

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Marko Baloh

ANALIZA VPLIVA MATERIALOV
PRI OZNAČEVANJU ŽIVIL Z
NALEPKAMI RFID

DIPLOMSKO DELO
NA VISOKOŠOLSKEM STROKOVNEM ŠTUDIJU

Mentor: doc. dr. Mira Trebar

Ljubljana, 2011

Št. naloge: 00526/2010

Datum: 01.09.2010



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

Kandidat: **MARKO BALOH**

Naslov: **ANALIZA VPLIVA MATERIALOV PRI OZNAČEVANJU ŽIVIL Z
NALEPKAMI RFID**
**ANALYSIS OF SUBSTANCES IMPACT BY LABELING FOOD ITEMS
WITH RFID TAGS**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija

Tematika naloge:

Kandidat naj analizira možnosti uporabe tehnologije RFID v preskrbovalni verigi. Pregleda naj različne načine označevanja in identifikacije posameznih izdelkov za HF in UHF frekvenčni območji sistemov RFID. Uspešnost identifikacije in uporabnost označevanja naj preizkusi na značilnih skupinah živil, ki vključujejo različne materiale za pakiranje. V analizi naj prikaže primerjavo rezultatov za uporabljene čitalce in pasivne nalepke RFID.

Mentor:


doc. dr. Mira Trebar

Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic



ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, doc. dr. Miri Trebar, za pomoč in usmerjanje pri pisanju diplomske naloge. Seveda se zahvaljujem tudi sošolcem in prijateljem za pomoč in sodelovanje v času študija.

Posebna zahvala gre tudi staršem ter bratu, kateri so me podpirali in verjeli vame skozi celoten študij in mi omogočili, da sem uspešno zaključil svojo študijsko pot.

Kazalo

POVZETEK	1
ABSTRACT	2
1. UVOD	3
2. TEHNOLOGIJA RFID	4
2.1. RFID SISTEM	5
2.1.1. RFID čitalci	6
2.1.2. RFID značke	8
2.1.3. Računalnik in vmesna oprema	11
2.2. STANDARDI	12
2.3. VARNOST	15
3. PRESKRBOVALNA VERIGA	16
3.1. Sledljivost	18
3.2. Preskrbovalna veriga - črtne kode ali RFID?	21
3.3. Kako RFID pomaga optimizirati upravljanje preskrbovalne verige	22
4. OZNAČEVANJE IN TESTIRANJE ŽIVIL Z RFID NALEPKAMI	23
4.1. Skupine živil	23
4.2. Označevanje z RFID nalepkami	25
4.3. Oprema za testiranje	26
4.4. TESTIRANJE	28
4.4.1. UHF sistem	28
4.4.2. HF sistem	37
4.5. ANALIZA	43
4.5.1. UHF sistem	43
4.5.2. HF sistem	44
4.5.3. Primerjava rezultatov (HF, UHF)	46
5. ZAKLJUČEK	47
6. LITERATURA IN VIRI	48

KRATICE

BNC	<i>Bayonet Neil-Concelman</i>	<i>priključek za koaksialni kabel (TV antena, kabelska, včasih je bil tudi za računalniške mreže)</i>
CD-ROM	<i>Compact Disc, read-only-memory</i>	<i>naprava, ki bere podatke iz medija</i>
CD-RW	<i>Compact Disc, read write</i>	<i>naprava, za branje in zapisovanje podatkov iz/na medij</i>
DNS	<i>Domain Name Service</i>	<i>sistem domenskih imen</i>
EAN	<i>European Article Numbering</i>	<i>črtna koda po sistemu evropskega označevanja artiklov</i>
EPC	<i>Electronic Product Code</i>	<i>elektronska koda izdelka</i>
EPCIS	<i>EPC Information Services</i>	<i>elektronska koda izdelka informacijskega servisa</i>
GIAI	<i>Global Individual Asset Identifier</i>	<i>globalni osebni identifikator sredstev</i>
GLN	<i>Global Location Number</i>	<i>globalna lokacijska številka</i>
GRAI	<i>Global Returnable Asset Identifier</i>	<i>globalni identifikator vrnjenih sredstev</i>
GSI	<i>The Global Language of Business</i>	<i>nevtralna in nepridobitna organizacija, katere cilj je načrtovati in uveljavljati globalne standarde</i>
GTIN	<i>Global Trade Identity Number</i>	<i>globalna trgovinska številka izdelka</i>
HF	<i>High Frequency</i>	<i>visoka frekvenca</i>
IP 40	<i>Ingress Protection 40</i>	<i>stopnja zaščite po DIN EN 60529</i>
ISM	<i>Industrial, Scientific, Medicine</i>	<i>predstavlja namen uporabe takšnega frekvenčnega pasu za industrijske, znanstvene in medicinske naprave, ki s svojimi majhnimi močmi pokrivajo omejena lokalna področja</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>	<i>mednarodna organizacija za standarde</i>
LAN	<i>Local Area Networ</i>	<i>lokalno računalniško omrežje</i>
LF	<i>LowFrequency</i>	<i>nizka frekvenca</i>

OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>	<i>sistem, ki so ga dali v uporabo proizvajalci OEM opreme</i>
ONS	<i>Object Name Service</i>	<i>podatkovna baza, ki pregleduje EPC številke in na podlagi teh usmerja poizvedovanje preko spleta do informacij o produktu shranjenih na oddaljenem strežniku.</i>
POS	<i>Point of sale</i>	<i>sistem, kjer se izvaja transakcija</i>
RF	<i>Radio Frequency</i>	<i>radio frekvenčni prenos</i>
RW	<i>Read/Write</i>	<i>branje/zapisovanje</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>	<i>radio frekvenčna identifikacija</i>
SAW	<i>Surface Acoustic Wave</i>	<i>zvočni val</i>
SGTIN	<i>Serialized Global Trade Identity Number</i>	<i>serijska globalna trgovinska številka izdelka</i>
SSCC	<i>Serial Shipping Container Code</i>	<i>zaporedna koda zabojnika</i>
SMA	<i>SubMiniature version A</i>	<i>konektor, ki je namenjen koaksialnemu kablu, za prenos visokih frekvenc</i>
UCC	<i>Uniform Code Council</i>	<i>svet enotne kode s sedežem v ZDA</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>	<i>zelo visoka frekvenca</i>
UID	<i>Unique Identification</i>	<i>unikatni identifikator</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>	<i>univerzalno serijsko vodilo</i>
WORM	<i>Write once, read many</i>	<i>značka, na katero lahko zapišemo podatke samo enkrat, preberemo pa jih lahko večkrat</i>

POVZETEK

V diplomskem delu je uporabljena radiofrekvenčna identifikacija (RFID), ki temelji na uporabi radijskih valov. V preskrbovalni verigi tehnologija RFID omogoča zamenjavo črtne kode zaradi številnih prednosti, kot so: enostavnejše in hitrejša branje na večjih razdaljah, shranjevanje podatkov na značkah RFID, sočasno identifikacijo velikega števila objektov, in drugo. Za identifikacijo so na voljo različni RFID sistemi, ki vključujejo čitalce, značke in antene za zajemanje podatkov. Za njeno komercializacijo v preskrbovalni verigi pa skrbi organizacija EPCglobal IncTM, ki deluje pod okriljem GS1 (ang. The Global Language of Business). Namen standardov RFID pa je zagotoviti globalno povezljivost komponent sistemov RFID.

Naloga je obsegala predstavitev in testiranje uporabe označevanja različnih prehrabnih izdelkov z RFID nalepkami. Razdelili smo jih v različne skupine glede na embalažo in sestavine. Testirali smo jih v HF (ang. High Frequency) in UHF (ang. Ultra High Frequency) frekvenčnih območjih, ki predstavljata različne možnosti uporabe tehnologije. Naš cilj je bil, da ugotovimo vpliv posameznih materialov in preverimo, kako ti vplivajo na razdalje branja. Ugotovili smo, da je v določenih primerih označevanje posameznih izdelkov neustrezno in ne omogoča uporabe RFID značk.

Ključne besede: RFID, značke RFID, EPC, standardi, označevanje izdelkov

ABSTRACT

In the diploma thesis Radiofrequency Identification (RFID) is used for labeling individual products. It is based on the usage of radio waves. In the supply chain, RFID technology could replace a barcode labeling because it has a lot of advantages like: easier and faster reading on large distances, storing data on RFID tags, identification of larger number of objects at the same time and others. There exist many different RFID systems available for identification that include RFID readers, tags and antennas for capturing data. For its commercialisation in supply chain EPCglobal IncTM standardisation organization is responsible. It operates under the auspices of GS1 (The Global Language of Business). The purpose of RFID standards is to ensure global connectivity of components in RFID systems.

The work consisted of introduction and testing of labeling different food products with RFID labels. We divided them into several groups according to packaging forms and ingredients. We tested them in HF (High Frequency) and UHF (Ultra High Frequency) frequency bands which represent two different options of usage this technology. Our goal was to determine the effect of individual materials and to check how they affect on the reading distances. It was discovered that in some cases of products the labeling was inappropriate and is not practicable for the use of RFID tags.

Keywords: RFID, RFID tags, EPC, standards, labeling of products

1. UVOD

Zaradi vse večjih zahtev trga in potreb po globalnem poslovanju, je za optimalno delovanje preskrbovalne verige potrebna integracija vse od dobaviteljev, proizvajalcev, do trgovcev. Odvisna je od ustreznih tehnologij, ki omogočajo avtomatski pretok informacij ter odpravljanje konfliktov med podatki, informacijskimi tehnologijami idr. Učinkovito rešitev na tem področju nam omogoča radio frekvenčna identifikacija (RFID), katero lahko uporabljamo za sledenje transportnim enotam, nadzor dostopa, zaščito osebnih dokumentov, avtomatsko plačevanje, upravljanje z letalsko prtljago, uporaba pa bo možna tudi v »pametnih« hišah, pisarnah, trgovinah, itd.

Od samega začetka uporabe identifikacijskih postopkov do danes je razvoj označevanja zelo napredoval. Na začetku je bil zajem podatkov ročen (uporabnik je vnašal podatke v nek program), kasneje so začeli z vpeljavo laserskih ročnih čitalcev in z uporabo črtne kode. V poznih osemdesetih do zgodnjih devetdesetih letih prejšnjega stoletja pa se je počasi začela uveljavljati RFID tehnologija ter se s tem pričela doba avtomatskega zajema podatkov. Ocena uspešnosti RFID je že bila narejena v farmacevtski verigi, kjer so raziskali in primerjali uporabo pasivnih HF in UHF sistemov na farmacevtskih izdelkih, katere so razvrstili glede na njihovo vrsto ter embalažo, izdelke pa so označili z različnimi vrstami značk [1].

V diplomskem delu je predstavljena tehnologija, ki se uporablja v upravljanju preskrbovalne verige. Za testiranje je opisana razvrstitev prehrabnenih izdelkov za označevanje z RFID značkami v različne skupine glede na njihovo vsebino in embalažo. Nato sta opisana uporabljena RFID sistema, ki delujeta v dveh različnih frekvenčnih območjih (HF in UHF). Primerjali smo rezultate in odzivnost značk na izbranih izdelkih v posameznem frekvenčnem območju. Z analizo rezultatov smo želeli prikazati možnosti uporabe pri označevanju posameznih prehrabnenih izdelkov.

2. TEHNOLOGIJA RFID

Radiofrekvenčna identifikacija (ang. Radio-frequency Identification - RFID) je brezžična komunikacijska tehnologija, ki omogoča identifikacijo označenih objektov ali ljudi [2].

Uporablja se v številnih aplikacijah, kot so:

- sledenje zabojev in palet od proizvajalca do trgovca;
- sistemi za nadzor dostopa, ki omogoča vstop brez ključa in naprave za identifikacijo zaposlenih;
- avtomatski sistemi za pobiranje cestnine;
- sledenje vozil in naprave za mobilizacijo vozil;
- varovanje izdelkov;
- nadzor pokvarljivih izdelkov (npr. nadzor temperature zamrznjenih izdelkov);
- nadzor nevarnih snovi;
- identifikacija živali, ki se že nekaj časa uporabljajo v živinoreji in tudi vedno bolj za domače hišne ljubljence idr.

V prihodnjih letih se pričakuje pospešen razvoj aplikacij v različnih gospodarskih panogah, zato se ji napoveduje vesplošen uspeh. Postopoma naj bi RFID celo nadomestila obstoječi sistem črtne kode [3]. Glede na to, da je še vedno dražja od črtne kode, pa zagotavlja določene prednosti, ker ima lahko več neodvisnih virov podatkov na enem čipu. Kakšne prednosti lahko podjetja pričakujejo od tehnologije RFID je odvisno od načina uporabe. Cilj vseh je v vsakem primeru znižati stroške poslovanja [4]. RFID omogoča označevanje predmetov z unikatnimi kodami, sledenje objektov pri prenosu med različnimi prostori, branje brez vidne linije med čitalcem in značkami (znotraj palet), razbremenitev delavcev (branje značke se izvede avtomatično, ko se le-ta znajde v polju čitalca), ker lahko medtem opravljajo druge naloge. Poleg tega RFID odlikuje tudi hitrost, saj so moderni čitalci sposobni prebrati tudi več deset ali sto značk naenkrat kar izjemno skrajša čas identifikacije izdelkov. Poudariti pa je potrebno tudi veliko prilagodljivost in splošno uporabnost sistemov RFID.

Preden bo tehnologija RFID splošno sprejeta je potrebno upoštevati še številne probleme, ki se pojavljajo z njenim razvojem. Nekateri od pomebnejših so:

- vprašanje zasebnosti kupca;
- upoštevanje visokih stroškov razvoja in uvajanja RFID tehnologije v primerjavi s črtno kodo;
- tehnološka integracija z obstoječim sistemom vodenja podatkov;
- potreba po RFID značkah in robustnosti sistema;
- pomanjkanje uporabniških izkušenj, negotovost končnega uporabnika in skepticizem;
- nezadostno usposabljanje in izobraževanje v zvezi z RFID aplikacijami.

Pogosto je znanje in usposobljenost za uporabo tehnologije RFID na relativno nizkem nivoju v večini organizacij, zato so le te odvisne od ponudnikov, ki so bili udeleženi v prvotnih projektih in izvedbah. Da bi dosegli splošno uporabnost tehnologije RFID, je potrebno sodelovanje, podpora, znanje in strokovnost za povezovanje tehnološkega razvoja in družb za upravljanje podatkov.

