su:

- Brži proces zaprimanja robe
- Brži proces unos podataka u informacijski sustav
- Trenutna informacija o količini zalihe
- Automatsko ažuriranje količine i vrste robe
- Identifikacija nedostataka zaliha u vrlo kratkom vremenu
- Naručivanje i opskrba prema dinamici prodaje
- Postizanje točno tražene količine zaliha
- Manji utrošak ljudskih resursa

Iz sve gore navedeno maloprodaja ostvaruje dodatna unaprjeđenja kao što su:

- Trenutna informacija o količini robe na polici
- Trenutna informacija o isteku roka trajanja
- Trenutna informacija o lot broju
- Trenutna informacija o broju kupaca u trgovini
- Trenutna informacija o sadržaju košarice kupca u trgovini
- Trenutna informacija u povijesti kupovina kroz programe vjernosti
- Izrada računa za naplatu u svega nekoliko sekundi
- Smanjenje čekanja i redova na blagajnama za naplatu

4.1.1 RFID u ulozi osobnog asistenta

Osobni asistent pri kupovini (engl. PSA - *personal shopping assistant*) je sustav osmišljen kako bi unaprijedio iskustvo kupovine povećavajući udobnost kupovine prema preferencijama korisnika. Također, zbog fleksibilnosti u pružanju usluga sustav istovremeno unaprjeđuje učinkovitost poslovanja u maloprodaji, povećava učinkovitost programa povjerenja i promotivnih kampanja kroz sustav upravljanja odnosa s klijentima (engl. CRM – c*ustomer relationship management*).

PSA sustav sastoji se od PSA klijenta (koji čine grafičko sučelje za korisnika i RFID čitač koji prati stanje artikala u kolicima), poslužitelja s bazom podataka o proizvodima i klijentima, poslužitelja za automatsku naplatu, kolica s integriranom RFID oznakom te RFID čitača. Dijelovi sustava međusobno su povezani bežičnom mrežom.

PSA klijent je element sustava zadužen za interakciju s klijentom. Mogućnosti prikaza informacija su mnogobrojne i ovise o količini funkcionalnosti koje sustav sadrži. Na

zaslonu PSA klijenta moguće je prikazati informacije o količini i iznosima proizvoda koje je klijent stavio u košaricu, moguće je prikazivati reklamne kampanje u skladu s preferencijama klijenta, moguće je prikazivati informacije o stanju korisničkog računa ukoliko je klijent ujedno i član programa vjernosti, moguće je prikazati prethodne kupovine i prema njima navoditi klijenta kroz trgovinu do željenih proizvoda itd.

Poslužitelj sadrži različite baze podataka koje uključuju podatke o proizvodima, podatke u klijentima, podatke o transakcijama te RFID podatke.

Poslužitelj za automatsku naplatu je element sustava zadužen za izračun cijene sadržaja košarice prema količinama te naplatu sadržaja klijentu. Podaci o transakcijama naplate pohranjuju se na za to predviđenom centralnom poslužitelju.

Kolica sadrže integriran RFID oznaku kako bi sustav mogao pratiti sadržaj košarice.

RFID čitači postavljeni su na površini cijele trgovine i služe za čitanje RFID oznaka integriranih u kolica čime je moguće pratiti kretanje klijenta kroz trgovinu.

Mogućnosti ovakvog sustava su mnogobrojne i dizajn ovisi isključivo o zahtjevima maloprodajnog lanca.

4.1.2 Programi povjerenja

Programi povjerenja mehanizam su kojim se na osnovu prikupljenih podataka o ponašanju pojedinca i njegovim preferencijama nastoje individualizirati marketinške aktivnosti, ponude i nagrade sukladno osobinama s ciljem jačanja povjerenja u trgovinu. Identifikacija se većinom izvodi članskim magnetnim ili barkod iskaznicama kojima se kupac identificira na blagajni trgovine. Analitičkim metodama sadržaja prijašnjih kupovina nastoji se doći do podatka o preferencijama i ponašanju kupca što ne daje sasvim točnu informaciju o ponašanju kupca za vrijeme kupovine.

RFID tehnologija idealan je alat za podizanje iskustva kupovine na višu razinu od kojeg imaju koristi obje strane, kupac i trgovina. RFID tehnologija omogućuje trgovini podatak u realnom vremenu kada je kupac ušao u trgovinu te se na osnovu tog podatka mogu pokrenuti aktivnosti kojima bi se utjecalo na ponašanje kupca u trgovini. To se može ostvariti kroz više kanala komunikacije npr. putem interaktivnih reklamnih panoa unutar trgovine koji prikazuju promotivne sadržaje ovisno o preferencijama kupca kada se kupac nalazi u njihovoj neposrednoj blizini. Također je moguće slanje promotivnih elektroničkih poruka

kojim bi se opet usmjerilo ponašanje kupca. Na spomenute načine doživljaj kupovine moguće je individualizirati prema preferencijama kupca te time postići veće obostrano zadovoljstvo.

Prema [12] prednosti RFID programa vjernosti naspram tradicionalnih uključuju:

- Bolju razinu usluge
- Personalizirane promotivne poruke u realnom vremenu
- Preporuke putem promotivnih kanala temeljene na ponašanju i preferencijama
- Mogućnost izrade virtualnih popisa za kupovinu
- Brži proces naplate
- Analizu ponašanja kupca za vrijeme kupovine

4.2 Primjeri primjene u svijetu

RFID sustavi vrlo su raširenu u mnogim gospodarskim granama kako je već spomenuto prije u ovome radu. No usprkos tehnološkom napretku, raznolikosti RFID sustava i standarda te minimizaciji elemenata RFID sustava vrlo je teško pronaći maloprodajno mjesto koje u potpunosti koristi RFID sustave za automatsku naplatu proizvoda bilo koje vrste. Čitanje RFID oznaka moguće je sa duplo većih udaljenosti naspram barkod oznaka, kapacitet pohrane podataka u memoriju RFID oznake neusporedivo je veći od kapaciteta podataka koji se kodira u 2D barkod, RFID podaci pohranjeni u memoriji RFID oznake mogu se kriptirati kako bi se zaštitili od neovlaštenog čitanja, RFID oznake duljeg su vijeka trajanja. Jedinu prednost koju barkod ima naspram RFID oznake je cijena koja je, nažalost, i do stotinu puta veća što može biti neisplativo u pojedinim maloprodajnim sustavima.

4.2.1 Barkod protiv RFID sustava – jesmo li spremni za migraciju?

Barkod je vizualna reprezentacija niza znakova koji jedinstveno označava pojedini model nekog proizvoda namijenjen strojnom čitanju i identifikaciji proizvoda.

Barkodovi se pojavljuju u dva formata. Jednodimenzionalna (1D) barkodovi su kombinacija crnih i bijelih okomitih linija različitih širina, tzv. crtični kodovi. Dvodimenzionalni (2D) barkodovi dolaze u tri oblika: QR kod, PDF417 i Datamatrix kod.



Slika 5 - 1D crtičasti kod



Slika 6 - 2D QR kod



Slika 7 - 2D PDF417 kod



Slika 8 - 2D Datamatrix kod

Kako bi barkodovi bili jedinstveni u cijelome svijetu brine se više od stotinu nacionalnih GS1[20] organizacije širom svijeta. Tvrtka koja želi ući u globalni GS1 sustav mora lokalnoj GS1 organizaciji podnijeti zahtjev za dodjelu jedinstvanog GS1 prefiksa. Trenutno u svijetu više od milijun tvrtki koristi GS1 prefikse za identifikaciju. GS1 prefiksi dodijeljuju se tvrtkama, institucijama, te trgovačkim, transportnim i logističkim objektima u opskrbnom lancu. Prilikom dizajna vizualnog identiteta proizvoda potrebno je veličinu, smještaj i kvalitetu crtičnog koda uskladiti sa zahtjevima propisanim od strane GS1 organizacije kako bi se osigurala čitljivost koda na globalnoj razini.

Većina proizvoda u opskrbnom lancu označena je EAN-13 barkodom koji se sastoji od prefiksa lokalne GS1 organizacije , prefiksa tvrtke, broja koji se dodjeljuje artiklu te kontrolne znamenke. Možemo zamijetiti da EAN-13 barkod ne sadrži nikakve opisne informacije o proizvodu te shodno tome iz barkoda nije moguće doznati npr. rok trajanja proizvoda, LOT broj i sl.