Aplikacije z uporabo RFID tehnologije [2] lahko razdelimo na naslednja področja:

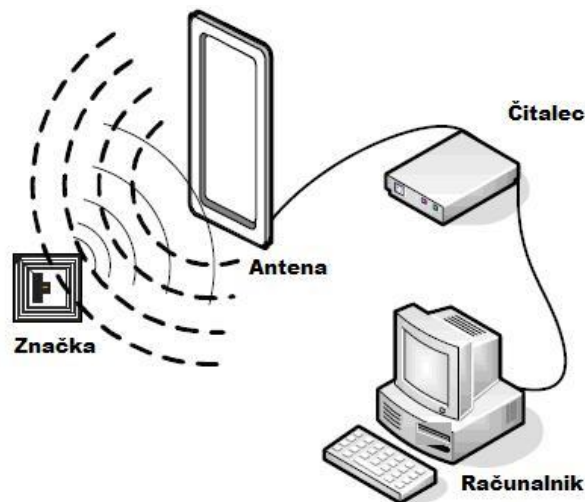
- **Trgovina na drobno (ang. Retail and Consumer Packaging):** Popis in upravljanje s ponudbami, upravljanje verig, aplikacije prodajnih mest, sledenje palet in zabojev.
- **Transport in distribucija (ang. Transport and Distribution):** prevoznništvo, skladišča, oznake cestnine, upravljanje voznega parka itd., za nadzor dostopa in izstopa iz terminalov objekta, evidentiranje transakcij ter sledenje kontejnerjev.
- **Industrija in proizvodnja (ang. Industrial and Manufacturing):** V okolju proizvodnega obrata je RFID tehnologija idealna za identifikacijo produktov visokih vrednosti, ki se gibljejo skozi zapleten proces sestavljanja, kjer je trajna in stalna identifikacija bistvenega pomena.
- **Varnost in nadzor dostopa (ang. Security and Access Control):** Nadzor dostopa do objekta, identifikacijske kartice, zaščita pred ponarejanjem, računalniški sistem za nadzor dostopa in uporabe, preprečevanje nastajanja replik blagovnih znamk, odprema blaga, reševanje ukradenih predmetov.

Upravljanje varnosti, povezane z RFID aplikacijo, omogoča celovito identifikacijo, lokacijo, sledenje in spremljanje ljudi in predmetov. Državne in lokalne oblasti imajo predvsem veliko vlogo pri uporabi RFID tehnologije.

2.1. RFID SISTEM

Slika 1 prikazuje RFID sistem [2], ki ga sestavljajo:

- **RFID značke**, ki vsebujejo unikatno identifikacijsko številko.
- **RFID čitalec**, ki skrbi za komunikacijo in prenos podatkov.
- **Računalnik ali krmilnik**, ali celo delovne postaje z bazo podatkov in programsko opremo, ki jo pogosto imenujemo vmesna oprema (ang. Middleware).

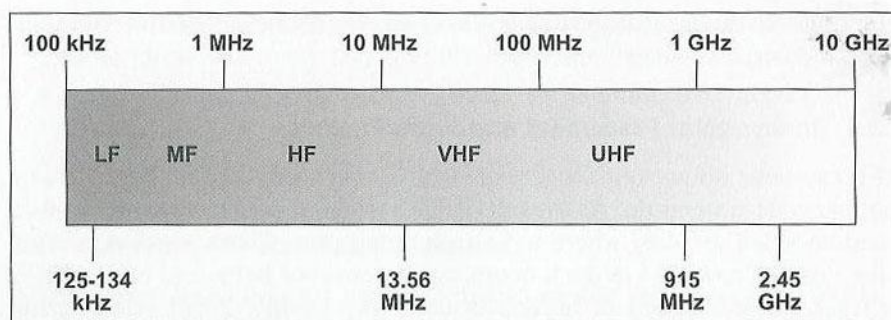


Slika 1. RFID sistem. Vir: Alexan Tech. Inc

Značke lahko vsebujejo veliko različnih informacij o predmetih, h katerim so pripete, vključno s serijskimi številkami, časovnimi oznakami, konfiguracijskimi navodili itn. Ko označen predmet vstopi v območje branja, RFID čitalec poskrbi za komunikacijo z značko in prenos podatkov.

Ko čitalec prejme podatke, se te informacije pošljejo na računalnik preko standardnega omrežja, kot je ethernet (LAN). Sistem RFID lahko sestavlja tudi več čitalcev porazdeljenih po skladišču ali vzdolž traku, ki so lahko povezani na en računalnik. Čitalec lahko komunicira z eno ali več značkami hkrati. Glede na sedanje stanje tehnologije je mogoča sočasna komunikacija s hitrostjo do 1000 značk na sekundo z natančnostjo, ki presega 98 %.

RFID sistemi se razlikujejo glede na to, v katerih frekvenčnih območjih delujejo (slika 2). Delimo jih na tiste z nizkimi frekvencami (ang. Low Frequency), ki imajo kratek doseg in pripomorejo k cenejši izvedbi celotnega sistema ter na tiste, ki delujejo v višjih frekvenčnih območjih (ang. High Frequency in Ultra High Frequency) in ponujajo daljši doseg, večje hitrosti branj in se uporabljajo pri aplikacijah, ki zahtevajo sorodne karakteristike (npr. pobiranje cestnine). Takšna izvedba vključuje višje stroške RFID sistema.



Slika 2. Frekvenčna območja RFID sistema.

Večina držav za nizke frekvence (LF) uporablja področje od 125 KHz do 134 KHz ter 13.56 MHz za HF. UHF pa se v povezavi z RFID pojavlja v dveh različicah. Evropa za UHF uporablja 868 MHz, ZDA pa 915 MHz. Neusklajenost držav pri določanju UHF področja povzroča obilico težav proizvajalcem RFID opreme, saj morajo, če želijo svoje produkte prodajati po vsem svetu, zagotavljati delovanje na več frekvencah, kar podraži izdelavo.

2.1.1. RFID čitalci

RFID čitalec [2] vsebuje anteno, elektronski modul in krmilni modul. Antena se uporablja za brezžično komunikacijo z RFID značkami. Elektronski modul je povezan z gostujočim računalnikom (ang. host computer) in sprejema ter pošilja sporočila med gostujočim računalnikom in značkami, ki so v območju branja antene. Krmilni modul pa skrbi za komunikacijo z računalnikom. Obstaja več tipov čitalcev (slika 3), ki se delijo v dve skupini: fiksni in mobilni/ročni.



Slika 3. Različne vrste čitalcev.

RFID čitalec predstavlja povezavo med RFID značko in računalnikom in zagotavlja osnovne funkcije, kot so:

- branje podatkov iz RFID značk;
- zapisovanje podatkov na RFID značko (v primeru pametnih značk);
- prenos podatkov;
- napajanje pasivnih RFID značk.

RFID čitalci so sposobni opravljati še druge, zahtevnejše funkcije, kot so:

- izvajanje anti-kolizijskih ukrepov, da zagotovi sočasno komunikacijo s številnimi značkami;
- avtentikacija značk za preprečevanje goljufij ali nepooblaščen dostop do sistema;
- šifriranje podatkov za zaščito integritete podatkov.

Anti-kolizijski algoritmi so implementirani tako, da omogočajo čitalcu komunikacijo z več značkami naenkrat. Predstavljamo si, da čitalec ne ve, koliko RFID značk je v območju branja ali če sploh obstajajo značke v bralnem območju. Ob izdaji splošnega ukaza za posredovanje podatkov je lahko v bralnem območju na stotine značk in vse poskusijo odgovoriti naenkrat. Iz tega razloga je potrebno uporabiti algoritem za to možnost, ki se imenuje anti-kolizija. Obstajajo tri vrste anti-kolizijske tehnike [2]: prostorska, frekvenčna in časovna. Vse tri se uporabljajo za preprečevanje problemov, ki se lahko pojavijo.

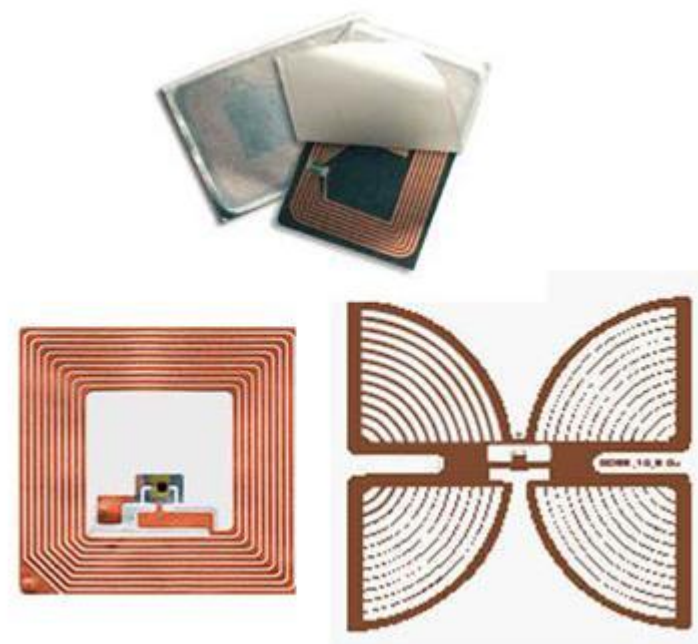
Avtentikacija - visoko varnostni sistemi zahtevajo tudi preverjanje pristnosti uporabnikov sistema [2]. Brez ustrezne zaščite bi bil sistem za nadzor prodajnih mest (POS) bolj dovzeten za prevare. Obstajata dve vrsti preverjanja pristnosti. Imenujeta se »mutual symmetrical« in »derived keys«. V obeh primerih RFID značka določa čitalcu kodiran ključ, ki je vključen v algoritem, ali zaklepanje (ang. lock), ki ugotovi ali je ključ ustrezen ter če ima značka dovoljenje za dostop do sistema.

Enkripcija/dekripcija je šifriranje podatkov kot varnostni ukrep, ki omogoča preprečevanje zunanjih napadov na sistem [2]. V primeru POS-a (ang. Point of Sale), lahko tretja oseba

prestreže uporabniški ključ in te informacije uporablja za izdelavo goljufivih nakupov. Za zaščito brezžično prenesenih podatkov in za preprečevanje prestrežanja nepooblaščenih oseb, se zato uporablja šifriranje podatkov (ali enkripcija). Čitalec pa izvaja šifriranje in dešifriranje.

2.1.2. RFID značke

RFID značke vsebujejo majhne polprevodne čipe in miniaturne antene ter so unikatno prepoznavne preko čitalca in računalnika [2]. Lahko so različnih oblik (slika 4). Nekatere izgledajo kakor papirnate etikete in so dodane škatlam in raznim pakiranjem, spet druge so lahko vgrajene oz. dodane v stene plastičnih kontejnerjev ter takšne, ki so lahko vgrajene v zapestnice in se uporabljajo pri ljudeh.



Slika 4. RFID značke.

RFID značke lahko razvrstimo glede na:

- napajanje (aktivne in pasivne značke);
- vrsto pomnilnika (bralne in bralno/pisalne značke);
- obliko (nalepke, kartice, zapestnice itd.).

RFID značke glede na vir napajanja delimo na:

- aktivne značke;
- pasivne značke.

Aktivne značke delujejo s pomočjo lastnega napajanja in so bolj zanesljive, ker ne potrebujejo neprekinjenega radijskega signala za napajanje. Baterija lahko zdrži tudi več let. Aktivna značka je sposobna sprejemati in oddajati signale tudi na daljših razdaljah.

Pasivne značke nimajo lastnega napajanja, ampak v ta namen uporabljajo čitalec. Elektromagnetni valovi, ki jih oddaja čitalec, inducirajo v anteni značke tok, preko katerega dobi energijo, ki jo uporabi za posredovanje povratne informacije čitalcu. Tej »povratni informaciji« čitalcu lahko rečemo tudi povratni odsev (ang. backscatter). Če ni prisotnega usmerjenega signala na pasivno značko, ta ni sposobna generiranja in emitiranja samostojnega radijskega signala. S takšne značke posledično ne dobimo dodatnih nepotrebnih elektromagnetnih motenj v okolico. Zaradi teh lastnosti so pasivne značke pogosto uporabljene v aplikacijah RFID preskrbovalnih verig. Eden od razlogov je seveda tudi cena, ki je obratno sorazmerna s količino uporabljenih značk. Za pasivne značke lahko rečemo, da so v primerjavi z aktivnimi po velikosti manjše, lažje po teži, imajo daljšo življenjsko dobo, so manj zahtevne in se večinoma uporabljajo za krajše razdalje ter so veliko bolj dovzetne za motnje.

Obstaja še ena vrsta značk in sicer *semi-pasivne*, ki so po karakteristikah zelo podobne pasivni in imajo baterijo za napajanje mikročipa ali senzorja in ne za komunikacijo. Uporabne so za zabojnike in palete v prodajalnah ter v t.i. just-in-time proizvodnih aplikacijah.

RFID značke lahko razdelimo glede na vrsto pomnilnika v:

- bralne značke (ang. Read Only);
- bralno/pisalne značke (ang. Read/Write).

Bralne značke imajo bralni pomnilnik in so zelo podobne črtnim kodam v tem, da so sprogramirane pri proizvajalcu in se jih ne da več spreminjati. Imajo omejeno količino statičnih podatkov, kot so serijske in delne številke, in so lahko vključeni v obstoječe sisteme črtne kode.

Bralno/pisalnimi značkami pogosto pravimo »pametne« značke. Pametne značke so za uporabnika veliko bolj prilagodljive kot bralne značke. Hranijo lahko večje količine podatkov in imajo dodaten pomnilnik, katerega lahko spreminjamo. Podatke na teh značkah lahko brišemo in ponovno zapisujemo.

Obstaja še nekaj vrst pomnilnikov teh dveh tipov (bralnih in bralno/pisalnih) značk, ki jih je potrebno omeniti. Obstaja vrsta pomnilnika, ki se imenuje *write-once-read-many* (WORM) in je zelo podobna bralni znački in naj bi bila programirana statično. Če je bralni podoben CD-ROM-u, potem je WORM zelo podoben CD-RW, kjer končni uporabnik posname prazen CD. To vrsto pomnilnika je mogoče uporabljati na tekočem traku, kjer se datum proizvodnje ali lokacijo značke določi po zaključku proizvodnega procesa.

Nekatere značke lahko vsebujejo *bralni* in *bralno/pisalni* pomnilnik. Na primer, RFID značka pritrjena na paleto bi lahko bila označena s serijsko številko za paleto v delu pomnilnika, ki je namenjen samo za branje ter bi ostala statična za dobo uporabe palete. Del pomnilnika, ki je namenjen za branje in pisanje nato lahko uporabimo za navedbo vsebine palete. Ko je paleta prazna in znova naložena z novim blagom, lahko v ta del pomnilnika, ponovno zapišemo nove podatke.

Prednosti in slabosti različnih tipov značk nam prikazuje tabela 1 [5].

<i>Vrste značk</i>	<i>Prednosti</i>	<i>Slabosti</i>
Aktivne	<ul style="list-style-type: none"> - večji doseg branja - zanesljivost - večja zmogljivost pomnilnika - hitrejša obdelava podatkov - stalen signal 	<ul style="list-style-type: none"> - vzdrževanje baterij - velikost - cena
Pasivne	<ul style="list-style-type: none"> - daljša življenjska doba - cena - manjše v primerjavi z aktivnimi - nezahtevne 	<ul style="list-style-type: none"> - brez lastnega napajanja - krajši doseg branja - bolj dovzetne za motnje
Semi-pasivne	<ul style="list-style-type: none"> - daljša življenjska doba - lastno napajanje ali preko čitalca - večja pomnilniška zmogljivost - hitrejši odzivni čas - večji doseg branja 	<ul style="list-style-type: none"> - zelo drage - nezanesljive - nevarna za okolje zaradi potencialno strupenih kemikalij v baterijah
Pasivne bralno/pisalne	<ul style="list-style-type: none"> - daljša življenjska doba - izbrisljiv in programabilen - na voljo v mnogih različicah - hranijo lahko velike količine podatkov 	<ul style="list-style-type: none"> - krajši doseg kot pri aktivni znački - varnost podatkov in visoki stroški omejujejo uporabo
Pasivne WORM	<ul style="list-style-type: none"> - primeren za identifikacijo artiklov - nadzor pri pakiranju 	<ul style="list-style-type: none"> - enkratno zapisovanje podatkov (proizvajalec)

Tabela 1: Prednosti in slabosti značk.

RFID značke so lahko različnih oblik in velikosti. Najpogostejše so:

- nalepke, ki so tanke, ravne in fleksibilnih oblik;
- kartice, kjer se značka zalije v plastiko;
- zapestnice, kjer je značka vstavljena v plastični trak za zapestje;
- obeski za ključe;
- in drugo.

2.1.3. Računalnik in vmesna oprema

Računalnikom (oz. krmilnikom) pravimo tudi »možgani« RFID sistema [2] in se uporabljajo za povezovanje več RFID čitalcev skupaj in centralno obdelavo podatkov. Čitalci in posledično značke so povezani s centralnim računalnikom, ki skrbi za prenos podatkov med RFID omrežjem in sistemom IT v podjetju, kjer deluje upravljanje dobavne verige ali upravljanje z zbirkami podatkov. Vse informacije oz. podatki, ki jih pridobimo iz značk so procesirani s strani računalnika.

Računalnik je najpogosteje PC ali delovna postaja, ki vsebuje zbirko podatkov in programsko opremo. Pridobljene podatke uporabi za:

- vodenje evidence in opozarjanje dobaviteljev glede novega inventarja, kot na primer v maloprodaji;
- sledenje gibanja predmetov v celotnem sistemu in morda tudi za preusmerjanje, kot na primer na tekočem traku v proizvodnji;
- preverjanje identifikacije in izdajanje dovoljenja, kot na primer pri sistemih vstopa brez ključa;
- obremenitev računa, kot na primer pri POS aplikacijah.

Vmesna oprema (ang. Middleware) je programska oprema [2], ki povezuje RFID strojno opremo z informacijskim sistemom v podjetju. Upravlja pretok podatkov med čitalci in aplikacijami ter skrbi za kvalitetno in končno uporabnost informacij v podjetjih.

Vmesna oprema ima naslednje funkcije:

- **Zbiranje podatkov (ang. Data Collection)** – Skrbi za pridobivanje, združevanje, glajenje in filtriranje podatkov iz enega ali več RFID čitalcev;
- **Usmerjanje podatkov (ang. Data Routing)** – Omogoča povezovanje RFID omrežja sistemi podjetij. To izvaja z usmerjanjem podatkov ustreznim sistemom v neki organizaciji;
- **Upravljanje procesov (ang. Process Management)** – Lahko se uporablja za prikazovanje poslovnih dogodkov, ki temeljijo na poslovnih pravilih;
- **Upravljanje naprav (ang. Device Management)** – Uporablja se tudi za spremljanje in usklajevanje RFID čitalcev.

2.2. STANDARDI

Standardi vplivajo na poslovne prakse povsod po svetu. Potrebni so zato, ker zagotavljajo okolje, v katerem lahko proizvajalci razvijajo rešitve, ki uporabljajo sistem odprte arhitekture. To pa omogoča prilagoditev delovanja potrebam podjetja. Podjetja, ki so v zadnjem času sodelovala pri sprejetju standardov na področju RFID tehnologije, so lahko vplivala na njihovo vsebino, kot so npr. zahteve po podatkih, lokacijo nalepk, potrebna podatkovna polja, kvaliteto tiska itd.

Standardi so bili v RFID industriji odvisni od vertikalnih aplikativnih področij. V takem okolju je bilo čisto normalno, da je vsak ponudnik določene rešitve na določenem področju ponudil svoj, aplikaciji prirejen standard – ne glede na morebitne ponudbe podobnih tehnologij tekmecev. Tako se je pomanjkanje standardizacije na tem področju v zadnjem času izkazalo za največjo oviro k splošnemu sprejetju RFID tehnologije. Veliko aplikacij namreč potrebuje interoperabilnost med različnimi ponudniki različnih delov sistema.

Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO) in EPCglobal Inc. sta dve najbolj pomembni organizaciji za standarde. Mnogo nacionalnih in industrijskih standardov temelji na ISO in EPCglobal standardih. ISO standard se lahko uporablja kjerkoli po svetu in služi kot nacionalni standard v mnogih državah [6].

Standardi ISO

Mednarodna organizacija za standardizacijo (ang. International Organisation for Standardization) je bila ustanovljena leta 1947 in jo sestavljajo posamezne organizacije za standardizacijo iz več kot 140 držav. Skrbi za potrditev predpisov v posameznih standardih. Standardi so prvotno objavljeni v angleškem jeziku, nato pa je vsaka posamezna organizacija zadolžena, da ga prevede v svoj jezik. Za mednarodno organizacijo standardov je bila izbrana oznaka ISO in z njo se začnejo vsa imena njenih standardov [7].

Prvotni standardi s področja RFID so bili namenjeni identifikaciji živine. Tako je v standardu ISO 11784 definirano, kako so podatki zapisani na odzivniku. Pravila za komunikacijo med čitalcem in značkami so zapisana v ISO 11785. Med pomembnejše standarde sodi ISO 15693, ki se uporablja za identifikacijo oseb. Za testiranje pripadnosti določenim standardom je bil razvit standard ISO 18047 in ISO 18046, s katerim se testira učinkovitost tako značk kot tudi čitalcev.

Standardi EPCglobal

EPCglobal je mednarodna neprofitna organizacija, ki sta jo ustanovila EAN International in Uniform Code Council (UCC) z namenom standardizacije in uvajanja RFID tehnologije na področju logistike preskrbovalnih verig.

Elektronska oznaka izdelka EPC (ang. Electronic Product Code) je standardizirana številka v omrežju EPCglobal Network. Podatkovna struktura EPC ponuja fleksibilen okvir, ki podpira več načinov številčenja, kar dodatno spodbuja združevanje preskrbovalnih verig. Veliko podjetij za identifikacijo izdelkov znotraj panoge že dolgo časa uporablja svoje lastne sisteme za številčenje [8].

EPCglobal je skupina, ki želi komercializirati EPC (ang. Electronic Product Code) tehnologije in piše svoje lastne standarde. Njihova želja je, da bi bili EPC standardi združljivi z ISO standardi.

EPC Gen 1

RFID specifikacije pokrivajo način komuniciranja z značkami (t.i. »air interface«) ter tehniko programiranja za shranjevanje in branje podatkov. S prevzemom obstoječih oblik sta najbolj poznani podjetji Matrics (sedaj Symbol Technology) za razred 0 ter Alien technology za razred 1, ki sta vodilni na področju industrije preskrbovalnih verig. Sposobni sta bili začeti izvajati implementacije in sta pokazali vrednost in prednosti te tehnologije ter omogočiti boljše razumevanje in možnosti izboljšanja procesov.

EPCglobal je podprl začetne izvedbe z nizom standardov poznanih pod imenom »Gen 1«. Gre v bistvu za serijo specifikacij:

- specifikacija za podatke EPC značk verzija 1.27 – identificira posebne sheme enkodiranja za trgovine;
- specifikacija za značke razreda Class 0, frekvenčnega področja 900 MHz – komunikacijski vmesnik in protokol za razred Class 0 za delovanje pri frekvenci 900 MHz;
- specifikacija za ISM področje 13,56 MHz-ov za vmesnik za RF identifikacijo značk – določa komunikacijski vmesnik in protokol za delovanje na frekvenci 13,56 MHz v razredu Class 1;
- specifikacija za značke razreda Class 1 in frekvenčno področje 860 MHz - 930 MHz – komunikacijski vmesnik in protokol za zgoraj omenjeno frekvenčno področje, ki vključuje radio frekvenčne (RF) zahteve in lastnosti značk za omogočanje komunikacij v tem frekvenčnem pasu.

EPC Gen 2

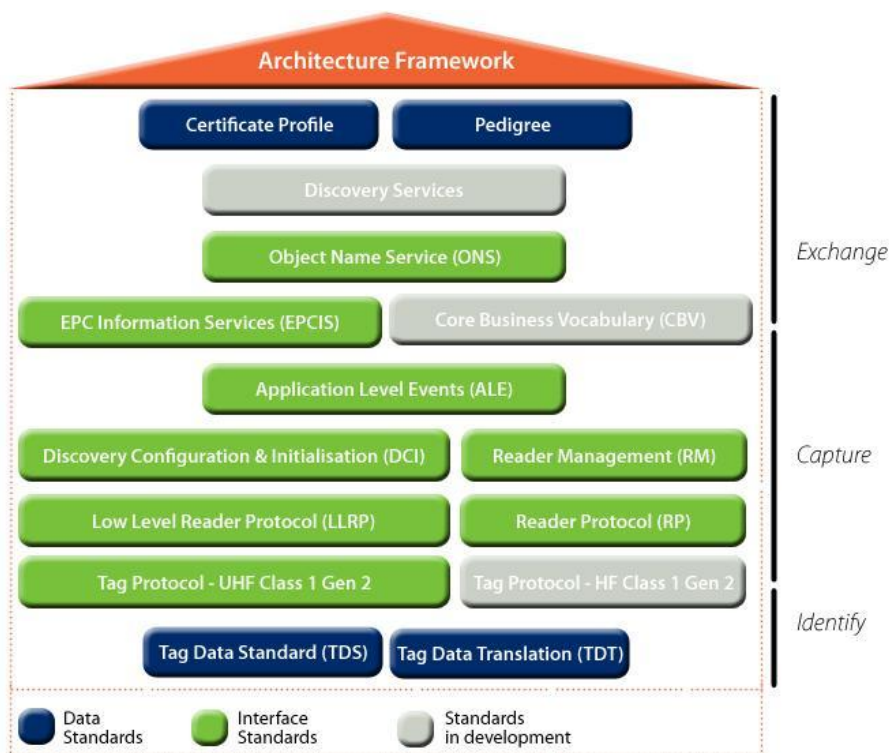
Gen 2 je okrajšava za drugo generacijo standardov EPCglobal. Izdelani so bili z namenom delovanja povsod po svetu, vsebujejo pa tudi druge izboljšave, kot je preprečevanje interference med čitalci, ki so postavljeni v neposredni bližini. Značke druge generacije imajo zmožnost enkripcije, uporabe baterije ter komunikacije s temperaturnimi, toplotnimi in ostalimi senzorji.

Standard Gen 2 je bil ustvarjen za lažjo uporabo EPC števil, ki enolično identificirajo predmete, kot so palete, škatle ali posamezne proizvode. EPC standardi ponujajo tehnične specifikacije RFID in sistem številčenja za edinstveno in nedvoumno identifikacijo predmetov.

Mednarodna organizacija za standardizacijo je potrdila EPC Gen2 UHF standard kot del ISO 18000-6 standarda, ki ureja uporabo UHF RFID naprav v frekvenčnem področju 860-960 MHz. EPCglobal je Gen2 standard prilagodil zahtevam mednarodne standardizacije že v začetku leta 2005, nato pa je do njegove dokončne ratifikacije trajalo še 18 mesecev [9]. Poleg izdajanja in vzdrževanja številke EPC skrbi EPCglobal tudi za celotno infrastrukturo (slika 5), v katero spadajo:

- Številka EPC, ki predstavlja osnovo sistema, omogoča identifikacijo izdelka povezanega s to številko ter pridobitev vseh informacij o tem predmetu iz baze podatkov v omrežju.

- ONS (ang. Object Name Service) je sistem, podoben sistemu DNS (ang. Domain Name Service) na internetu in nam omogoča, da se glede na številko EPC za predmet povežemo s strežnikom, ki ima informacije o želenem predmetu.
- EPCIS (EPC Information Services) je specifikacija vmesnika, ki omogoča dostop do informacij EPC, ter omogoča tudi izmenjavo podatkov z zunanjimi viri ter drugimi sistemi EPCIS.
- Standardiziran komunikacijski protokol s čitalcem RFID.
- Dogodki na aplikativnem nivoju. Pod tem imenom se skriva standard za vmesno opremo, ki obsega sortiranje in filtriranje podatkov v čitalcu RFID.
- Standardi za izmenjavo podatkov EPC. Ti standardi govorijo o tem, kateri podatki se zbirajo, kako se kodirajo in v kakšni obliki jih lahko ponudimo drugim.



Slika 5. Standardi EPCglobal. Vir: EPCglobal

2.3. VARNOST

RFID sistemi se vedno bolj uporabljajo tudi v sistemih za izvrševanje plačil, kontrolo pristopa itd. Uporaba RFID sistemov v takih aplikacijah zahteva posebno obravnavo varnosti podatkov in preprečevanje morebitnih poskusov vdora, ki bi v takem primeru pomenil dostop do osebnih podatkov [2].

V takšnih primerih morajo biti RFID sistemi varni pred napadi, kot so:

- neavtorizirano branje podatkov z namenom spremembe ali uporabe podatkov;
- uporaba »tujega« nosilca podatkov v delovnem območju čitalca z namenom neavtoriziranega dostopa do podatkov čitalca;
- prisluškovanje radijski komunikaciji ali imitaciji podatkov.

Funkcijo varnosti pri izbiri ustreznega RFID sistema za želeno aplikacijo moramo izbrati optimalno. Pri tistih aplikacijah, kjer varnost ni ključnega pomena (industrijska avtomatizacija itd.), bi vključevanje varnostnih funkcij samo podražilo celoten projekt in zapletlo cel sistem. Neupoštevanje varnostnih procedur lahko povzroči nepredstavljive stroške, če pride do nepooblaščenega dostopa in nepooblaščne uporabe uslug sistema.

Sodobni protokoli avtentikacije uporabljajo kriptografske ključe in kriptografske algoritme. Kriptografski postopki naj bi ščitili pred aktivnostmi, kjer napadalec manipulira s prenosom, ter pasivnimi načini napada, kjer napadalec samo prisluškuje.

3. PRESKRBOVALNA VERIGA

Preskrbovalna veriga v živilstvu je mreža trgovcev na drobno, prevoznikov, distributerjev, skladišč in dobaviteljev, ki sodelujejo v proizvodnji, dobavi in prodaji izdelkov [10]. Sestavljena je iz treh ključnih delov:

- *dobava*, ki se osredotoča na surovine potrebne za proizvodnjo, vključno z načini dobave, roki dobave in lokacijo dobave;
- *predelovalna dejavnost*, ki se osredotoča na spreminjanje teh surovin v končne izdelke;
- *porazdelitev (oz. distribucija)*, ki se osredotoča na zagotavljanje, da bodo ti izdelki dosegli potrošnike preko organiziranih mrež distributerjev, skladišč in trgovcev na drobno.

Preskrbovalna veriga ne zajema samo proizvajalca in dobaviteljev, ampak je odvisna tudi od logističnih tokov, prevoznikov, skladišč, trgovcev na drobno ter samih potrošnikov. V širšem smislu zajema tudi razvoj novih proizvodov, distribucijo, trženje ter storitve strank.

Označevanje živil

Najbolj razširjen način označevanja je označevanje s črtnimi kodami, ki se uporablja kot mednarodni način označevanja, s katerim je mogoče prepoznati kateri koli izdelek. Za izdelke in storitve se najpogosteje uporablja črna koda (EAN 13 – 13-mestni označevalec živila), obstaja pa tudi njena novejša različica 14-mestni GTIN (ang. Global Trade Identity Number) (slika 6).