[20] GS1 je neprofitna organizacija koja razvija i održava globalne standarde za poslovnu komunikaciju.

Upravo zbog tih razloga je RFID integracija u sam proizvod mnogo zahtjevnija nego označavanje proizvoda jednodimenzionalnim (1D) ili dvodimenzionalnim (2D) barkodovima. Kako bismo integrirali RFID oznaku u sam proizvod nužno je imati mnogo više informacija o proizvodu tijekom samog proizvodnog procesa. RFID kod mora jedinstveno označavati svaki proizvod, a ne samo određeni model tj. svaki primjerak proizvoda serije nekog modela mora imati jedinstveni RFID kod kako bi se isti mogao identificirati na globalnoj razini.

RFID u maloprodaji prisutan je već dulje vrijeme, no ne na razini svakog artikla već na razini transportnih pakiranja i sl.

Mnogo je prednosti koje RFID sustavi posjeduju naspram standardnog barkod označavanja. Primarni cilj uvođenja RFID sustava je automatizacija sustava maloprodaje bez dodatnih aktivnosti djelatnika u trgovini. RFID sustavi ne zahtijevaju optičku vidljivost čitača i proizvoda jer se skeniranje proizvoda izvodi elektromagnetskim valovima, a ne laserskim čitačima kao kod barkod sustava. S obzirom da je čitanje oznaka elektromagnetskim valovima na daljinu brzina čitanja je neusporedivo brža. Dovoljan je prolazak kroz domet RFID antene i svi proizvodi biti će očitani. Informacijama pohranjenim u memoriji RFID oznake omogućena je potpuna kontrola proizvoda od početka proizvodnog procesa pa do konzumacije od strane krajnjeg korisnika. Informacijama dobivenih čitanjem RFID oznake moguće je pratiti cjelokupan proces praćenja isporuke proizvoda od proizvođača do potrošača. Također su dostupne informacije o roku trajanja, sastavu proizvoda, datumu isteka roka trajanja, LOT broju i sl. čime se postiže potpuna automatizacija sustava u kojoj RFID igra ključnu ulogu.

RFID oznake svakim su danom manjih dimenzija i otpornije, cijene su svakim danom, također, pristupačnije no usprkos svemu tome i dalje nema značajnijeg proboja RFID tehnologije na razini proizvoda. Iako su cijene RFID oznaka niske i dalje je vrlo teško pokriti troškove implementacije i održavanja cjelokupnog RFID sustava što je jedna od glavnih prepreka za implementaciju. U maloprodajnim lancima gdje je konkurencija i zasićenost ponudom vrlo velika jako je teško, gotovo nemoguće ostvariti povrat investicije u RFID.

Razlozi koji doprinose tome leže i na samoj razini RFID tehnologije. Poznato je ograničenje zbog kolizije signala RFID dvaju ili više čitača čiji se signali preklapaju. Iz tih razloga potrebno je vrlo pažljivo i precizno planiranje sustava RFID antena za što su potrebni

stručnjaci. Istovremeno, čitanje RFID oznaka može biti otežano uslijed utjecaja drugih bežičnih signala na elektromagnetske valove čitača što dodatno komplicira implementaciju i podiže trošak RFID sustava. Za označavanje tekućina i metala potrebne su posebne RFID oznake zbog interferencije sa materijalom samog proizvoda itd.

Iz navedenog se može vrlo lako zaključiti kako je popis prepreka još uvijek dulji nego popis prednosti RFID sustava no usprkos tome ipak postoje pokušaji implementacije RFID sustava na razini samog artikla.

4.2.2 Primjer: Future Store

Future store je pilot projekt započet 2011. godine u Moskvi u Rusiji iniciran od strane najveće ruske maloprodajne grupacije X5[21] (X5 Retail Group) [8]. Cilj projekta je bio osmisliti potpuno samostalnu RFID trgovinu čiji bi model mogao biti primijenjen u maloprodajnim trgovinama prehrambenim artiklima. Rezultat tog modela RFID trgovine trebao je biti povećanje efikasnosti POS sustava, unaprjeđenje sustava upravljanja zalihama, povećanje kvalitete kontrole isteka roka trajanja proizvoda te ubrzanje procesa održavanja potrebitih zaliha.

Prilikom izrade projekta korištene su konzultantske usluge Instituta za analizu sustava (engl. Institute for Systems Analysis, www.isa.ru) Ruske Akademije Znanosti (engl. Russian Academy of Sciences) te IT usluge tvrtke Capgemini[22]. Projektom je razvijeno 15 jedinstvenih korisničkih slučajeva uporabe RFID tehnologije.

Za vrijeme projekta testirana ja uporaba pasivnih RFID oznaka na širokoj paleti proizvoda koji uključuju proizvode pakirane u metalne konzerve i ispunjene tekućinom. U drugoj fazi testiralo se postavljanje RFID oznaka na različite pozicije na proizvodu kako bi se došlo do podataka koja je najoptimalnija pozicija na proizvodu za smještaj RFID oznake koja bi imala najveći postotak uspješnih skeniranja od strane RFID čitača.

Za potrebe održavanja zaliha proizvoda na policama trgovine razvijen je poseban RFID sustava koji je pružao informaciju o količini pojedinih proizvoda na polici. Testiranjem je obuhvaćeno više od 200 vrsta RFID oznaka od pedesetak proizvođača.

[21] www.x5.ru, pregledano veljača 2018. g.

[22] www.capgemini.com, pregledano veljača 2018. g.

Nakon uspješnog testiranja otvorena je prva RFID trgovina na 250 kvadratnih metara površine u kojoj je bilo moguće kupiti preko 4500 artikala.

Sustav cjelokupne trgovine sastoji se od više RFID podsustava. Poseban RFID podsustav zadužen je na stanje zaliha artikala na policama i detektira kada kupac uzme proizvod s police te tu informaciju šalje u sustav.

Za naplatu i identifikaciju kupca zadužena su dva zasebna RFID čitača. Po završetku kupovine kupac smješta košaricu s odabranim proizvodima i svojom korisničkom RFID karticom trgovine na RFID blagajnu. Proizvode u košarici čita RFID čitač ultra visoke frekvencije, a nakon potvrde kupca na zaslonu o ispravnosti očitanih proizvoda u košarici RFID čitač visoke frekvencije čita podatke s RFID kartice kupca i završava proces naplate. Za čitanje svih proizvoda unutar košarice potreban je period ne veći od 1-2 sekunde.

Na izlasku iz trgovine nalazi se treći RFID čitač koji još jednom skenira sve kupljene proizvode i oglašava alarm ukoliko pronađe proizvod koji nije naplaćen u prethodnom procesu naplate na blagajni.

Projektom su uspješno dokazane prednosti uporabe RFID sustava u maloprodajnim sustavima te su nastavljeni pregovori s drugim ruskim maloprodajnim lancima s ciljem širenja RFID trgovina.

4.2.3 Primjer: Amazon Go

Amazon Go je koncept j*ust walk out*[23] trgovine osmišljen od strane najvećeg globalnog tehnološkog giganta tvrtke Amazon.com Inc. Prva trgovina otvorena je u gradu Seattle u državi Washington u Sjedinjenim Američkim državama 5. prosinca 2016. godine samo za potrebe Amazon djelatnika, a za javnost 22. siječnja 2018. godine.

Amazon Go trgovina je sustav koji implementira nekoliko različitih tehnologija. Amazon nikada nije objavio službeni dokument koje tehnologije se koriste u radu Amazon Go trgovine no prema promotivnim video sadržaju u [9] moguće je zaključiti kako se radi o međusobnoj kombinaciji sustava za video nadzor, sustavima za strojno učenje te kombinaciji više vrsta senzora kojima se automatiziraju aktivnosti odabira i naplate proizvoda cjelokupnog procesa kupovine.

[23] Koncept trgovine u kojem nema blagajne, kupac uzima proizvode s police i nakon toga slobodno može izaći iz trgovine.

Za potrebe kupovine nužno je instalirati mobilnu aplikaciju Amazon Go te se registrirati kao novi korisnik Amazon usluga. Prilikom ulaska u trgovinu uređaj na ulazu skenira barkod prikazan u aplikaciji na mobilnom uređaju čime se registrira ulazak kupca u trgovinu.

Kupac bira proizvod s police, a sustav trgovine Amazon Go je u potpunosti zadužen za detekciju koji je proizvod kupac uzeo te ga stavlja u virtualnu košaricu kupca. Sustav uspješno detektira kada kupac uzme proizvod s police ili kada ga vrati na policu.

Po završetku kupovine kupac izlazi iz trgovine i nakon nekoliko trenutaka putem Amazon Go aplikacije na mobilnom uređaju dolazi obavijest o količini i vrsti artikala koje je kupac iznio iz trgovine te se ukupan iznos artikala automatski naplaćuje.

U trgovini postoje djelatnici koji su zaduženi za održavanje potrebne količine zaliha na policama. Za uspješan proces kupovine nije potrebna nikakva dodatna interakcija djelatnika trgovine.



Slika 9 - Amazon Go trgovina[24]

Usprkos velikog broja naprednih tehnologija te njihovom interoperabilnošću ipak nisu izbjegnuta sva ograničenja. U ponudi trgovine moguće je pronaći isključivo proizvode u ambalaži. Svježe namirnice (npr. voće) dostupne su u vrlo malim količinama upravo zbog nemogućnosti ili vrlo teške detekcije koju je namirnicu kupac uzeo te u kojoj količini.

[24] Izvor: https://www.amazon.com/b?node=16008589011 pregledano veljača 2018. g.

4.3 Projekt implementacije RFID POS rješenja u trgovini hranom i opremom za kućne ljubimce

Implementacija RFID sustava na razini artikala u bilo koju trgovinu s obzirom na veličinu i vrstu asortimana vrlo je zahtjevan projekt s obzirom na postojeća ograničenja RFID tehnologije. Zbog osjetljivosti elektromagnetskih valova i dostupne tehnologije mnogo je faktora koji utječu na isplativost i povrat investicije u kvalitetan RFID sustav. S druge strane vrlo je malo proizvođača koji u sam proizvod ili ambalažu proizvoda integriraju RFID oznaku pa odgovornost za nabavku odgovarajuće RFID oznake, programiranje iste i postavljanje na proizvod prelazi na trgovinu čime se povećavaju troškovi takvog sustava. Implementacija RFID sustava zahtjeva duboku implementaciju u postojeći informacijski sustav ukoliko postoji mogućnost takve nadogradnje ili uvođenje potpuno novog informacijskog sustava s integriranim RFID funkcionalnostima što je nemali trošak u ukupnom iznosu uvođenja RFID sustava u trgovinu.

Ne treba zanemariti fazu testiranja u kojoj je potrebno pribaviti više desetaka pa i stotina različitih vrsta RFID oznaka za uporabu na različitim materijalima, testirati različite položaje RFID oznaka na proizvodima s ciljem dobivanja optimalne pozicije na proizvodu koja bi jamčila što veću točnost čitanja RFID oznaka. Nužno je testirati različite vrste čitača, također s ciljem dobivanja što veće kvalitete očitanja RFID oznaka. S obzirom da se očitanje proizvoda odvija u potpuno automatiziranim procesima potrebno je projektirati i implementirati kontrolne procese koji bi upozoravali na pogreške i ako je moguće iste uklonili u realnom vremenu.

RFID sustav nije moguće implementirati djelomično jer obuhvaća sve aktivnosti unutar procesa kupovine proizvoda od strane kupaca, već je potrebna implementacija cjelokupnog sustava sa svim funkcionalnim elementima u punoj funkciji.

S obzirom da trenutno ne postoji asortiman hrane i opreme za kućne ljubimce s integriranim RFID oznakama pri proizvodnom procesu, označavanje proizvoda RFID oznakama zadatak je koji mora odraditi trgovina koja implementira sustav.

Ako uzmemo u obzir da spomenuta trgovina u asortimanu ima 15000 različitih artikala potrebno je osigurati dodatne resurse za označavanje artikala. Spomenuti resursi uključuju:

1. Pribavljanje RFID oznaka namijenjenih za uporabu na različitim vrstama materijala (metal, staklo, tekućine).
2. Pribavljanje RFID pisača za upisivanje elektroničkih podataka na RFID oznake.
3. Pribavljanje ručnih RFID čitača za kontrolne procese od strane djelatnika.
4. Dodatne ljudske resurse za aktivnosti unosa podataka o pojedinom proizvodu u sustav, upisivanje podataka na RFID oznake i lijepljenje oznaka na svaki primjerak proizvoda. Označavanje artikala izvodi se na točci ulaska artikla u skladište kako bi se osigurala konzistentnost i uklonio rizik od pojave neoznačenih artikala.

Kako bi stvorili superioran doživljaj kupovine kod kupaca potrebno je osigurati kvalitetne RFID POS sustave za čitanje košarice kupca te procese naplate kako bi se procesi na tim dijelovima sustava odvijali nesmetano i kvalitetno. RFID POS sustav uključuje slijedeće elemente:

1. RFID POS čitač ultra visoke frekvencije za čitanje artikala u košarici kupca pri završetku kupovine
2. POS čitač visoke frekvencije za potrebe čitanja RFID identifikacijskih kartica korisnika kako bi bilo moguće pratiti preferencije kupca te prikupljene podatke iskoristiti za održavanje povjerenja kupaca putem programa vjernosti.
3. RFID POS aplikacija
4. POS terminal za kartičnu naplatu
5. RFID kontrolni čitač ultra visoke frekvencijena izlasku trgovine koji bi upozoravao na iznošenje artikala koji nisu očitani i naplaćeni na RFID POS čitaču.

Prilagodba informacijskog sustava zahtjeva dodatne resurse u IT odjelu. Prilagodba IT sustava tj. implementacija podrške za RFID artikle uključuje slijedeće aktivnosti:

1. Promjena strukture baze podataka s ciljem stvaranje strukture dostatne za pohranjivanje RFID oznaka kod ulaznih dokumenata prilikom zaprimanja u skladište (ulazni dokumenti sustava).
2. Promjena strukture baze podataka s ciljem stvaranje strukture dostatne za pohranjivanje RFID oznaka kod izlaznih dokumenata iz skladišta (međuskladišnice, izdatnice i sl.).
3. Promjena strukture baze podataka s ciljem stvaranje strukture dostatne za pohranjivanje RFID oznaka kod izlaznih dokumenata u maloprodaji (izlazni računi, povrati robe).

Za praćenje aktivnosti i preferencija kupaca potrebno je osmisliti program vjernosti kojim bi se ciljano provodile marketinške aktivnosti na više kanala komunikacije u skladu s važećim regulativama o zašiti podataka (engl. GDPR - g*eneral data protection regulative*). Implementacija programa vjernosti obuhvaća slijedeće aktivnosti:

1. Izrada RFID članskih identifikacijski kartica
2. Odgovarajući CRM sustav za praćenje aktivnosti kupaca

Iz navedenog se može doći do zaključka kako je implementacija RFID sustava nije jednostavan proces već zahtjeva sudjelovanje svih dionika. Potrebni su znatni ljudski, materijalni i financijski resursi kako bi se zadovoljila visoka kvaliteta sustava.

4.4 Opis prototipa RFID POS rješenja

Kako bi prototip rješenja bio ekvivalentan velikom broju POS rješenja koji se trenutno koriste u sustavima maloprodaje u svijetu korištena je troslojna arhitektura prilikom razvoja aplikacije. Kako je vidljivo u [10] troslojna arhitektura grupira povezane funkcionalnosti u slojeve kako bi se postigla fleksibilnost aplikacije i omogućeno daljnje nadograđivanje funkcionalnosti bez potrebe za promjenom velike količine koda.

Slojevi aplikacije mogu se nalaziti na istom računalu ili mogu biti raspodijeljeni na različitim računalima. Komunikacija između slojeva ostvaruje se implementacijom sučelja.

Uporabom višeslojne arhitekture ostvaruje se apstrakcija sustava kao cjeline. Razina apstrakcije je takva da jasno ističe role i odgovornosti pojedinih slojeva i povezanosti među njima. Također se postiže enkapsulacija podataka što eliminira bilo kakve pretpostavke o vrstama podataka i njihovim svojstvima kao i njihovoj implementaciji za vrijeme dizajna rješenja.