EAN 13

A - Prvi številki označujeta državo, v kateri je bila črna koda sestavljena.
 B - Šifra proizvajalca, dobavitelja
 C - Šifra izdelka
 D - Kontrolna številka



GTIN-14

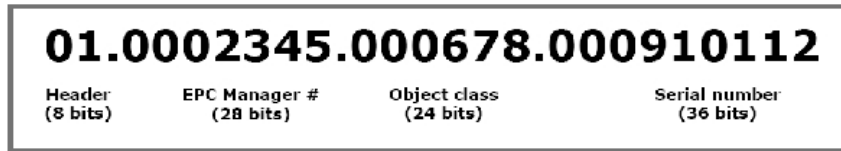
Prvi del številke podjetju dodeli organizacija GS1
 Drugi del je na voljo podjetju za označevanje svojih proizvodov
 Zadnja številka je kontrolna številka

Slika 6. EAN 13 in GTIN-14.

Poleg teh pa poznamo še druge načine označevanja (RFID), ki omogočajo hitro in zanesljivo sledljivost živil v celotni verigi. RFID značka se uporablja za izdelek kot samostojna enota, ta pa omogoča hranjenje več podatkov kot pri črtni kodi. Uporabi se lahko na škatlah (enota trgovca na drobno), paletah (logistične enote), izdelkih itd. Označevanje z RFID je zaenkrat zelo primerno za velike družbe [11].

Elektronska koda izdelka (EPC)

Koda EPC predstavlja edinstven identifikator proizvajalca, proizvoda ali logistične enote. Koda je zapisana v čipu značke in omogoča identifikacijo objekta, povezanega s to identifikacijsko številko, ter pridobitev vseh informacij o objektu iz baze podatkov v omrežju EPC [12]. EPC lahko vsebuje od 64 do 256 bitov, ki so razdeljeni v štiri ločena polja.



Slika 7. Zgradba elektronske kode EPC. Vir: Daniel Čeh Ambruš

EPC format je edinstvena oblika, ki se lahko uporablja za številne namene, vključno za aplikacije za preskrbovalno verigo z RFID značkami [13].

EPC format sestavljajo (slika 7):

- *glava (ang. Header)*: 8-bitna glava identificira številko verzije same kode;
- *EPC vodilno število (ang. EPC Manager)*: dolžina 28 bitov in kaže na bistvene podatke podjetja (npr. podjetje, vodstvo kraja), ki so odgovorni za vzdrževanje števil v poljih, ki sledijo, razred objekta in serijska številka. Glavno vodilno število dodeljuje organizacija EPCglobal Inc™ organizaciji ali podjetju ter zagotavlja, da je to število unikatno;
- *razred objekta (ang. Object class)*: nanaša se na točno določen tip izdelka. Dolžina je 24 bitov. Razred objektov se nanaša na vodilno število organizacije in se uporablja za identifikacijo različno pakiranih izdelkov, ki so namenjeni prodaji ali transportu;
- *serijska številka (ang. Serial Number)*: unikatni identifikator za artikel znotraj posameznega razreda objekta. Vodilno število jamči za unikatnost, ne-ponavljanje serijskih števil za vsak posamezni primer znotraj vsakega razreda objekta;

Standardi za avtomatsko identifikacijo so sestavljeni iz identifikacijskih ključev in aplikacijskih identifikatorjev. Oblikovani so bili zlasti za delo z nosilci podatkov, kot so črtne kode ali oznake EPC/RFID. Identifikacijski ključi se uporabljajo za poimenovanje in razlikovanje predmetov, stvari ali lokacij, tako da lahko zainteresirane strani dobijo informacije ali poslovna sporočila v zvezi z njimi. EPC, ki vsebuje identifikacijske ključe je temelj za kodiranje oznak EPC/RFID.

EPC podpira praktično vse obstoječe kode GS1 [14]:

- *Globalna trgovinska identifikacijska številka (GTIN – Global Trade Identity Number)*
GTIN je številka, namenjena unikatni identifikaciji prodajnih enot (posameznih izdelkov, škatel z izdelki, itd.). Ta številka je globalno unikatna, kar pomeni, da se nikjer na svetu ne moreta pojaviti dve enaki GTIN številki. V uporabi je več GTIN tipov (GTIN-8, GTIN-12, GTIN-13, GTIN-14), ki se razlikujejo po obsegu števil. Prvi del številke podjetju dodeli organizacija GS1, ki je zadolžena za dodeljevanje števil, drugi del pa je na voljo podjetju za označevanje svojih proizvodov. Za označevanje na nivoju izdelka se bo uporabljal serializiran GTIN (SGTIN - Serialized GTIN), kjer se bo GTIN številki dodala tudi številka vsakega posameznega proizvoda;
- *Zaporedna koda zabojnika (SSCC - Serial Shipping Container Code)*

SSCC je številka, ki se uporablja za unikatno identifikacijo logističnih (transportnih in/ali skladiščnih) enot, kot so palete, zabojniki, škatle in podobno;

- *Globalna lokacijska številka (GLN - Global Location Number)*

GLN številka se uporablja za identifikacijo podjetja ali organizacije kot pravne entitete.

Uporablja se tudi za identifikacijo fizičnih lokacij ali funkcionalnih entitet v okviru podjetja ali organizacije in je pogoj za računalniško izmenjavo podatkov;

- *Globalni indikator vrnjenih sredstev (GRAI - Global Returnable Asset Identifier)*

GRAI se uporablja za označevanje povratne embalaže in je podoben GTIN-u, razlika je v tem, da ne vsebuje vrednosti za razred objekta (object class);

- *Osebni globalni identifikator sredstev (GIAI - Global Individual Asset Identifier)*

GIAI se uporablja za označevanje in sledenje individualnih predmetov (po navadi so to predmeti visoke vrednosti);

- *Unikatni identifikator (UID – Unique Identification)*

UID se uporablja z namenom sledenja svojih sredstev, ki je bilo usklajeno z EPC standardom. To število uporablja ameriško ministrstvo za obrambo;

3.1. Sledljivost

Sledljivost je zmožnost ugotoviti, kje je in kaj se je s posamezno enoto dogajalo, zato je za izvajanje sledljivosti potrebno zagotoviti povezavo med fizičnim tokom dobrin in tokom podatkov, ki se nanašajo na njih. To zahteva upravljanje zaporednih povezav med tem kaj je prejeto, izdelano, pakirano, hranjeno in odposlano preko celotne preskrbovalne verige [15].

Sledljivost od točke do točke se ponavadi izvaja na osnovi skupine izdelkov, ki je bila podvržena enakemu načinu transformacije, transporta in skladiščenja. Minimum podatkov, ki je za komunikacijo potreben so GTIN + št. serije in/ali enolična oznaka logistične enote - SSCC.

Pri tej kontroli poti morajo imeti vsi partnerji, ki sodelujejo v tem procesu zagotovljene vse podatke za preprost, zanesljiv in učinkovit način delovanja. Velik pomen je v uporabi enotnega jezika in enotnih identifikatorjev. Če eden od partnerjev ne uporablja v celoti teh podatkov nastane v tem primeru izguba zaporednih podatkov in se s tem prekine veriga sledenja [16]. Slediti je mogoče celotnemu gibanju posameznih izdelkov v nekem določenem časovnem obdobju. Na primer sledenje v Perutnini Ptuj je urejeno tako, da RFID značke preko senzorjev sporočajo tudi osnovne razmere med prevozom izdelkov (npr. padec temperature v hladilnikih) [17]. Vse višje varnostne zahteve spodbujajo uvajanje UHF značk za sledenje inventarja v preskrbovalni verigi.

Uporaba sledljivosti je najbolj razširjena v zvezi s hitro pokvarljivo hrano, zdravili ali drugimi izdelki, kadar jih je potrebno najhitreje odstraniti iz prodajnih polic. Pravočasen odpoklic zmanjšuje morebitne negativne gospodarske posledice ter ohranja zaupanje potrošnikov v kakovost njihovih najljubših znamk ter v sisteme, ki so ustvarjeni za zagotavljanje njihove varnosti.

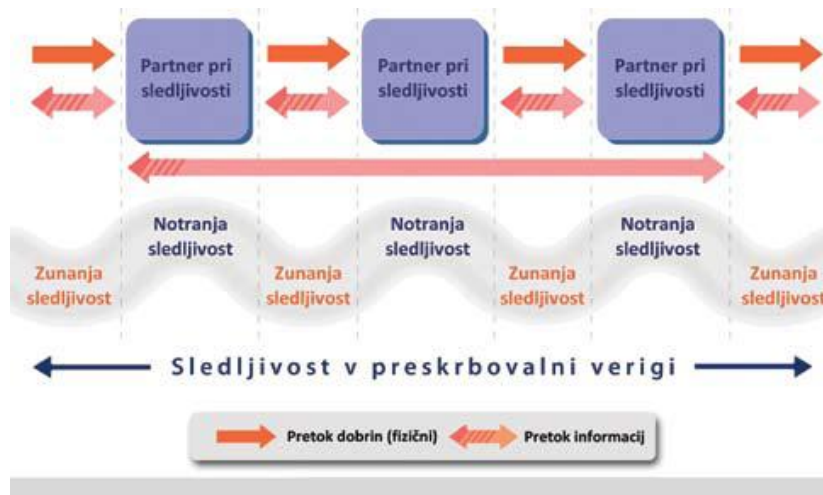
Sledljivost je tudi zelo pomembna v boju proti ponarejanju izdelkov ter pri zaščiti blagovnih znamk, v nekaterih državah pa je postala tudi zakonsko zahtevana kategorija v boju proti biološkemu terorizmu. Medtem, ko podjetja priznavajo koristnost sledljivosti, pa ne želijo hkrati

uporabljati več sistemov sledljivosti, ki bi lahko bili medsebojno nepovezljivi, in si prav tako ne želijo nepotrebnega zviševanja stroškov. Podjetja prav tako ugotavljajo, da je posamezno podjetje le en subjekt v preskrbovalni verigi in da je veriga močna le toliko kot njen najšibkejši člen. Podjetja želijo sistem sledljivosti, ki ga lahko enostavno uporablja tako rekoč vsak subjekt v preskrbovalni verigi. Temu kriteriju pa ustreza standard sledljivosti GS1 [18]. To je standard poslovnih postopkov, ki:

- določa postopek sledljivosti;
- določa minimalne zahteve za sledljivost za vse sektorje in tipe izdelkov;
- identificira obstoječe GS1 standarde.

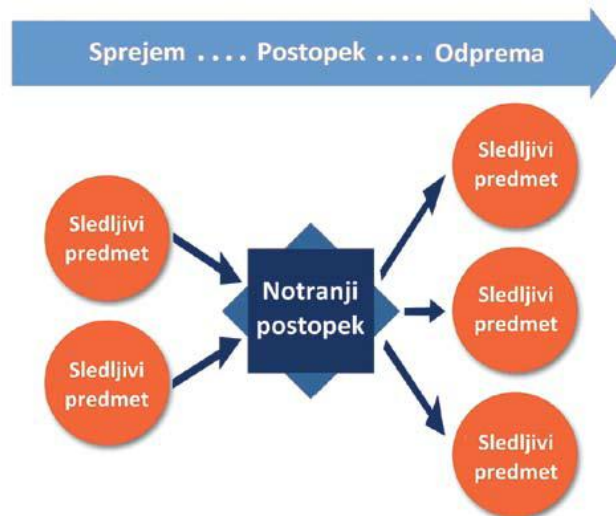
Sledljivost v celotni preskrbovalni verigi

V celotni preskrbovalni verigi morajo biti za sledenje vključeni tokovi informacij s fizično lokacijo sledljivih izdelkov (slika 8). Vsi partnerji v preskrbovalni verigi morajo izvrševati svoje naloge ob upoštevanju že prej zastavljenih osnovnih operacij postopka sledljivosti. Zato morajo v celotni preskrbovalni verigi vsi subjekti doseči notranjo in zunanjo sledljivost.



Slika 8. Sledljivost v preskrbovalni verigi. Vir: GS1

Notranja sledljivost je vzpostavljena, ko partner dobi enega ali več sledljivih predmetov, za katere se izvajajo notranji postopki, preden ta predmet ali več predmetov odda naprej (slika 9).



Slika 9. Notranja sledljivost. Vir: GS1

Notranji postopek obsega eno ali več faz, ki jih izvaja isti subjekt, zato ne zahtevajo bistvenega sodelovanja drugih trgovskih partnerjev.

Sestavljen mora biti iz najmanj ene od spodnjih štirih faz:

- premik;
- predelava;
- hramba;
- uničenje.

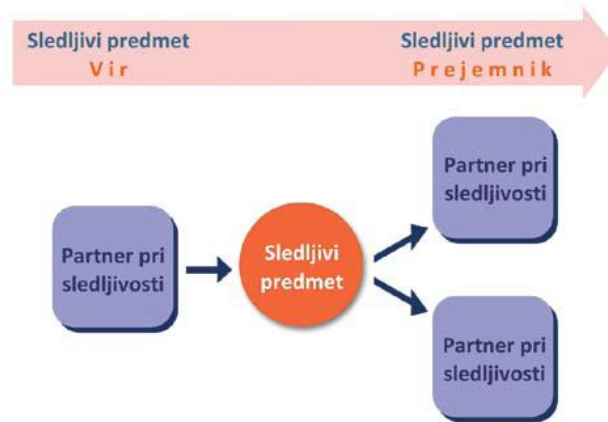
Vsak partner pri postopku sledljivosti je odgovoren za shranjevanje podatkov tako, da postopek sprejema povezuje s postopkom oddaje in istočasno povezuje začetno in končno lokacijo po premikih.

Zunanja sledljivost (slika 10) nastopi pri fizični predaji sledljivega predmeta od enega do drugega partnerja. Za učinkovito sledljivost mora imeti vsak partner možnost sledenja do lokacije neposrednega vira in prejemnika sledljivega predmeta. Temu načinu pravimo »ena stopnja navzgor, ena stopnja navzdol«.

Sledljivost ne pomeni, da mora vsak partner pri sledljivosti upravljati z vsemi podatki o sledljivosti in jih objaviti. Vendar pa morata vir sledljivega predmeta in prejemnik sledljivega predmeta medsebojno komunicirati in v svoje sisteme zapisati identifikacijsko oznako vsaj ene skupne stopnje sledljivega predmeta. Tak način delovanja omogoča učinkovit pretok podatkov pri sledljivosti za nazaj ali naprej.

Vsi sledljivi predmeti morajo imeti identifikacijsko oznako in jih mora njihov vir označiti (ali morajo biti označeni ob ustvarjenju). Standard sledljivosti GS1 za te namene priporoča uporabo globalne trgovinske identifikacijske številke (GTIN) ali zaporedne kode zabojnika (SSCC).

Lastnik blagovne znamke mora zagotoviti resnično edinstvenost identifikacije sledljivega predmeta. Identifikacijska oznaka (oznaka, priponka, nalepka, spremni dokument) mora ostati na sledljivem predmetu ali mu biti priložena, dokler se ta predmet ne porabi ali uniči.



Slika 10. Zunanja sledljivost. Vir: GS1

3.2. Preskrbovalna veriga - črtne kode ali RFID?

RFID in črtnih kod ne moremo neposredno primerjati, saj gre lahko za dve različni tehnologiji, ki se lahko uporabljata na različnih področjih. Ta področja se ponekod prekrivajo in identifikacija predmetov je eno izmed njih. Črtne kode so znotraj preskrbovalne verige prisotne že več kot 30 let in bodo v uporabi še precej časa. V prihodnosti se pričakuje, da bo črtne kode na izdelkih lahko zamenjal RFID [19].

Primerjava RFID in črtne kode:

1.) Dvosmerna komunikacija RFID značk

Pri črtnih kodah lahko podatke samo beremo, medtem ko lahko v pasivne RFID značke podatke tudi zapisujemo.

2.) Večja prilagodljivost RFID značk

Kadar se izdelek spremeni (vsebina embalaže) je potrebno pri črtnih kodah na novo zgenerirati ter opremiti izdelke s črtnimi kodami, medtem ko lahko pri RFID značkah podatke o izdelku večkrat zapisujemo, kjerkoli v preskrbovalni verigi.

3.) Hitrejši pretok informacij v preskrbovalni verigi

Čitalci črtne kode lahko preberejo hkrati le 1 kodo, medtem ko RFID čitalci lahko preberejo več značk hkrati.

4.) RFID značke je možno prebrati v kateremkoli položaju

RFID značke oddajajo podatke o določenem izdelku v obliki radijskih valov, zato je mogoče podatke prebrati (odvisno od izbrane tehnologije) v razdalji od 5 cm pa tja do 12 metrov.

5.) Črtne kode so cenejše od RFID

Velika prednost črtnih kod v primerjavi z RFID je neprimerljivo nižja cena.

Prednosti RFID pred črtnimi kodami so številne. Ker RFID uporablja radijske valove, za komunikacijo med značko in čitalcem ni potrebna vidna linija. RFID čipi so fizično bolj trpežni od nalepk s črtnimi kodami, ki se zlahka spraskajo ali umažejo, s čimer postanejo neuporabne. Črtna koda je namreč za primerjavo neka vnaprej določena številka, medtem ko lahko na RFID značko zapišemo kakršnekoli podatke. Črtna koda zahteva tudi, da izdelek ročno približamo

čitalcu, RFID antene pa lahko namestimo na kateremkoli mestu, branje pa poteka avtomatično, ko se izdelek prenese mimo čitalca.

Druge prednosti RFID pred črtno kodo so še odpornost na vlago in nečistočo, dolga življenjska doba, hitrost zajema podatkov ter zaščita podatkov.

3.3. Kako RFID pomaga optimizirati upravljanje preskrbovalne verige

V zadnjih 50 letih je bilo zmanjševanje stroškov in neučinkovitost preskrbovalne verige eden od ponavljajočih se problemov v industrializiranem svetu.

Pomembne značilnosti so:

- RFID ima potencial za pomoč trgovcem na drobno, da zagotovijo pravi izdelek na pravo mesto in ob pravem času ter tako povečujejo svojo prodajo in dobiček.
- Zagotavlja identifikacijo vsakega zabojnika, palete ali predmeta, ki se proizvede, odpravi in proda, kar omogoča temelje za povečanje prepoznavnosti v celotni preskrbovalni verigi.
- Vsako transportno enoto se bo lahko označilo z RFID značko (paleta, karton), tako da bo lahko trgovec lažje in pravočasno odpoklical napačno dostavo proizvajalca.
- Trgovca bo centralni sistem že vnaprej opozoril, da blago prihaja v skladišče, in se bo lahko pripravil na prevzem, pri čemer ne bo po nepotrebnem izgubljal časa. Sam prevzem blaga bo samodejen, saj se bo kontigent z artikli, označenimi z RFID značkami, zapeljal mimo čitalcev, ki bodo naenkrat zajeli vse potrebne podatke (o količini in vrsti artiklov). Transportne enote bodo v trenutku odčitave dobile status: »prispelo v skladišče«.
- Trgovec bo lahko v vsakem trenutku preveril, kakšna je zaloga blaga v skladišču, na prodajnih policah in kaj je na poti v skladišče, ne da bi zato moral fizično v skladišče, pregledati police ali poklicati dobavitelja.
- RFID posredno varuje blago tudi pred krajo in s tem preprečuje dodatno izgubo. Inventure se izvajajo avtomatsko, tako da štetje posameznih artiklov ni več potrebno, naročanje je optimizirano. S tem dobijo proizvajalci podatke o prodaji svojih izdelkov mnogo hitreje, s čimer lažje načrtujejo svojo proizvodnjo.
- Tako bo tudi proizvajalec sposoben proizvesti potrebne artikle pravočasno in v primerni količini. Dodatni stroški proizvajalcev se bodo zmanjšali, s tem pa tudi cene za trgovca.

Tehnologija je prinesla koristi v različnih gospodarskih panogah, toda eden od glavnih dejavnikov za sprejetje RFID je bil na področju trgovine, ki jo vodi Wal-Mart v ZDA [20]. Wal-Mart ter ostali veliki trgovski giganti že zelo učinkovito uporabljajo tehnologijo in s tem ko poslujejo z ostalimi podjetji po vsem svetu pozitivno vplivajo na širjenje in implementacijo le-te v preskrbovalno verigo. S svojim uspešnim delom so tako zgled za manjša podjetja, katera pa trenutno zaradi visokih cen značk ne razmišljajo o implementaciji tehnologije RFID v svoj poslovni sistem. Prav mala in srednje velika podjetja predstavljajo ciljno skupino za tehnologijo RFID. Globalna konkurenca bo v bližnji prihodnosti pritisnila in vsilila implementacijo RFID v njihovo delovanje, kajti samo uspešni in prilagodljivi bodo zdržali na svetovnih trgih.

4. OZNAČEVANJE IN TESTIRANJE ŽIVIL Z RFID NALEPKAMI

V tem delu diplomske naloge je predstavljeno označevanje in testiranje posameznih izdelkov v HF in UHF sistemu. Izdelke smo označili z ustreznimi RFID nalepkami za posamezno frekvenčno področje. Izbrali smo jih glede na vsebino ter način pakiranja. Predstavili pa smo tudi vpliv različnih materialov glede na delovanje RFID sistemov. Preverili smo tudi uporabnost označevanja posameznih izdelkov ter izvedli teste z namenom predstavitve in analize rezultatov s stališča različnih frekvenčnih območij za posamezne skupine živil.

4.1. Skupine živil

Izdelki so v splošnem razdeljeni v tri skupine po sestavinah in glede na uporabljeno embalažo: plastična, papirna, kovinska ali steklena (tabela 2). Med plastično embalažo spadajo predvsem plastenke, ovitki, pokrovi itn. Steklo je primerno zlasti za tekoče proizvode. Sestavine smo razdelili na tri različne vrste: trda snov, mešana snov in tekoča snov. Med mešano snov smo uvrstili predvsem izdelke, ki se med seboj razlikujejo v sestavi. To so predvsem različni izdelki iz tekoče in trde snovi.

Sestavina	Embalaža			
	Plastična embalaža	Papirna embalaža	Steklena embalaža	Pločevinasta embalaža
<i>Trda snov</i>	X	X	X	-
<i>Mešana snov</i>	X	X	X	X
<i>Tekoča snov</i>	X	-	X	X

Tabela 2: Skupine izdelkov na podlagi embalaže.

Za testiranje smo proizvode v preskrbovalni verigi razdelili v naslednje skupine:

- **Mešana snov v plastični embalaži ali foliji** (šumeče tablete, Cedevita, čokolada Milka, žvečilni gumi Orbit, mesni kapeleti).
- **Tekoča snov v plastični embalaži** (pijača Tangerine, sladki greh, majoneza, jogurt, napitek Slim & Vital).
- **Trda snov v papirni embalaži** (napolitanke, čaj, čokoladica, špageti, riž).
- **Mešana snov v pločevinasti ali kovinski embalaži** (ananas, ragu, rio mare, pepsi, fižol).
- **Mešana snov v stekleni embalaži** (pijača Dreamer, mrvice, marmelada, začimbe, omaka).

Primeri izdelkov, ki so bili uporabljeni za testiranje glede na tip izdelka, so prikazani v tabeli 3.

Skupina	Slika izdelka
1. Mešana snov v plastični embalaži ali foliji	
2. Tekoča snov v plastični embalaži	
3. Trda snov v papirni embalaži	
4. Mešana snov v pločevinasti embalaži	
5. Mešana snov v stekleni embalaži	

Tabela 3: Prikaz različnih tipov izdelkov.

Materiali imajo lastnosti, ki so odvisne od njihove sestave. Material lahko signal popolnoma prepušča, ga odbija ali pa absorbira. Večina snovi pa vsebuje kombinacijo vseh treh lastnosti. Dva najpogostejša materiala, ki povzročata težave RFID tehnologiji sta:

- kovina;
- tekočina.

Za kovinske predmete obstaja velika verjetnost da bodo elektromagnetne valove (EM) odbijali. Tekoče snovi vpijajo EM valove. Signal med potovanjem skozi tako snov izgublja energijo in če je ta izguba dovolj velika, se lahko zgodi, da do oddajnika pride signal z močjo, ki ne more vzbuditi oddajnika.

Elektromagnetni valovi se ob prisotnosti snovi obnašajo drugače, kot v praznem prostoru. Učinek, ki ga ima predmet na elektromagnetni val, je odvisen od oblike predmeta, velikosti, sestave, itd. Vse te lastnosti vplivajo na komunikacijo med čitalcem in značko.

Glavni učinki, ki jih imajo različni materiali na visokofrekvenčni signal so [21]:

- **Absorpcija:** Materiali vpijajo energijo, ki jo oddaja antena čitalca. V primeru, da se med čitalcem in značko nahaja predmet, ki vsrkava (absorbira) EM valove, se lahko zgodi, da se moč signala, ki pride do značke zmanjša in ni dovolj močna, da bi vzbudila značko in s tem onemogoča komunikacijo.
- **Odboj/uklon:** Če se v okolici značke nahajajo kovinski predmeti, ki odbijajo ali uklanjajo valove, lahko značka poleg napredujočega vala sprejema še odbite valove, kateri pa imajo lahko na delovanje značke nepredvidljiv učinek.
- **Dielektrični efekt:** Če se v bližini značke nahaja dielektričen material, se lahko področje sprejema ojači, kar povzroči razglasitev oddajne antene.

4.2. Označevanje z RFID nalepkami

Pri označevanju izdelkov je potrebno izbrati primerne značke in najboljše lokacije, kamor jih postavimo, da dosežemo uspešnost in najvišjo hitrost branja. Pri našem testiranju smo uporabili nalepke I CODE SLI Smart Label IC SL2 ICS20 ter UPM Raflatac Web^X.

I CODE SLI IC je namenjen predvsem za aplikacije v preskrbovalnih verigah kakor tudi za identificiranje prtljage v letalskem prometu idr. Ta IC je prvi član družine izdelkov nalepk, ki temeljijo na ISO standardu ISO/IEC 15693 [22].

Zasnovan je za aplikacije, ki imajo daljši doomet. Povezan je z zelo enostavno anteno (v frekvenčnem območju HF), možno pa ga je upravljati tudi brez vidnega polja do razdalje 1,5 metra (širina vrat). Značka je pasivna in vsebuje enolični identifikator (ang. UID), ki je zapisan v proizvodnem procesu značke in ga ne moremo spremeniti. Zagotavlja nam, da je vsaka značka enolično razpoznavna. Podpirajo hitrost prenosa podatkov do 53 kbit/s in podpirajo upoštevanje antikolizijskega protokola.

Funkcija anti-kolizije omogoča tudi, da lahko uporabljamo več kot samo eno značko. Anti-kolizijski algoritem izbere vsako značko posebej in zagotavlja, da je izvedba transakcije z izbrano oznako pravilno izvedena.

UPM Raflatac Web^X (slika 11) so nalepke, ki delujejo v UHF območju s protokolom EPC Class 1 Gen 2 [23]. Imajo nizko porabo energije, kar je idealno za ročne čitalce. Uporabniški pomnilnik je velikosti do 512 bitov ter ima tudi 64 bitni identifikator značk. Območje branja je optimizirano za celotno preskrbovalno verigo.



Slika 11. UPM Raflatac Web^X nalepka.

4.3. Oprema za testiranje

DK-R902 RD1, EPC Gen2 RFID Reader

Čitalec nam prebere značke preko grafičnega programskega vmesnika in deluje v UHF frekvenčnem področju (868MHz - 915MHz). Napajanje je mogoče preko USB vhoda. Podpira standard ISO 18000-6C / EPC Gen2 in ISO 18000-6A/B [24]. Primeren je za širok spekter UHF aplikacij. Ima integrirano nizko raven prenosa kodiranja ter dekodiranja (slika 12).



Slika 12. Čitalec DK-R902 RD1, EPC Gen2.

MetraTec® QuasarMR1

QuasarMR1 je RFID čitalec srednjega razreda (slika 13), ki deluje v HF frekvenčnem območju (13.56 MHz). S svojo radio-frekvenčno močjo je sposoben prebrati značke z razdalje do 40 cm. Ta čitalec podpira širok izbor standardov, vključno z ISO14443A, ISO 15693 in ISO18000-3 [25].



Slika 13. Čitalec MetraTec® QuasarMR1.

Za komunikacijo ima QuasarMR1 možnost izbire USB povezave ali Ethernet vmesnika. Poleg tega pa obstaja še 8 splošnih V/I zatičov ali kontaktov (ang. pin), katere se lahko kontrolira preko programske opreme čitalca. Ti kontakti se lahko uporabljajo za nadzor zunanje naprave, kot so multiplexerji, alarmi ali drugih perifernih naprav.

Tipi značk, ki jih podpira QuasarMR1:

- ISO 15693
- Code (Philips)

- Tag-It (Texas Instruments)
- PicoTag
- EM 4135EM (EM Microelectronics)
- ISO 14443A

Poraba energije USB vodila je v mirovanju približno 50 mA, ko je pa radio frekvenčno aktiven pa približno 650 mA. Poraba energije Ethernet vodila je v mirovanju približno 250 mA, med RF aktivnostjo pa 800 mA. Temperaturno območje je med -40°C do $+85^{\circ}\text{C}$. Skladnost z CE, vključno z EN 60950-1, ETSI 300 330. Povezave so preko priključka BNC (oziroma SMA na zahtevo). Ima zaščito pred vdori trdnih predmetov prek 1 mm (orodja, žice) in je brez zaščite proti tekočinam (IP 40).

MetraTec hfMux-4-MP (slika 14) je RFID multiplekser za visoko frekvenčne sisteme, ki deluje na 13,56 MHz z močjo frekvence do 2 W in nam omogoča povezavo štirih anten s čitalcem na sliki 14. Za ta multiplekser značilna minimalna količina in zelo nizka poraba energije. Deluje pri temperaturi od -40°C do $+85^{\circ}\text{C}$. Narejen je tako, da je varen pred izpadom. Če na kontrolnem vhodu ni signala je prvi antenski vhod samodejno povezan z bralnim kanalom. Preklopni čas je tipično 4 mikro sekunde [25].



Slika 14. Multiplekser MetraTec hfMux-4-MP.

MaxiPCB HF antena (slika 15) ima območje branja do 40 cm. Deluje v frekvenčnem območju 13.56 MHz. S standardnim tipom antene MaxiPCB je mogoče ustvariti tudi različne aplikacije z uporabo standardnih komponent, kot so: integracija v brezkontaktno sisteme za nadzor dostopa, integracija v OEM sisteme, itd [25].



Slika 15. MaxiPCB HF antena.