Funkcijski slojevi i njihove granice jasno su definirane. Slojevi se nalaze jedan iznad drugoga u obliku obrnute piramide. Gornji sloj je prezentacijski sloj koji komunicira s nižim poslovnim slojem. Poslovni sloj komunicira s najnižim slojem podataka. Komunikacija između slojeva je obostrana. Jasno definirane granice odgovornosti između slojeva tj. osiguranje da svaki sloj sadrži funkcionalnosti koje su izravno povezane sa zadacima tog sloja doprinose povećanju kohezije sloja.

Niži slojevi ne ovise o funkcionalnostima viših slojeva što doprinosi ponovnoj iskoristivosti slojeva u nekih drugim scenarijima, a komunikacija između slojeva temelji se na apstrakciji kako bi se postigla što manja međuovisnost i povezanost slojeva.

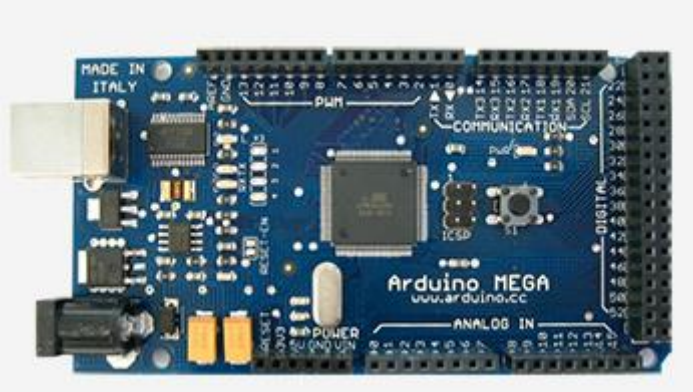
Prototip RFID POS rješenja sastoji se od C# WPF (engl. WPF – *windows presentation foundation*) desktop aplikacije sa osnovnim funkcionalnostima nužnim za rad u maloprodaji te RFID sustava za čitanje RFID oznaka proizvoda. RFID sustav sastoji se od Arduino Mega 2560 mikrokontroler i RFID modula oznake RFID-RC522 za čitanje RFID oznaka.

4.4.1 Dijelovi RFID sustava

RFID sustav sastoji se od elemenata koji čine napredni integrirani elektronički sklopovi upravljani mikroprocesorom. Mikroprocesorskim komponentama potrebna je programska podrška čija je funkcija upravljanje pojedinim elementima elektroničkog sklopa u ovisnosti o zadanim parametrima. Sustav se također sastoji i od pasivnih komponenata za koje nije potrebna programska podrška već su funkcionalnosti definirane funkcijama elektroničkih komponenata od kojih se pasivni sklop sastoji.

4.4.1.1 Sklopovlje

4.4.1.1.1 Arduino Mega 2560 mikrokontroler



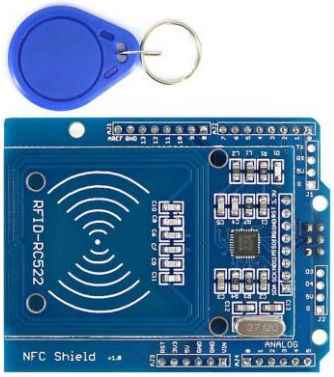
Slika 10 - Arduino Mega 2560 mikrokontroler

Arduino je platforma otvorenog koda (engl. o*pen source*) namijenjena kako početnicima u svijetu elektronike i programiranja tako i iskusnim inženjerima. Svakim danom Arduino postaje mozak velikog broja projekata od najjednostavnijih senzora i svakodnevnih predmeta pa do složenih znanstvenih instrumenata kako je navedeno u [11].

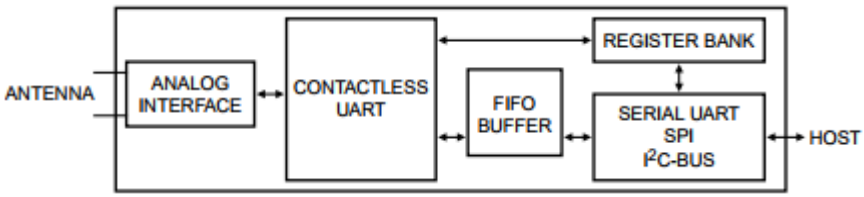
Veliku popularnost Arduino je stekao iz mnogo razloga. Kompatibilnost sa većinom operativnih sustava samo je jedna u nizu prednosti. Arduino razvojna okolina kompatibilna je s Windows, Macintosh OSX i Linux operativnim sustavima. Razvojna okolina intuitivna je početnicima, no istovremeno dovoljno fleksibilna za napredne korisnike. S obzirom da se temelji na otvorenom kodu dostupan je vrlo velik broj proširenja pisan u C++ programskom jeziku koji u kombinaciji s velikim brojem dostupnih sklopovskih komponenata (senzora, LCD zaslona, releja i sl.) za rezultat ima mogućnost dizajniranja sustava koji gotovo pa nema ograničenja u funkcijskim komponentama.

4.4.1.1.2 Arduino RFID-RC522 modul

Kako bi Arduino sustav imao RFID funkcionalnosti potreban je kompatibilan RFID modul. U ovome projektu korišten je vrlo raširen Arduino RFID modul oznake RFID-RC522. RFID modul sadrži visoko integrirani čitač za beskontaktnu komunikaciju na frekvenciji od 13.56 MHz kompatibilan sa ISO/IEC 14443A/MIFARE i NTAG standardima. Modul koristi SPI (engl. SPI - s*erial peripheral interface bus*) serijsku komunikaciju s Arduino mikrokontrolerom. Domet čitanja antene modula iznosi maksimalnih 50 mm.



Slika 11 - RFID Arduino kompatibilan modul



Slika 12 - Pojednostavljeni blok dijagram MFRC522

SPI komunikacija omogućava velike brzine prijenosa podataka do 10 Mbit/s. Za vrijeme SPI komunikacije RFID modul se ponaša kao podređeni uređaj tj. mikrokontroler je taj koji daje takt serijskoj komunikaciji.

4.4.1.2 Programska podrška

Programsku podrška sastoji se od WPF desktop aplikacije pisane u programskom jeziku C#. Desktop aplikacija ima mogućnosti primanja podataka s Arduino mikrokontrolera i RFID modula putem serijskog sučelja.

Programska podrška Arduino mikrokontrolera koristi razvojne biblioteke za RFID modul.

4.4.1.2.1 MongoDB NoSQL

NoSQL je termin kojim se opisuju nerelacijske baze podataka. Model podataka ne čine tablice kao kod relacijskih baza podataka već su podaci grupirani u entitete kao što su dokumenti, grafikoni, ključ-vrijednost parovi, stupci i sl. U usporedbi sa SQL relacijskim bazama podataka NoSQL baze podataka posjeduju mnogo veću skalabilnost i superiornije performanse. Idealne su u slučajevima rapidnih promjena velikih količina strukturiranih, polu-strukturiranih ili ne-strukturiranih podataka. Vrlo su raširene u agilnim metodologijama projektnog razvoja gdje se struktura baze mijenja na razini pojedinih iteracija, a nove verzije puštaju svakodnevno na produkcijsku okolinu. NoSQL baze podataka vrlo su fleksibilne u objektno-orijentiranoj razvojnoj okolini te izuzetno pogodne za geografski distribuirane arhitekture.

Upravo zbog svoje jednostavnosti i brzine te fleksibilnosti u objektno-orijentiranom okružju odabrana je NoSQL baza podataka kao repozitorij podataka podatkovnog sloja POS aplikacije. Koristi se MongoDB NoSQL aplikacija otvorenog koda koja je objavljena pod kombinacijom GNU Affer opće licence i Apache licence.