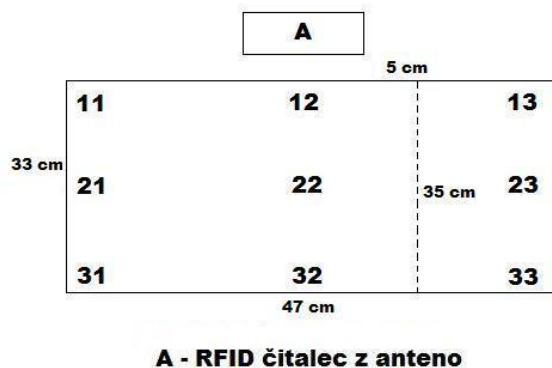
4.4. TESTIRANJE

Izbrane izdelke smo opremili z ustreznimi nalepkami ter jih testirali v UHF in HF sistemu. V vsakem sistemu pa je testiranje potekalo na tri načine:

- 1.) Testiranje posameznega izdelka.
- 2.) Testiranje vseh izdelkov posamezne skupine.
- 3.) Testiranje vseh izdelkov različnih skupin.

4.4.1. UHF sistem

Vseh 25 izdelkov, za testiranje v UHF sistemu smo označili z značkami Raflatac Web^X EPC Gen2. Pri testiranju smo uporabili škatlo dimenzije 47 cm x 33 cm, kjer smo izdelke postavili na različne pozicije (slika 16) in ugotavljali, kako se značke odzivajo na posameznih artiklih glede na vrsto embalaže ter kakšno je njihovo območje branja.

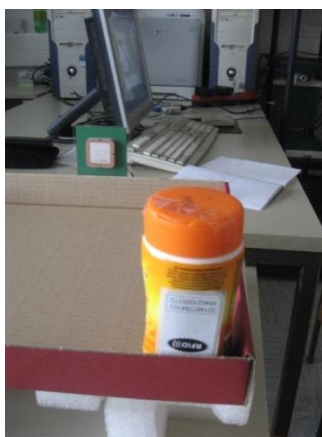


Slika 16. Postavitev izdelkov pri testiranju.

Mešana snov v plastični embalaži ali foliji

1.) Prvi izbrani izdelek, katerega smo testirali so bile šumeče tablete, katere smo postavili na posamezne pozicije v škatli. Značko nam je prebralo na vseh pozicijah. Če smo izdelek postavili izven našega izbranega območja (izven škatle) nam je na razdalji 50 cm značko na izdelku še vedno prebralo. Tudi če smo značko prekrili oz. izdelek postavili v ležeči položaj, tako da je bila značka pod izdelkom, nam jo je čitalec prebral na vseh izbranih pozicijah.

Pri Cedeviti nam je značke prebralo prav tako na vseh testnih pozicijah ter tudi na oddaljenosti, približno 40 cm od antene (slika 17). Tudi ko smo značko prekrili oz. obrnili stran od antene, nam je čitalec značko prebral.



Slika 17. Postavitev izdelka iz plastične embalaže za testiranje.

Pri čokoladi Milka nam je značko prebralo na vseh pozicijah ter tudi daljši razdalji (do 35 cm) ampak samo v primeru, če je značka obrnjena proti anteni. Če smo značko obrnili stran od antene, nam čitalec te značke nikjer ni prebral.

Pri testiranju žvečilnih gumijev Orbit pa smo naleteli na situacijo, ko nam ni prebralo značke na izdelku na nobeni poziciji v škatli. Tudi če smo izdelek postavili neposredno pred anteno nam značke ni prebralo.

Pri mesnih kapeletih nam je značko, katero smo usmerili proti anteni prebralo na vseh pozicijah. Ko smo izdelek postavili tako, da je bila značka prekrita, nam jo je prebralo, ampak samo do oddaljenosti približno 15 cm od antene. Na daljši razdalji nam čitalec ni več prebral značke.

2.) Pri skupni postavitvi vseh petih izdelkov nam je glede na dano postavitvev (slika 18) prebralo vse značke, razen žvečilnih gumijev Orbit, katere nam ni prebralo že pri posameznem testiranju. Tudi če smo postavili v različnih kombinacijah je bil rezultat enak.



Slika 18. Skupna postavitvev izdelkov pri testiranju.

Tekoča snov v plastični embalaži

1.) Pijačo Tangerine smo postavili na različne pozicije v škatli, nam je čitalec prebral le na poziciji 12 (neposredno pred anteno). Na vseh drugih pozicijah čitalec značke ni prebral, enako velja za primer, če smo značko usmerili stran od antene.

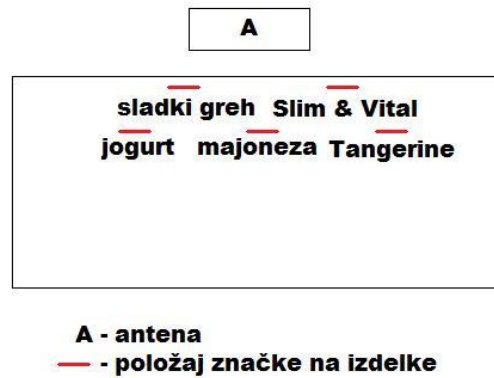
Pri sladkem grehu so bili rezultati enaki kakor pri pijači Tangerine. Označeni izdelek nam je prebralo samo na poziciji 12, na razdalji približno 10 do 15 cm od antene. Na ostalih pozicijah nam značke čitalec ni prebral. Če smo označeni izdelek obrnili tako, da je bila značka usmerjena stran od antene ali če je bil izdelek v ležečem položaju ter značka prekrita, nam čitalec značke ni prebral.

Pri naslednjih treh izdelkih (majoneza, jogurt in napitek Slim & Vital), ki smo jih testirali, smo dobili zelo podobne rezultate. Pri majonezi nam značke pritrjene na izdelek ni uspelo prebrati na nobeni poziciji ne glede na položaj ter oddaljenost od antene. Značko, ki je bila pritrjena na jogurt ter obrnjena proti anteni, nam je prebralo samo iz neposredne bližine antene (razdalja od 1 do 2 cm). Na poziciji 12 nam značke ni več prebralo ter prav tako ne na ostalih pozicijah (slika 19). Značko obrnjeno stran od antene nam ni prebralo niti iz neposredne bližine antene. Pri napitku Slim & Vital smo dobili podobne rezultate kakor pri jogurtu. Značko nam prebere le iz neposredne bližine usmerjeno proti anteni. Oddaljenost je bila le nekaj centimetrov. Na poziciji 12 nam značke ni več prebralo.



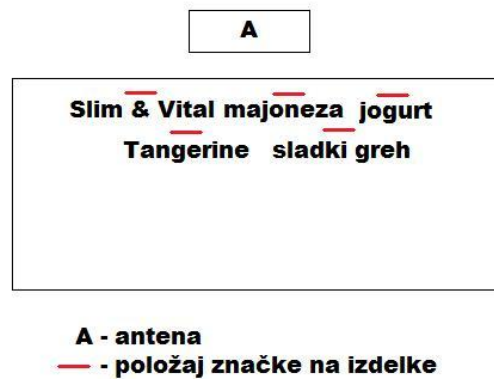
Slika 19. Območje, kjer nam značke ni več prebralo.

2.) Pri skupni postavitvi vseh 5 izdelkov nam je ob posameznih postavitvah prebralo le značke že omenjenih dveh izdelkov. Pri postavitvi, kot jo kaže slika 20, nam je prebralo sladki greh, ostalih označenih izdelkov nam glede na dano postavitev izdelkov ni prebralo.



Slika 20. Izbrana postavitev vseh 5 izdelkov.

V primeru, da smo postavili »kritične« izdelke v ospredje nam ni prebralo nobenih značk (slika 21), saj je bila oddaljenost nekaterih značk prevelika.



Slika 21. Postavitev »kritičnih« izdelkov v ospredje.

Trda snov v papirnati embalaži

1.) Testiranje izdelkov v papirnati embalaži ni povzročalo veliko težav. Nekaj izdelkov nam je prebralo tudi pri daljših razdaljah (do 35 cm) in v primeru, ko je bila značka prekrita. Pri testiranju napolitank nam je značke prebralo na vse izbranih pozicijah. Značko nam je prebralo tudi izven škatle na oddaljenosti približno 50 cm od antene. Prav tako nam je značke prebralo na vseh pozicijah, če si bile usmerjene stran od antene ali pa če je bil izdelek v ležečem položaju in je bila značka prekrita. Pri testiranju čaja, kjer je papirna embalaža pokrita še s folijo, nam je izdelek prebralo samo na poziciji 12, neposredno pred anteno (slika 22). Območje branja je pri tem izdelku približno 5 cm. Če smo značko prekrili (izdelek v ležečem položaju) ali usmerili stran od antene, nam je čitalec ni prebral.



Slika 22. Postavitev izdelka v papirnati embalaži neposredno pred anteno.

Pri testiranju čokolade Knoppers nam značke na tem izdelku ni prebralo na nobeni poziciji niti v primeru, če smo jo postavili čisto zraven antene.

Pri špagetih nam je značko prebralo le na pozicijah od 11 do 23. Značka je bila usmerjena proti anteni. Na pozicijah 31 pa do 33 na označenega izdelka ni več prebralo. Če je izdelek postavljen tako, da je značka prekrita nam je čitalec ne prebere. Če značko usmerimo stran od antene, nam značke prebere enako kot če je značka usmerjena proti anteni (pozicije od 11 do 23). Pri testiranju riža nam jo je v primeru, če smo značko usmerili proti anteni prebralo na vseh izbranih pozicijah. Če pa je bil izdelek položen v ležeči položaj ter je bila značka prekrita, nam jo je prebralo le na pozicijah od 11 do 23 (razdalja približno 20 cm).

2.) Pri skupni postavitvi vseh 5 izdelkov ni bilo težav pri branju značk, ne glede na postavitve, razen pri čokoladici. Pri postavitvi, kakor je prikazana na sliki 23, nam je prebralo 4 izmed 5 značk.



Slika 23. Izbrana postavitve vseh 5 izdelkov pri testiranju.

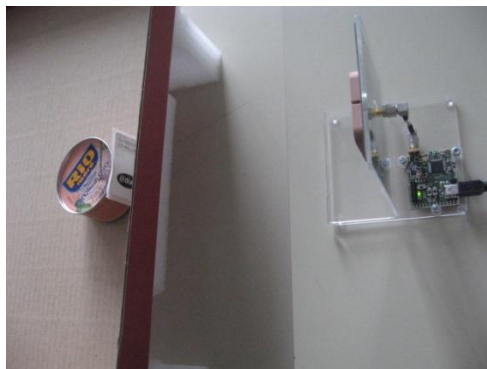
Pri malce drugačni postavitvi vseh 5 izdelkov (slika 24) nam je v primerjavi s prejšnjo postavitvijo pri tej prebralo le 3 značke izmed 5-ih. V tem primeru nam namreč ni prebralo čaja in čokolade Knoppers.



Slika 24. Postavitev izdelkov pri testiranju.

Mešana snov v pločevinasti ali kovinski embalaži

1.) Pri testiranju izdelkov v pločevinasti embalaži smo ugotovili, da nam značko na posameznem izdelku prebere le v primeru, če je izdelek postavljen neposredno pred anteno. V ostalih položajih nam antena ni prebrala značk na izbranih izdelkih. Pri testiranju ananasa smo ugotovili, da nam značke pritrjene na izdelek ne prebere na nobeni izmed izbranih pozicij ne glede na položaj značke na izdelku. Pri testiranju izdelka Rio Mare nam značko prebere le v primeru, če je značka na izdelek postavljena tako, kot prikazuje slika 25. Značko nam prebere le na poziciji od 11 do 13, na ostalih pozicijah nam značke ne prebere.



Slika 25. Položaj značke, kjer nam jo antena prebere.

V primeru, če je značka na izdelek pritrjena na vrh izdelka, tako kot prikazuje slika 26, nam čitalec značke ne prebere na nobeni poziciji.



Slika 26. Testiranje izdelka v pločevinasti ali kovinski embalaži.

Pri testiranju izdelka Ragu nam je značko prebralo samo neposredno pred anteno, razdalje približno 5 cm, pa še to če je vmes malo zračnega prostora. Na ostalih pozicijah značke ni prebralo. Pri testiranju pijače Pepsi nam je značko prebralo le v primeru, če smo jo postavili čisto zraven antene (izven škatle pred anteno), na oddaljenosti 2-3 centimetre. Na poziciji 12 nam je ni več prebralo. Če smo značko premaknili na vrh pločevinke Pepsi nam jo je prebralo na razdalji 5 cm na poziciji 12. Pri fižolu nam je značko prebralo tako kot pri pločevinki Pepsi iz neposredne bližine nekaj centimetrov.

2.) Pri postavitvi vseh 5 izdelkov nam je prebralo izmed vseh artiklov le tistega, kateri je bil postavljen neposredno pred anteno, razdalje 5 cm na poziciji 12 (slika 27). Vse značke zraven tega izdelka ni prebralo.



Slika 27. Postavitev vseh izdelkov iz pločevinaste embalaže.

Mešana snov v stekleni embalaži

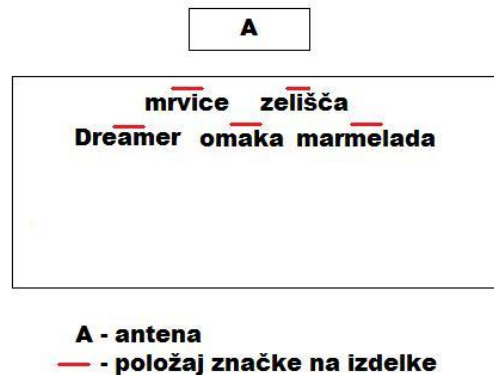
1.) Pri testiranju izdelkov v stekleni embalaži, v katerih so različne snovi (trda, tekoča) smo našli na različne odzive značk pri posameznih artiklih. Pri pijači Dreamer nam je značko prebralo le na poziciji 12 iz razdalje 5 cm. Če izdelek položimo v ležeči položaj tako da je značka prekrita, nam čitalec ne prebere značke. Na daljših razdaljah nam značke ne prebere. Pri mrvicah nam značke prebere na vseh pozicijah (slika 28), le pri poziciji 31 in 33 nam prebere s šumi. Če je izdelek v ležečem položaju in značka prekrita nam jo ne prebere, če pa je značka vidna, ko je v ležečem položaju nam jo pa prebere na vseh pozicijah.



Slika 28. Izdelek v stekleni embalaži označen z RFID značko.

Pri marmeladi nam je značko prebralo le na poziciji 12, na ostalih pozicijah nam je ne prebere. Bralno območje značke je v tem primeru zelo majhno, približno 5 cm. Če je značka prekrita ali usmerjena stran od antene, nam je ne prebere. Izdelek provansalska zelišča nam je prebralo na vseh izbranih pozicijah ter tudi na daljši razdalji (položaj izven škatle), oddaljenosti približno 50 cm stran od antene. Značko nam je prebralo tudi če je bila usmerjena stran od antene ter če smo izdelek položili v ležeči položaj ter značko prekrili. Pri omaki 4 siri nam je izdelek prebralo le na razdalji par centimetrov od antene. Na ostalih pozicijah nam izdelka ni prebralo. V vseh drugih opcijah nam značke ne prebere.

2.) Pri postavitvi vseh 5 izdelkov skupaj (slika 29) nam je prebralo le izdelka, katera sta bila postavljena v ospredju (mrvice in provansalska zelišča). Ostale tri izdelke nam ni prebralo.



Slika 29. Skupna postavitve vseh 5 izdelkov v stekleni embalaži.