MongoDB koristi BSON (engl. BSON – *binary javascript object notation*) format podataka za pohranu i komunikaciju. BSON format je binarni oblik serijaliziranih JSON (engl. JSON – *javasctipt object notation*) dokumenata. BSON objekti sastoje se od uređenog skupa elemenata. Svaki element sastoji se od naziva, tipa i vrijednosti. BSON format zadovoljava tri vrlo bitna svojstva. Vrlo je lako prenosiv u komunikaciji mrežom tj. nije mu potrebna velika propusnost, vrlo brzo je čitljiv od strane aplikacija za bazu podataka te se kodiranje u BSON i dekodiranje iz BSON formata obavlja vrlo velikom brzinom u većini programskih jezika zbog uporabe C tipova podataka. BSON format podržava ugnježđivanje dokumenata i polja unutar drugih dokumenata i polja kao i JSON.

Podaci o artiklima i transakcijama učinjenim kroz POS aplikaciju pohranjuju se u nekoliko BSON dokumenata. Struktura podataka izgleda kako je opisano niže.

4.4.1.2.2 Struktura podataka

DALItem (artikl) – klasa artikl koja se sastoji od slijedećih svojstava:

- Naziv: Id, tip: ObjectId – jedinstveni identifikator zapisa u bazi podataka
- Naziv: Barcode, tip: string – barcode šifra artikla
- Naziv: RFIDCode, tip: string – RFID šifra artikla
- Naziv: Secondary code, tip: string – interna šifra artikla
- Naziv: Name, tip: string – naziv artikla
- Naziv: UnitPrice, tip: decimal – jedinična cijena artikla[25]

DALReceipt (račun) – klasa račun koja se sastoji od slijedećih svojstava:

- Naziv: Id, tip ObjectID – jedinstveni identifikator zapisa u bazi podataka
- Naziv: DateCreated, tip: DateTime – datum i vrijeme kreiranja računa
- Naziv: Items, tip: List<DALReceiptTransaction> – kolekcija transakcija (očitanih artikala)
- Naziv: Payments, tip: List<DALPayment> – kolekcija vrsta plaćanja kojima je račun plaćen
- Total – ukupan iznos računa
- Naziv: ZKI, tip: string – zaštitni kod za potrebe fiskalizacije u HR
- Naziv: JIR, tip: string – jedinstveni identifikator računa za potrebe fiskalizacije u HR.
- Naziv: DateFinished, tip: DateTime – datum i vrijeme završetka računa.

DALReceiptTransaction (redak računa) – klasa za redak računa koja se sastoji od slijedećih svojstava:

- Naziv: Id, tip: ObjectId – jedinstveni identifikator zapisa u bazi podataka.
- Naziv: Barcode, tip: string – barcode šifra artikla
- Naziv: RFIDCode, tip: string – RFID šifra artikla
- Naziv: Secondary code, tip: string – interna šifra artikla
- Naziv: Name, tip: string – naziv artikla
- Naziv: Quantity, tip: decimal - količina
- Naziv: UnitPrice, tip: decimal – jedinična cijena artikla

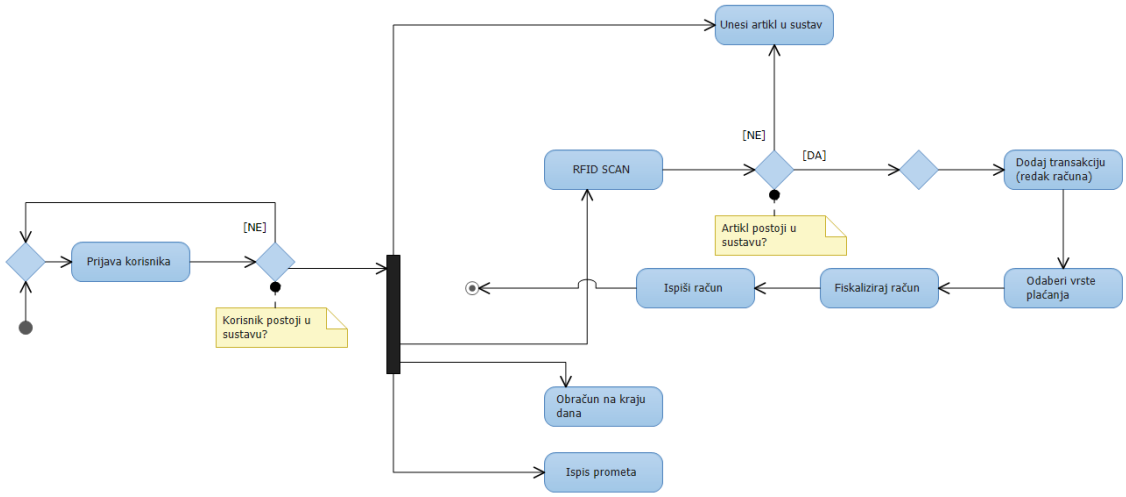
[25] Zbog jednostavnosti rješenja cijena artikla zapisana je na samom artiklu, a ne u posebnom dokumentu s cijenama kako je inače praksa u velikim sustavima.

- Naziv: DiscountPercent, tip: decimal – postotak popusta na artikl
- Naziv: Total, tip: decimal – ukupan iznos retka računa
- Naziv: TimeStamp, tip: DateTime – datum i vrijeme skeniranja artikla

DALPayment (vrsta plaćanja) – klasa za vrstu plaćanja koja se sastoji od slijedećih svojstava:

- Naziv: Id, tip: ObjectId – jedinstveni identifikator zapisa u bazi podataka.
- Naziv: Code, tip: string – interni identifikator vrste plaćanja
- Naziv: Name, tip: string – Puni naziv vrste plaćanja
- Naziv: Amount, tip: decimal – Iznos vrste plaćanja

4.4.1.2.3 Dijagram aktivnosti



Slika 13 - Dijagram aktivnosti POS RFID aplikacije

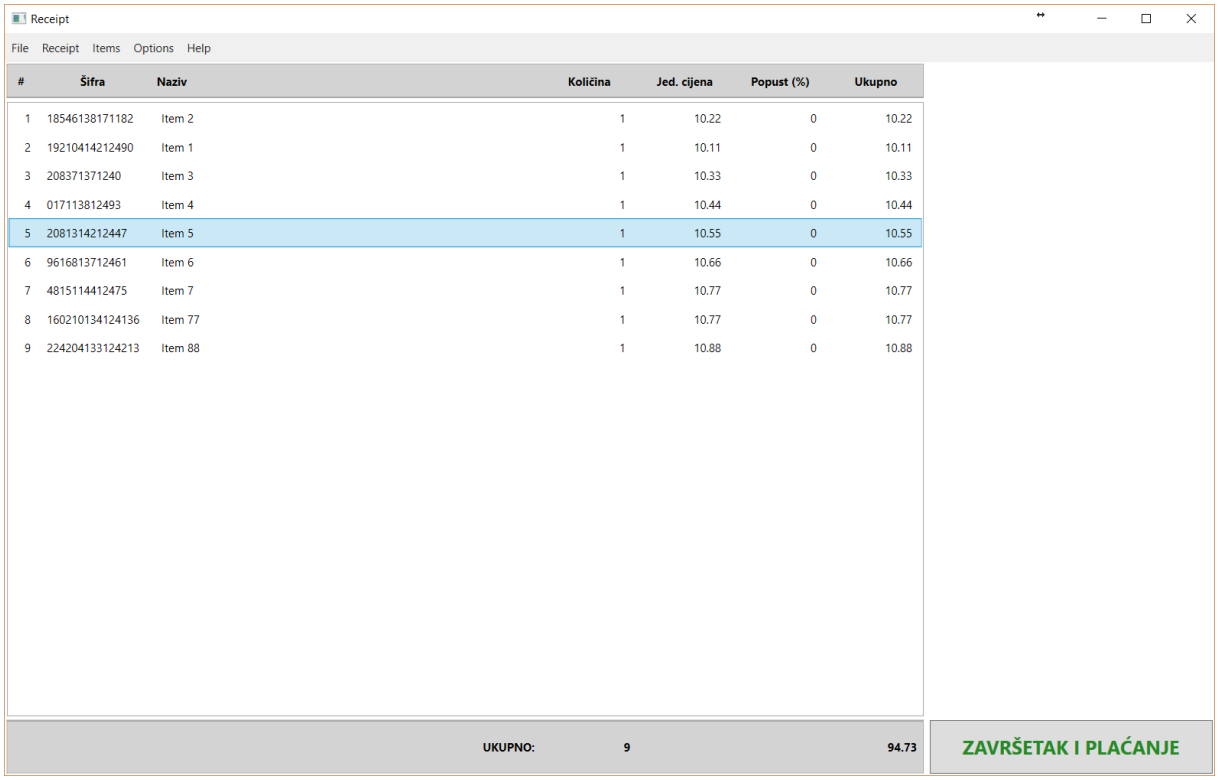
Pokretanjem aplikacije otvara se dijalog za autentifikaciju korisnika korisničkim imenom i lozinkom. Autentificiranim korisnicima dostupne su sve funkcionalnosti aplikacije. Aplikacija pored osnovne funkcionalnosti skeniranja RFID oznaka posjeduje mogućnost ubacivanja artikala u sustav, izrade obračuna na kraju dana, te ispisa dnevnog prometa u obliku HTML izvještaja unutar internet preglednika.

4.4.1.3 WPF RFID POS aplikacija

Aplikacija za skeniranje i naplatu artikala napravljena je u WPF tehnologiji koristeći C# (engl. C-Sharp) programski jezik. Za potrebe ovog rada izrađena je osnovna funkcionalnost

nužna za automatizaciju procesa skeniranja i naplate artikala očitanih RFID čitačem. Aplikacija posjeduje slijedeće funkcionalnosti:

1. Autentifikacija korisnika
2. Osnovne operacije nad proizvodima (unos, izmjena, brisanje)
3. Čitanje artikala označenih RFID oznakom
4. Odabir načina plaćanja
5. Izrada obračuna na kraju dana
6. Izrada blagajničkih izvještaja



Slika 14 - prikaz aplikacije za vrijeme čitanja RFID označenih proizvoda



Slika 15 - prikaz odabira načina plaćanja po završetku čitanja proizvoda

4.5 Testiranje RFID aplikacije

Cilj testiranja RFID aplikacije je prikupljanje konkretnih podataka o brzini i trajanju procesa skeniranja i naplate RFID označenih artikala te pojave mogućih problema tijekom tog procesa koji mogu utjecati na brzinu ili točnost tj. kvalitetu procesa. Rezultate testiranja potrebno je usporediti sa stvarnim podacima o trajanju ekvivalentnih procesa naplate artikala standardnih blagajničkih sustava gdje se izvodi pojedinačno skeniranje crtičastog koda pojedinog artikla i naplate od strane djelatnika na blagajni. Time bi se došlo do konkretnih podataka o prednostima u brzini RFID sustava.

U idealnom testnom scenariju potrebno je koristiti RFID UHF antene kompatibilne sa ISO 18000 standardom. UHF RFID velikih su dimenzija (površina antene > 0,1 m^2) što im omogućuje simultano čitanje više RFID oznaka na udaljenostima do 2m uz vrlo veliku brzinu prijenosa podataka. Takve antene posjeduju antikolizijske mehanizme koji omogućuju simultano čitanje više RFID oznaka.

Zbog visoke cijene RFID UHF antena i pripadajućeg sklopovlja u testnom scenariju koristi se umanjen model RFID POS terminala tj. RFID modul s integriranom antenom. RFID modul kompatibilan je s ISO/IEC 14443A/MIFARE standardom kako je navedeno u prijašnjem poglavlju rada (Dijelovi RFID sustava). Antena je mnogo manjih dimenzija (40 x 40 mm) i dometa do 50 mm. RFID modul ne posjeduje mogućnost simultanog čitanja više RFID oznaka.

S obzirom da se radi o modelu u mjerilu cca 1:10 kao model kolica s proizvodima koristi se objekt dimenzija (D x Š x V) 150 x 50 x 100 mm. Proizvode predstavljaju tvrde RFID oznake zalijepljene jedna do druge s unutarnje strane modela kolica. S obzirom na vrlo male dimenzije modela kolica i proizvoda nedostatak mogućnosti simultanog čitanja RFID oznaka kompenzira se velikom brzinom čitanja RFID oznaka na maloj površni modela kolica. Prolaskom modela kolica pored RFID antene očitavaju se artikli koji se nalaze na stranici modela kolica bližoj RFID anteni tj. RFID modulu.

Prolaskom modela kolica pored RFID modula za svaki očitanu RFID oznaku dohvaćaju se podaci o proizvodu iz baze podataka koja se u testnom scenariju nalazi na lokalnom računalu. Aplikacija iz baze podataka dohvaća barkod, puni naziv i cijenu za svaki proizvod koji se zajedno s RFID kodom pročitanim na oznaci ponovno zapisuju u bazu podataka kao jedna transakcija računa (redak računa) za svaki artikl po završetku računa. Uz

spomenute podatke zapisuje se i točno vrijeme čitanja RFID oznake koje služi za detaljnu analizu brzine čitanja pojedinih RFID oznaka i cjelokupne košarice.

Proces testiranja sastoji se od slijedećih aktivnosti:

1. RFID oznake u nizu prolaze pored RFID čitača na udaljenosti do 3cm brzinom ne većom od 20 cm/s i istovremeno se pojavljuju u aplikaciji kao transakcije računa.
2. Po prolasku RFID oznaka odabire se način plaćanja
3. Nakon odabira načina plaćanja simulira se trajanje kartičnog plaćanja prema stvarnom prosjeku koji je dobiven iz analize postojećeg maloprodajnog sustava trgovine.
4. Ispisuje se račun na zaslonu računala.
5. Proces kupovine je završen.

4.6 Analiza i usporedba rezultata s trenutnim POS sustavom tvrtke

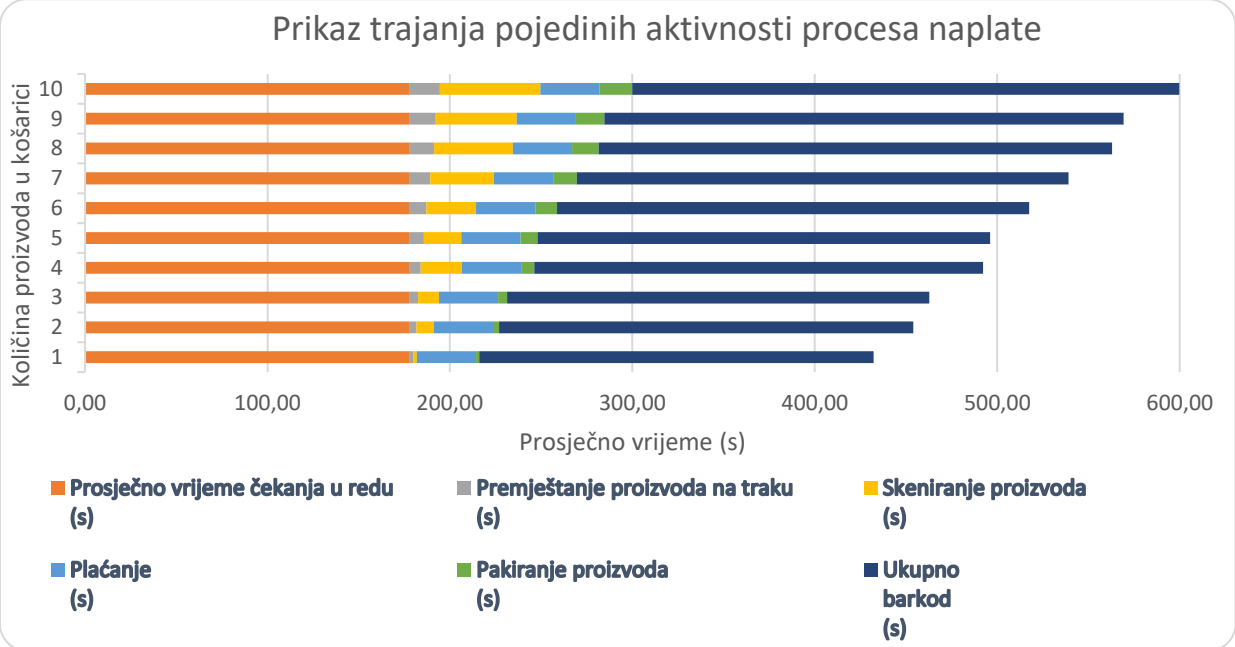
Na osnovu podataka o računima maloprodajnog lanca trgovina hranom i opremom za kućne ljubimce u posljednjih godinu dana izračunate su srednje vrijednosti trajanja pojedinih aktivnosti procesa naplate proizvoda na blagajničkom sustavu trgovine. Unutar godine dana obrađeno je 360000 računa. Također je obrađeno mjesec dana video zapisa blagajničkog sustava kako bi se došlo do srednjih vrijednosti trajanja odlaganja proizvoda na pokretnu traku blagajne.