Smo pa dobili različne rezultate glede na posamezne postavitve. Naprimer, če je bil kateri od »kritičnih« izdelkov pred izdelkom, ki pri branju ni imel težav, ga sedaj v določenih primerih ni prebralo (slika 30). V tem primeru nam je prebralo le pijačo Dreamer, vseh ostalih označenih izdelkov nam ni prebralo.



Slika 30. Postavitev »kritičnih izdelkov« v ospredje.

Postavitev različnih skupin izdelkov

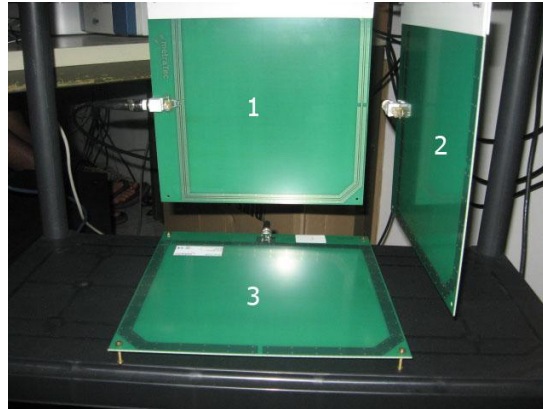
Pri postavitvi izdelkov iz vseh skupin nam je čitalec prebral le deset izmed osemnajstih izdelkov glede na dano postavitev (slika 31). Pri postavitvi izdelkov tako, da so bile značke obrnjene stran od antene, nam je čitalec prebral le 8 izdelkov od 18-ih. Prebrani izdelki so bili: Cedevita, mrvice, provansalska zelišča, šumeče tablete, riž, mesni kapeleti, čokolada Milka ter špageti. Ostale označene izdelke nam ni prebralo.



Slika 31. Postavitev izdelkov vseh skupin za testiranje.

4.4.2. HF sistem

Za HF sistem smo uporabili značke I CODE SLI Smart Label IC SL2 ICS20. Na razpolago smo imeli tri antene, katere so nam omogočale branje značk. Postavitev anten je prikazana na sliki 32.



Slika 32. Postavitev anten pri HF sistemu.

Testiranje je potekalo tako, da smo vse izdelke označili z značkami ter jih postavili v škatlo, katera je bila položena na anteno št. 3. Izvedli smo teste za vse skupine ter ugotovili, kako se značke na posameznih izdelkih odzivajo v UHF območju.

Mešana snov v plastični embalaži ali foliji

1.) Pri mešani snovi v plastični embalaži ali foliji nam čitalec prebere vse značke. Šumeče tablete so glede na položaj prebrale vse tri antene. Se pravi, če je bil izdelek postavljen v ležeči položaj, kakor prikazuje slika 33, nam je značko prebrala antena 3. Če je bila značka obrnjena proti posamezni anteni, nam jo prebere antena, proti kateri je usmerjena. Pri žvečilnih gumijih Orbit nam je značke prebrala le tista antena, proti kateri je bila značka usmerjena in še to na kratki razdalji približno 1 cm pred anteno. Na daljši razdalji (več kot 5 cm) nam značke ni prebralo. Pri Cedeviti so nam prebrale značko vse tri antene, ne glede na položaj značke. Če je bil izdelek v ležečem položaju ter značka usmerjena proti anteni št. 3, so nam značko prebrale vse tri antene. Pri čokoladi Milka, če je bila značka postavljena na vrh ali pod izdelkom sta jo prebrali anteni 1 in 2. Če je značka obrnjena proti anteni 1, nam jo je prebrala antena 1 in 3, če je obrnjena proti anteni 2 pa nam jo prebere 2 in 3 ter če je obrnjena proti anteni 3 nam jo prebereta anteni 1 in 2. Pri mesnih kapeletih nam je značke prebrala antena 1 in 2, če je bila značka obrnjena proti anteni 3. Če pa je značka obrnjena navzgor jo prebereta anteni 1 in 2.



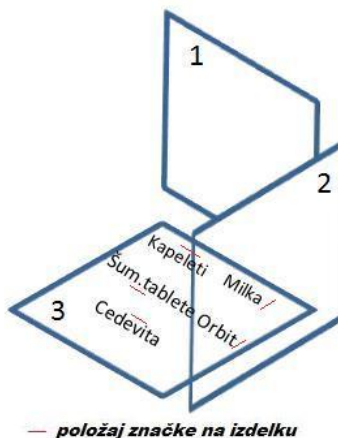
Slika 33. Postavitev in testiranje izdelka v plastični embalaži.

2.) Pri skupni postavitvi vseh 5 izdelkov, kot prikazuje slika 34, nam je izmed vseh označenih izdelkov prebralo 4 od 5-ih označenih izdelkov. Prebralo nam ni le žvečilnih gumijev Orbit, ker je bila razdalja kot kaže prevelika. Pri ostalih izdelkih težav ni bilo in nam je značko prebrala ena izmed treh anten.



Slika 34. Skupna postavitve izdelkov mešane snovi v plastični embalaži ali foliji.

V primeru skupne postavitve vseh izdelkov, kjer smo žvečilne gumije Orbit postavili zraven antene, nam je prebralo vseh pet izdelkov (slika 35).



Slika 35. Postavitev vseh izdelkov v območje branja anten.

Tekoča snov v plastični embalaži

1.) Značko na pijači Tangerine nam je prebrala antena št. 1, če je le ta bila oddaljena cca. 1 cm od antene. Enako velja za anteni 2 in 3. Pri napitku Slim & Vital ni bilo velikih posebnosti. Značko nam je prebrala antena, ki je bila glede na položaj najbližje znački ter vzporedna z anteno. Značka je bila lahko obrnjena tudi stran od antene. Ko je bil izdelek v ležečem položaju, nam jo je prebrala antena št. 3. Pri sladkem grehu nam je značko prebralo tudi na razdaljah, ki so od antene oddaljene približno 20 cm. Izdelek je bil postavljen v ležečem kot tudi v stoječem položaju. Če je bil izdelek postavljen diagonalno od antene nam ga ni prebralo, ker značka ni bila vzporedna z anteno. Pri jogurtu nam preberejo značke vse tri antene. Če obrnemo značko proti anteni št. 2 jo prebereta anteni št. 2 in 3. Na daljši razdalji (približno 15 cm), če je obrnjena proti anteni št. 1 ali 2, jo antena h kateri je usmerjena ne prebere, ampak jo prebere samo antena št. 3. Če izdelek položimo proti anteni št. 3 jo preberejo vse tri antene. Pri majonezi nam značke ni prebrala nobena od anten, niti iz neposredne bližine antene.

2.) Pri skupni postavitvi, kjer smo izdelke postavili na različne položaje, nekatere ob anteni, nekatere diagonalno, nekatere stran od antene, nam je pri dani postavitvi (slika 36) prebralo le napitek Slim & Vital. Značko je prebrala antena št. 3. Ko smo izdelka, katera sta bila postavljena diagonalno na antene postavili vzporedno nam je čitalec prebral tudi ti dve znački.

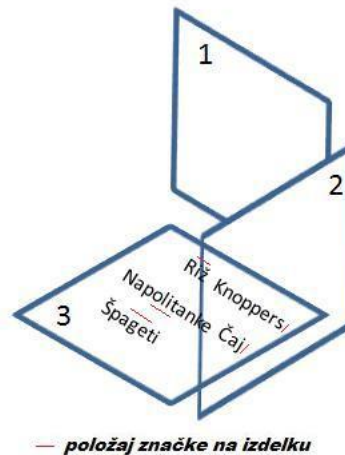


Slika 36. Skupna postavitev vseh izdelkov pri tekoči snovi v plastični embalaži.

Trda snov v papirnati embalaži

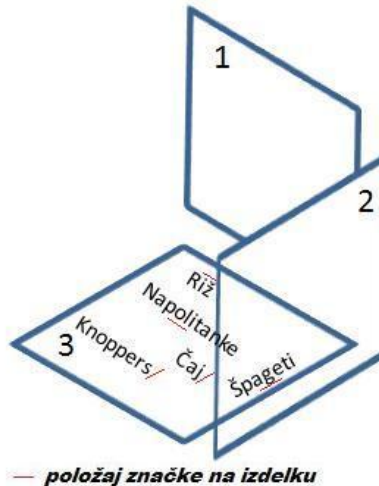
1.) Pri testiranju izdelkov v papirnati embalaži nam je čitalec prebral vse izdelke. Največ težav se je pojavilo pri čokoladici Knoppers, kjer nam je značko prebralo le na določenem območju. Prebralo nam jo je na območju med anteno 2 in 3, in sicer antena 3, ostali dve anteni nam značke ne prebereta. Če je bila oddaljena dlje od antene, nam značke ni prebralo. Ostale značke nam je prebralo na vseh območjih. Napolitanke preberejo vse tri antene, ne glede na postavitev. Značko pri čaju nam preberejo vse tri antene, s tem da je značka obrnjena proti anteni. Tudi če značko usmerimo stran od antene, nam značko preberejo vse tri antene. Pri rižu in testeninah nam je značko prebralo po celotnem območju, ne glede na položaj značke. Tudi če smo izdelek postavili po diagonali nam je prebralo značko, ampak s šumi (tj. neželjen, nekoristen signal), do katerih je prišlo zaradi napačne postavitve, zaradi katere vzbujanje RFID značke ni bilo pravilno. Prebrala pa nam jo je tista antena, katera je bila z značko najbolj vzporedna.

2.) Pri postavitvi vseh 5 izdelkov se preberejo vse značke, pod pogojem, da je čokoladica postavljena na območju med anteno 2 in 3, kjer se edino prebere značka pri čokoladici (slika 37). Pri ostalih izdelkih ni težav in jih lahko postavimo na katero koli območje in jih bo prebrala ena izmed bližnjih anten.



Slika 37. Postavitev značk za branje izdelkov v papirnati embalaži.

Pri postavitvi vseh 5 izdelkov, kot prikazuje slika 38, pa nam je pri dani postavitvi prebralo le 3 izdelke (riž, napolitanke in špagete). Ostala dva izdelka nam ne prebere nobena od anten.



Slika 38. Postavitev značk za branje izdelkov v papirnati embalaži.

Mešana snov v pločevinasti ali kovinski embalaži

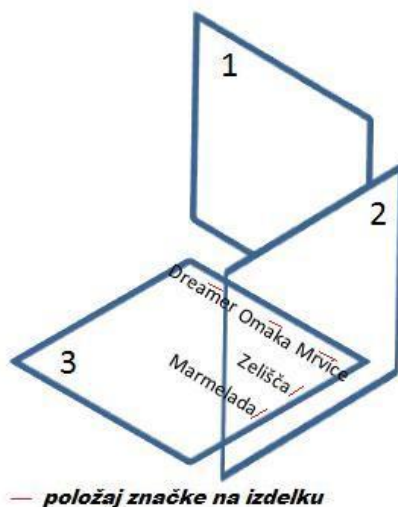
1.) Pri testiranju izdelkov iz pločevinaste embalaže nam pri sistemu HF ni prebralo niti enega izmed izbranih izdelkov. Izdelke smo postavili pred anteno iz neposredne bližine oddaljenosti cca 1 cm in nam ni prebralo nobene značke. Tudi če smo izdelke kakor koli obrnili, postavili linearno, s katero izmed anten nam ni uspelo prebrati nobene značke.

2.) Pri postavitvi vseh 5 izdelkov skupaj nam ne glede na postavitev ni prebralo nobene značke na nobenem izdelku.

Mešana snov v stekleni embalaži

1.) Pri pijači Dreamer nam je značko prebralo le iz neposredne bližine, oddaljenosti 1-2 cm. Značko nam je prebrala tista antena, proti kateri je bila usmerjena. Pri omaki s 4 siri nam ni značke prebrala nobena antena, ne glede na lokacijo oz. položaj značke. Če smo značko postavili čisto zraven k anteni, nam značko ne prebere. Pri marmeladi sta značko prebrali antena št. 1 in 2, ko je bila le-ta obrnjena proti anteni 3. V kolikor je bila značka obrnjena proti anteni 1 sta jo prebrali antena 1 in 3. Če pa je bila usmerjena proti anteni 2, sta nam jo prebrali anteni 2 in 3. Pri mrvicah nam značke preberejo vse tri antene, ne glede na to kam je značka obrnjena oz. kako je izdelek obrnjen. Če je značka obrnjena proti anteni št. 3 jo preberejo vse tri antene. Če postavimo značko na vrh izdelka in je linearna z anteno št. 1, 2 in 3, nam jo preberejo vse tri antene. Pri zeliščih so nam značko prebrale vse tri antene, če smo izdelek postavili v ležeči položaj (značka je bila usmerjena proti anteni 3). Če smo izdelek postavili v stoječi položaj, nam je značko prebrala tista antena, proti kateri je bila značka obrnjena.

2.) Pri postavitvi vseh 5 izdelkov nam je pri dani postavitvi (slika 39) prebralo štiri izdelke (mrvice, zelišča, pijačo Dreamer in marmelado), medtem ko nam značke na omaki 4 siri ni prebralo.

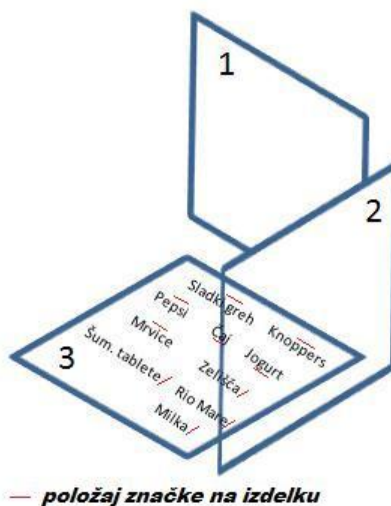


Slika 39. Postavitev značk za branje izdelkov v stekleni embalaži

V primeru, če smo pijačo Dreamer prestavili za par centimetrov stran od antene, nam izdelka zaradi prevelike oddaljenosti od antene ni več prebralo.

Postavitev različnih skupin izdelkov

Pri mešani postavitvi, kjer smo naključno izbrali deset izdelkov iz različnih skupin (slika 40), smo zelo različno postavili značke na izdelke. Tako nam je pri dani postavitvi prebralo 8 od 10 značk. Prebralo nam ni le značk na izdelkih, ki so bili v pločevinasti oz. kovinski embalaži.



Slika 40. Postavitev značk izbranih izdelkov različnih skupin.

4.5. ANALIZA

Pri testiranju značk v posameznem sistemu (UHF, HF) smo predstavili rezultate testiranja za različne razdalje branja ter število prebranih značk, ki smo jih ugotovili pri posamezni skupini. V nadaljevanju bomo predstavili analizo rezultatov in probleme pri branju značk.

4.5.1. UHF sistem

Mešana snov v plastični embalaži ali foliji

Vpliv materiala:

Problemi, ki so nastali pri testiranju izdelkov v plastični embalaži so se pojavili pri žvečilnih gumijih Orbit, katere značko nam čitalec ni prebral zaradi folije, katera obdaja embalažo in negativno vpliva na delovanje značk. Za plastične embalaže je tudi splošno znano, da je eden izmed učinkov, ki vplivajo na elektromagnetne valove razglasitev ali dielektričen efekt.

Število prebranih značk:

Tako na krajših kot tudi daljših razdaljah nam prebere 4 od 5-ih značk

Razdalje branja:

Izdelek šumeče tablete nam je prebralo tudi na razdalji cca. 60 cm, ostale izdelke pa na razdalji cca. 40 cm.