Cjelokupan proces naplate proizvoda uključuje slijedeće aktivnosti:

1. Čekanje u redu na blagajni.
2. Premještanje proizvoda iz kolica na pokretnu traku.
3. Skeniranje proizvoda od strane djelatnika na blagajni.
4. Premještanje proizvoda s blagajne u košaricu (pakiranje proizvoda).
5. Naplata

Tablica 1 - Statistika trajanja pojedinih aktivnosti barkod procesa naplate

Količina proizvoda u košarici	Prosječno vrijeme čekanja u redu (s)	Premještanje proizvoda na traku (s)	Skeniranje proizvoda (s)	Plaćanje (s)	Pakiranje proizvoda (s)	Ukupno (s)
1,00	253,00	2,00	1,87	32,47	1,76	**286,71**
2,00	253,00	3,67	9,40	32,47	3,44	**297,14**
3,00	253,00	4,55	11,33	32,47	5,05	**301,07**
4,00	253,00	5,98	22,53	32,47	7,18	**319,70**
5,00	253,00	7,76	20,40	32,47	9,38	**321,67**
6,00	253,00	9,04	27,19	32,47	12,01	**328,97**
7,00	253,00	11,13	34,93	32,47	12,98	**351,67**
8,00	253,00	13,34	43,18	32,47	14,49	**356,46**
9,00	253,00	14,22	44,38	32,47	15,55	**365,91**
10,00	253,00	16,50	55,05	32,47	17,90	**383,54**



Slika 16 - grafički prikaz trajanja pojedinih aktivnosti procesa naplate

Uporabom RFID sustava u procesu naplate eliminira se aktivnost premještanja proizvoda iz košarice na pokretnu traku jer se proizvodi očitavaju u košarici. Ovom eliminacijom ostvaruju se uštede od 2 – 16,50 sekundi ovisno o količini proizvoda u košarici.

Tablica 2 – Statistika trajanja pojedinih aktivnosti RFID procesa naplate

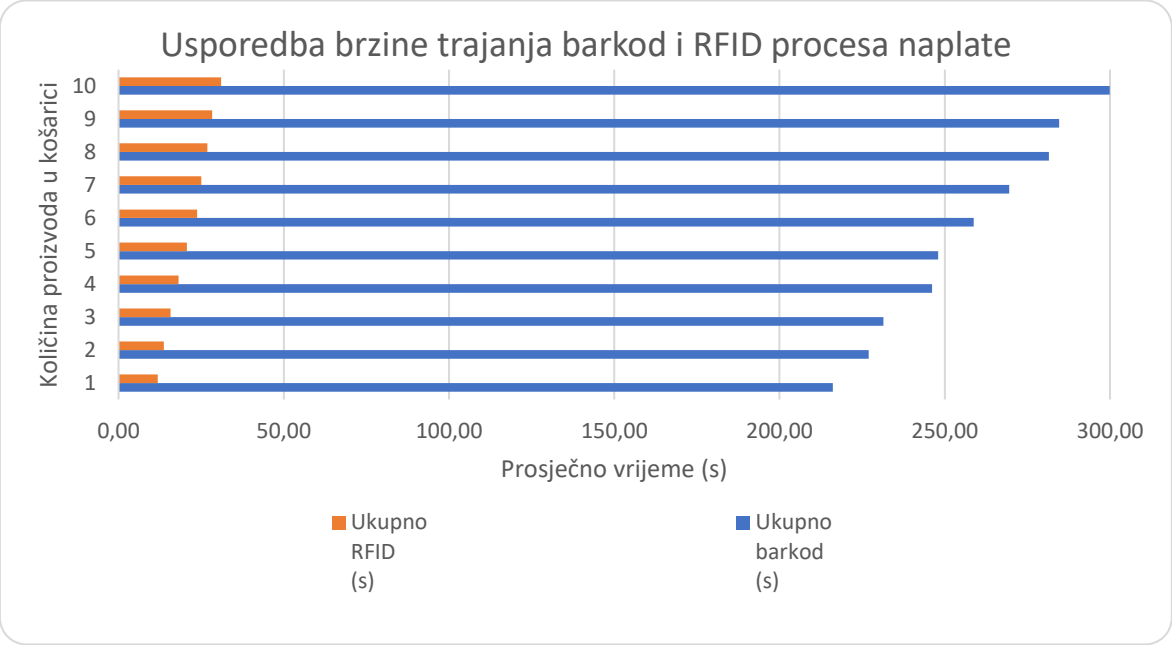
Količina proizvoda u košarici	Prosječno vrijeme čekanja u redu (s)	Premještanje proizvoda na traku (s)	Skeniranje proizvoda (s)	Plaćanje (s)	Pakiranje proizvoda (s)	Ukupno RFID (s)
1,00	0,00	0,00	0,10	10,00	1,76	**11,86**
2,00	0,00	0,00	0,24	10,00	3,44	**13,68**
3,00	0,00	0,00	0,71	10,00	5,05	**15,76**
4,00	0,00	0,00	1,02	10,00	7,18	**18,20**
5,00	0,00	0,00	1,32	10,00	9,38	**20,70**
6,00	0,00	0,00	1,78	10,00	12,01	**23,79**
7,00	0,00	0,00	2,10	10,00	12,98	**25,08**
8,00	0,00	0,00	2,38	10,00	14,49	**26,87**
9,00	0,00	0,00	2,75	10,00	15,55	**28,30**
10,00	0,00	0,00	3,12	10,00	17,90	**31,02**

Velike uštede ostvarene su u duljini trajanja skeniranja proizvoda što je vidljivo prema podacima prikupljenim testiranjem umanjenog modela RFID sustava (vidi Tablica 2 – Statistika trajanja pojedinih aktivnosti RFID procesa naplate). Uštede u duljini trajanja skeniranja iznose od 1,77 – 51,93 sekundi ovisno o količini proizvoda u košarici.

Uštede u koraku plaćanja ovise o implementaciji programa povjerenja za koji je moguće vezati preferirani način plaćanja. U ovom modelu pretpostavka je da se koristi takav model naplate pa je odabrano prosječno vrijeme od 10 sekundi za provjeru skeniranih artikala na zaslonu i potvrdu iznosa plaćanja od strane kupca. Na taj način ostvarene su uštede od 22,47 sekundi. U drugom slučaju kada kupac plaća osobno kartičnim plaćanjem također bi se ubrzao proces naplate uz pretpostavku da je POS uređaj za kartično plaćanje povezan s blagajničkim sustavom te nije potrebna interakcija blagajnika za unos iznosa naplate u POS uređaj za kartično plaćanje.

U koraku pakiranja proizvoda nakon uspješne naplate moguća su dva slučaja. U prvom slučaju kupac pakira proizvode (npr. u vrećice) i ne ostvaruju se uštede tj. pretpostavlja se da će trajanje te aktivnosti trajati isto kao i na klasičnom blagajničkom sustavu. U drugom slučaju kupac može već prilikom kupovine proizvode pakirati u vrećice te se tim postupkom u potpunosti eliminira korak pakiranja proizvoda čime se ostvaruju uštede od 1,76 – 17,90 sekundi ovisno o količini proizvoda.

Iz gore navedenih podataka dobivenih usporedbom klasičnog i RFID procesa naplate možemo zaključiti kako su uštede u trajanju znatne, dok se neke aktivnosti u potpunosti eliminiraju. Zbrajanjem ušteda po pojedinim aktivnostima dolazimo do raspona od 274,85 – 352,52 sekundi kraćem procesu naplate RFID sustavom što daje znatnu prednost RFID sustavu u brzini procesa naplate naspram klasičnom barkod blagajničkom sustavu.



Slika 17 - Usporedba ukupnog trajanja procesa naplate kod barkod i RFID procesa naplate

5. Zaključak

Zbog svojih bežičnih karakteristika RFID tehnologija pronašla je ulogu u mnogim gospodarskim granama kao nezaobilazan element modernog poslovnog sustava. Gotovo je nemoguće zamisliti poslovni sustav koji ne koristi bežičnu tehnologiju koja je temelj modernih komunikacija. Tome u prilog ide kontinuirani razvoj bežičnih tehnologija uz istovremeno opadanje cijena pa RFID sustavi postaju cjenovno pristupačniji širem krugu korisnika. Analitičari su predviđali rapidan rast RFID tehnologije u proteklih 10-ak godina no to se ipak nije ostvarilo u toliko velikoj mjeri. Rast tržišta je kontinuiran i postojan no i dalje postoje područja gdje je dalje prisutan vrlo veliki otpor naspram RFID tehnologije.

Kod svake tehnologije postoje ograničenja u primjeni koja nastaju uslijed ograničenja uzrokovanih razvijenošću te same tehnologije ili okoline tj. sustava unutar kojeg ta tehnologija ima glavnu ili sporednu ulogu. RFID tehnologija nije iznimka. S obzirom da je RFID tehnologija primjenjiva u gotovo svakom sustavu koji se može zamisliti u moderno doba nužna je vrlo velika fleksibilnost u primjeni kako bi se mogla bez dodatnih aktivnosti prilagoditi sustavu čiji je element.

RFID tehnologija temeljena je na elektromagnetskim valovima tj. radio valovima koji su osjetljivi na različite materijale stoga je razvijeno više desetaka pa i stotina vrsta RFID oznaka kako bi se omogućila fleksibilnost u primjeni. S druge strane postoje interferencije s drugim elektromagnetskim valovima koje također utječu na kvalitetu funkcionalnosti RFID sustava.

Znatnim napretkom tehnologija ispisa omogućen je tisak elektronike što je otvorilo vrata daljnjem razvoju RFID oznaka i njihovoj minimizaciji. Kao rezultat napretka ispisnih tehnologija moguć je tisak vrlo tankih i fleksibilnih RFID oznaka koje se mogu kombinirati s ostalim elektroničkim komponentama koje se proizvode ispisnim tehnikama poput tiskanih baterija, foto-naponskih solarnih ćelija i sl. Na taj način RFID oznaka biva integrirana u sam proizvod unutar proizvodnog procesa. Također, pojavom nove tehnologije ispisa koja koristi vodljivu tintu tvrtke bi mogle same ispisivati vlastite RFID oznake na one proizvode kojima nedostaje RFID oznaka. Nedostatak integracije RFID oznaka unutar proizvodnog procesa do sada je bila karika koja nedostaje tj. jedna od glavnih prepreka za primjenu RFID tehnologije na razini svakog proizvoda u opskrbnom lancu i prodaji.

Usprkos navedenom razvoju tehnologije integracija RFID sustava u djelatnostima maloprodaje i dalje predstavlja veliko financijsko opterećenje čiji je povrat investicije neizvjestan. RFID označavanje na razini svakog artikla mora biti provedeno za cjelokupan asortiman neke trgovine kako bi se ostvarile prednosti RFID sustava u cjelini, a to je potpuna automatizacija procesa kupovine uz znatno ubrzanje procesa naplate te samim time i poboljšanje zadovoljstva kupovine kod kupaca. Iz spomenutih razloga nije moguće koegzistiranje klasičnog barkod POS sustava na kojima djelatnici skeniraju svaki proizvod i izvode naplatu s potpuno automatiziranim RFID sustavima jer se tada gubi svaki smisao RFID sustava.

Na primjeru plana integracije RFID POS sustava u trgovini hrane i opreme za kućne ljubimce vidljivo je kako je potrebno uložiti znatne resurse kako bi se kompletan asortiman označio RFID oznakama. Probleme predstavljaju vrlo mali proizvodi na kojima ima vrlo malo mjesta za smještaj RFID oznaka te problem također predstavljaju proizvodi od metala ili proizvodi koji sadrže tekućine za koje su potrebne posebne RFID oznake. Dodatan problem predstavljaju artikli vrlo niske cijene na koje je upitna isplativost postavljanja RFID oznake jer bi se time morala podići i cijena proizvoda zbog vrlo malog omjera između cijene proizvoda i cijene same RFID oznake. Povećanje cijena direktno bi utjecalo na zadovoljstvo kupaca i njihovu vjernost čime bi se postigao kontra efekt od željenog. S obzirom na vrlo veliku raznovrsnost asortimana trgovine i velike količine istih potrebni su dodatni ljudski resursi za označavanje svih artikala na ulazu u skladište čime se povećava iznos financijskih resursa uloženih u projekt.

Prednost RFID sustava je zaista povećanje efikasnosti sustava naplate što je i dokazano ovim radom. Vrijeme potrebno na proces skeniranja proizvoda i naplatu znatno je skraćeno što je jedna od prednosti RFID sustava. Također se postiže automatizacija pojedinih procesa unutar sustava maloprodaje zaduženih za praćenje isteka roka trajanja proizvoda, LOT broja i sl. čime je znatno olakšana kontrola ispravnosti proizvoda asortimana trgovine te je moguće pravovremeno poduzimanje aktivnosti kako bi se izbjegli rizici od npr. proizvoda kojem je istekao rok trajanja.

Popis slika

Slika 1 - RFID meki tip pasivne oznake 9
Slika 2 - RFID čvrsti tip pasivne oznake 10
Slika 4 - RFID brava za kontrolu pristupa u hotelima 17
Slika 5 - Eurobalise RFID sustav 18
Slika 8 - 1D crtičasti kod 30
Slika 9 - 2D QR kod 30
Slika 10 - 2D PDF417 kod 30
Slika 11 - 2D Datamatrix kod 30
Slika 12 - Amazon Go trgovina 34
Slika 13 - Arduino Mega 2560 mikrokontroler 38
Slika 14 - RFID Arduino kompatibilan modul 39
Slika 15 - Pojednostavljeni blok dijagram MFRC522 39
Slika 16 - Dijagram aktivnosti POS RFID aplikacije 42
Slika 17 - prikaz aplikacije za vrijeme čitanja RFID označenih proizvoda 43
Slika 18 - prikaz odabira načina plaćanja po završetku čitanja proizvoda 43
Slika 19 - grafički prikaz trajanja pojedinih aktivnosti procesa naplate 46
Slika 21 - Usporedba ukupnog trajanja procesa naplate kod barkod i RFID procesa naplate 48

Popis tablica

Tablica 1 - Statistika trajanja pojedinih aktivnosti barkod procesa naplate 46

Tablica 2 – Statistika trajanja pojedinih aktivnosti RFID procesa naplate..... 47

Literatura

[1] Khattab, A; Jeddi, Z; Amini, E; Bayoumi, M; RFID Security: A Lightweight Paradigm; Springer, (2017); ISBN: 978-3-319-47544

[2] Hunt, D.V; Puglia, A; Puglia, M; RFID – A Guide to Radio Frequency Identification; Wiley, (2007); ISBN: 978-0-470-10764-5

[3] M. Bolić; D. Simplot-Ryl; I. Stojmenović; RFID Systems: Research Trends and Challenges; Wiley, (2010); ISBN-10: 1848212984

[4] K. Finkenzeller; RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication; Wiley; (2010)

[5] Karmakar, N.C; Handbook of Smart Antennas For RFID Systems; Wiley; (2010); ISBN: 978-0-470-38764-1

[6] Izvor: http://www.engineeringhalloffame.org/profile-watsonwatt.html, pristupljeno listopad 2017.g.

[7] Izvor: https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-009-9210-z, pristupljeno listopad 2017.g.

[8] Izvor: http://www.rfidjournal.com/articles/view?10559/ pristupljeno siječanj 2018. g.

[9] Izvor: https://www.youtube.com/watch?v=NrmMk1Myrxc promotivni video materijal, pristupljeno siječanj 2018. g.

[10] Izvor: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee658117.aspx#LayeredStyle pristupljeno siječanj 2018. g.

[11] Izvor: https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction pristupljeno siječanj 2018. g.

[12] McBrearty, R; The Future of Retail Customer Loyalty: RFID Enables Breakthrough Shopping Experiences; Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG); (2011)