Tekoča snov v plastični embalaži

Vpliv materiala:

Pri testiranju izdelkov tekoče snovi v plastični embalaži smo imeli veliko več problemov kot pri mešani snovi v plastični embalaži. Namreč signal skozi snov izgublja energijo in posledica tega je, da signal nima dovolj moči, da bi vzbudil čitalca. Tako nam pri testiranju izdelkov, kot so jogurt, majoneza in napitek Slim & Vital zaradi goste snovi ter morda tudi plastične embalaže, ni prebralo značk na izdelkih na nobeni poziciji. Pri ostalih dveh izdelkih (sladki greh in pijača Tangerine) nam je značko prebralo, vendar na zelo majhnih razdaljah.

Število prebranih značk:

Prebralo nam je le 2 znački izmed 5-ih ter še to na kratki razdalji.

Razdalje branja:

Območje branja je bilo pri teh izdelkih zelo majhno. Izdelke nam je prebralo na razdalji cca. 5 cm. Na daljši razdalji nam ni prebralo nobene značke na izdelkih.

Trda snov v papirnati embalaži

Vpliv materiala:

Pri izdelkih iz papirnate embalaže se je problem pojavil pri čokoladi Knoppers, ker embalaža vsebuje folijo v notranjosti embalaže, katera vpliva na branje značke, saj nam posledično zaradi tega izdelka ni prebralo. Nekaj težav smo imeli še pri čaju, vendar je v tem primeru na branje značke vplivala tudi folija, ki obdaja samo embalažo. Drugače pa izdelki iz papirnate embalaže niso predstavljali težav pri branju značk, saj elektromagnetni valovi lažje prodirajo skozi papir.

Število prebranih značk:

V odvisnosti od razdalje (do 5 cm), prebere 4 od 5-ih značk. Prebralo nam ni le čokolade Knoppers. Na daljši razdalji nam je pa prebralo 3 od 5-ih značk.

Razdalje branja:

Območje branja je bilo pri napolitankah ter rižu tudi do cca. 50 cm, medtem ko je bila razdalja pri špagetih približno 25 cm ter pri čaju le cca. 5 cm.

Mešana snov v pločevinasti ali kovinski embalaži

Vpliv materiala:

Za izdelke v pločevinasti ali kovinski embalaži je znano, da so neprimerni za opremljanje z značkami, saj obstaja velika verjetnost, da bodo kovinski predmeti elektromagnetne valove odbijali. Pri našem testiranju smo tako imeli veliko težav z branjem značk, katere so bile nameščene na izdelkih, saj nam nekaterih značk ni uspelo nikakor prebrati, nekatere pa le na kratkih razdaljah.

Število prebranih značk:

V odvisnosti od razdalje (do 5 cm), prebere 4 od 5-ih značk. Če vzamemo daljšo razdaljo (več kot 5 cm) nam ne prebere nobene značke na izdelku.

Razdalje branja:

Značke nam je prebralo le iz razdalje max. 5 cm, na daljših razdaljah nam značk ni več prebralo.

Mešana snov v stekleni embalaži

Vpliv materiala:

Steklena embalaža načeloma ne vpliva na branje značk. Pri testiranju izdelkov, kjer so se pojavile težave je na branje značk vplivala snov, ki so jo izdelki vsebovali (tekočina). Namreč tekoča snov valovanje absorbira, kar močno otežuje branje RFID čitalcev.

Število prebranih značk:

V odvisnosti od razdalje branja: do 5 cm nam pri posamezni postavitvi prebere vse značke na izdelkih. Na daljši razdalji branja se pa število prebranih značk zmanjša le na 2 izdelka od 5-ih.

Razdalje branja:

Večinoma je pri tekočih snoveh v stekleni embalaži razdalja branja značk zelo majhna (cca. 5 cm), pri ostalih snoveh pa je ta razdalja daljša (tudi do 30 cm).

4.5.2. HF sistem

Mešana snov v plastični embalaži ali foliji

Vpliv materiala:

Pri izdelkih v plastični embalaži material ni veliko vplival na branje značk. V primerjavi z UHF sistemom nam je tukaj uspelo prebrati tudi žvečilne gumije Orbit, ampak le na krajši razdalji (1 cm). Pri UHF sistemu tega izdelka sploh ni uspelo prebrati.

Število prebranih značk:

Če se zopet osredotočimo na območje branja nekaj centimetrov, nam je v tem primeru prebralo vseh 5 značk na izdelkih. Na daljši razdalji pa se število prebranih značk zmanjša na 4 prebrane značke od 5-ih.

Razdalje branja:

Razdalje branja pri izdelkih v plastični embalaži znašajo tudi do 25 cm, razen žvečilni gumijev Orbit, kateri imajo edini krajšo razdaljo (do 1 cm). Na daljši razdalji nam značke več ne prebere.

Tekoča snov v plastični embalaži

Vpliv materiala:

Pri izbranih izdelkih iz plastične embalaže smo dobili veliko boljše rezultate kot pri UHF sistemu, čeprav nam tudi pri sistemu HF ni prebralo značke na izdelku majoneza. Problem nastane, ker valovi kot kaže slabijo pri prehodu skozi majonezo. Pri jogurtu, napitku Slim & Vital ter sladkem grehu težav nismo imeli z branjem značk, edino pri pijači Tangerine, kjer nam je značko prebralo le, če je bil izdelek postavljen čisto zraven antene, drugače nam značke ni prebralo.

Število prebranih značk:

Na krajši razdalji do 5 cm nam je prebralo 4 od 5-ih značk. Na daljši razdalji pa nam je prebralo le tri značke od 5-ih, saj nam značke na pijači Tangerine ne prebere čitalec.

Razdalje branja:

Pri pijači Tangerine je bila razdalja branja približno 1 cm. Pri ostalih izdelkih, razen majoneze, kjer nam ni prebralo značke, pa je bila razdalja tudi daljša in sicer približno 15-20 cm.

Trda snov v papirnati embalaži

Vpliv materiala:

V primerjavi z UHF nam pri HF sistemu značko pri čaju preberejo vse tri antene, s tem da je značka obrnjena proti anteni. Izdelek Knoppers, katerega nam zaradi materiala pri UHF ni prebralo nam je pri HF sistemu prebralo, a le na krajši razdalji. Pri ostalih izdelkih nam material ni povzročal težav in nam je značke prebralo tudi na daljših razdaljah.

Število prebranih značk:

Na krajši razdalji (do 5 cm) nam prebere vse značke na izdelkih v papirnati embalaži. Na daljši razdalji (od 5 cm) pa nam prebere 4 od 5-ih značk, saj nam čokolado Knoppers prebere le na krajši razdalji.

Razdalje branja:

Pri čokoladi Knoppers je razdalja branja le nekaj centimetrov (cca. 1-2 cm), ostale izdelke pa nam prebere tudi na daljši razdalji, približno 25 cm.

Mešana snov v pločevinasti ali kovinski embalaži

Vpliv materiala:

Pločevinasta ali kovinska embalaža zelo vpliva na branje značk v HF sistemu, saj nam tako zaradi materiala kot same snovi ni prebralo nobene značke. Signal se od kovine odbija pri gosti snovi pa slabi.

Število prebranih značk:

Ne na krajši ne na daljši razdalji razdalji nam ne prebere nobene značke.

Razdalje branja:

Nobene značke ni prebralo ne na krajši in daljši razdalji.

Mešana snov v stekleni embalaži

Vpliv materiala:

Pri izdelkih iz steklene embalaže je bila berljivost značk v veliki meri odvisna od snovi, saj nam pri določeni snovi značk ni prebralo. Predvsem smo imeli težave tako kot pri UHF sistemu z omako ter pijačo Dreamer, katere nam ni prebralo oz. le iz neposredne bližine antene.

Število prebranih značk:

Pri izbranih izdelkih nam je na krajši razdalji (do 5 cm) prebralo 4 značke od 5-ih. Na daljši razdalji (od 5 cm) pa nam je prebralo le 2 izdelka od 5-ih. Marmelado in pijačo Dreamer nam prebere le na kratki razdalji, medtem ko značko pri omaki 4 siri čitalec ne prebere.

Razdalje branja:

Razdalje branja so bile pri posameznih izdelkih različne. Značko na pijači Dreamer nam prebere le na razdalji 1-2 cm, značke pri mrvicah ter provansalskih zeliščih nam prebere tudi na razdalji 15-20 cm. Značko na marmeladi pa nam prebere na razdalji do 10 cm.

4.5.3. Primerjava rezultatov (HF, UHF)

Število uspešno prebranih značk med HF in UHF sistemom za posamezno skupino izdelkov nam prikazuje tabela 4.

Skupina	HF (št. prebranih značk do razdalje 5 cm / od razdalje 5 cm)	UHF (št. prebranih značk do razdalje 5 cm / od razdalje 5 cm)
Mešana snov v plastični embalaži	5 / 4	4 / 4
Tekoča snov v plastični embalaži	4 / 3	2 / 0
Trda snov v papirni embalaži	5 / 4	4 / 3
Mešana snov v pločevinasti ali kovinski embalaži	0 / 0	4 / 0
Mešana snov v stekleni embalaži	4 / 2	5 / 2

Tabela 4. Uspešnost prebranih značk glede na razdalje v UHF in HF sistemu.

5. ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo predstavili uporabo radiofrekvenčne identifikacije z RFID čitalci za analizo vpliva različnih materialov pri označevanju prehrambenih izdelkov. Izdelke smo označili z ustreznimi RFID nalepkami (UPM Raflatac Web^X in I CODE SLI IC) ter jih testirali v dveh frekvenčnih območjih (HF in UHF). Nato smo primerjali rezultate ter ugotavljali, kako se izdelki v posameznem frekvenčnem območju odzivajo. Ugotovili smo, da se značke najbolje odzivajo pri izdelkih, ki vsebujejo mešano snov v plastični embalaži ter trdo snov v papirnati embalaži. Najbolj problematične so različne kombinacije izdelkov kot so tekoča snov v pločevinasti ali kovinski embalaži ipd., ki odbijajo ali pa absorbirajo valovanje. Problemom, ki smo jih zasledili, se lahko izognemo tako, da značk ne postavljamo na tista mesta, za katera vemo, da so problematična (kovina, tekočina):

- Pri kovinski embalaži se tem težavam lahko izognemo tako, da uporabimo posebne podložke iz umetnih snovi, ki jih nato namestimo na kovinski del ter na njih nalepimo značke. Taka podložka namreč deluje kot izolator med značko in kovino ter nam tako zagotavlja delovanje značke v bližini kovine.
- Še ena izmed opcij so značke, s posebej oblikovano anteno, ki je nameščena na nekaj milimetrov debelem substratu (npr. plastična podloga) in jo loči od kovinske podlage. Te se trenutno uporabljajo le za opremljanje velikih kovinskih delov.
- Še dražja opcija pa so značke, ki temeljijo na SAW (ang. Surface Acoustic Wave) tehnologiji. Tu se elektromagnetni valovi, ki jih sprejme antena čitalca pretvorijo v zvočne valove [21].

Materialom, kot so kovina, tekočina idr., kateri nam povzročajo probleme, se lahko izognemo tudi z izbiro HF ali UHF frekvence. HF oz. UHF valovi grede lažje skozi te materiale ali pa jih obidejo.

6. LITERATURA IN VIRI

- [1] Dilek Dagdelen Uysal, Jean-Pierre Emond, Daniel W. Engels, Evaluation of RFID Performance for a Pharmaceutical Distribution Chain: HF vs. UHF
- [2] Daniel Hunt, Albert Puglia, Mike Puglia, RFID: A guide to radio frequency identification, stran 1-33
- [3] (2010) RFID, RFID technology. Dostopno na: <http://www.johns-company.com/index.php?lang=sl&cat=494&month=2010-03&id=40835>
- [4] (2009) Skupina RFID, FAQ o RFID. Dostopno na: <http://www.skupinarfid.com/>
- [5] (2010) RFID. Dostopno na: http://www2.grafika.ntf.uni-lj.si/uploads/media/03_RFID.pdf
- [6] (2007) Intermec, Supply Chain RFID: How It Works and Why It Pays. Dostopno na: http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_wp/SupplyChainRFID_wp_web.pdf
- [7] (2010) Mednarodna organizacija za standardizacijo. Dostopno na: http://sl.wikipedia.org/wiki/Mednarodna_organizacija_za_standardizacijo
- [8] (2009) Robert Kermavner, Označevanje in sledenje pošilj z uporabo RFID tehnologije. Dostopno na: <http://www.ig33k.com/Predogled/2808>
- [9] (2006) Skupina RFID. Dostopno na: <http://www.skupinarfid.com/index.php?stran=novice&page=32>
- [10] (2010) Shannon Kietzman, What is a Supply Chain? Dostopno na: <http://www.wisegeek.com/what-is-a-supply-chain.htm>
- [11] (2008) Barbara Koci, Navodila za sledljivost živil v trgovini ter njihov umik/odpoklic. Dostopno na: http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/DNT/PPB/mg_navodila_sledljivost_zivil.pdf
- [12] (2006) Daniel Čeh Ambrus, Konferenca RFID Journal Live! Europe 2006, http://home.izum.si/COBISS/OZ/2007_1/html/clanek_07.html
- [13] (2006) Bernard Ogrinc, RFID v sistemih sledenja proizvodov. Dostopno na: <http://www.leoss.si/util/bin.php?id=2006101213480218>
- [14] (2005) Jure Fritz, EPC Omrežje. Dostopno na: http://www.skupinarfid.com/upload_clanki/c23486d1d46a956887e5b887f1ff6ee6.pdf
- [15] (2010) LEOSS, Sledljivost. Dostopno na: <http://www.leoss.si/index.php?lng=slo&vie=ctl&gr1=strSvt&gr2=&id=2005110410284965>
- [16] (2010) GS1, Priročnik za črtno kodiranje. Dostopno na: <http://www.gs1si.org/doc/Priro%C4%8Dnik%20za%20%C4%8Drtno%20kodiranje.pdf>
- [17] (2010) LEOSS, Zagotavljanje sledljivosti z RFID tehnologijo v perutnini Ptuj. Dostopno na: <http://www.leoss.si/util/bin.php?id=2008022212492925>
- [18] (2007) GS1, Standard sledljivosti GS1. Dostopno na: http://www.gs1si.org/doc/Traceability_v1_web2.pdf
- [19] (2007) Identicus Slovenija d.o.o., Preskrbovalna veriga – črtne kode ali RFID? Dostopno na: <http://www.identicus.si/preskrbovalna-veriga.html>
- [20] (2005) How RFID can help optimise supply chain management. Dostopno na: <http://www.ameinfo.com/66090.html>
- [21] (2005) Jure Fritz, Vpliv različnih materialov na delovanje RFID sistemov. Dostopno na: www.skupinarfid.com
- [22] (2003) Synometrix, I Code Sli Functional Specification. Dostopno na: www.synometrix.com/I_Code_Sli_Data_Sheet.pdf

[23] (2008) UPM Raflatac, UPM Raflatac Web^X. Dostopno na:

http://www.upmraflatac.com/europe/eng/images/51_63623.pdf

[24] (2010) IDS The RFID Semiconductor Company, Development Kit for EPC Gen2 RFID Readers. Dostopno na: http://www.ids.si/doc/pf/DK-R902%20LP2_PF.pdf

[25] (2007) MetraTec RFID Solutions, Product Segment »Identification« (RFID).

Dostopno na: <http://www.metratec.com/en/products/identification-rfid.html>