

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko

Bernard Ogrinc

RFID V SISTEMIH SLEDENJA PROIZVODOV

DIPLOMSKO DELO VISOKOŠOLSKEGA STROKOVNEGA ŠTUDIJA

Mentor: doc. dr. Žarko Gorup

Ljubljana, 2006

KAZALO

Povzetek.....	1
Abstract.....	2
1 Uvod	3
2 RADIO FREKVENČNA IDENTIFIKACIJA (RFID).....	4
2.1 Predstavitev RFID	4
2.1.1 Princip radijskih valov	5
2.2 RFID tag	7
2.2.1 Vrste tagov	9
2.2.2 Programiranje tagov	10
2.2.3 Izbira taga in možnost odčitavanja	11
2.3 Standardi	13
2.3.1 Razvoj razredov tagov	13
2.3.2 Specifikacije tagov generacije 1	15
2.3.3 Specifikacije tagov generacije 2 (Gen 2).....	16
2.4 Tiskalniki/enkoderji label	20
2.5 Čitalniki	21
2.6 Antene čitalnikov	23
3 PROIZVODNJA, EPC IN PAMETNE ETIKETE.....	26
3.1 RFID tehnologija v proizvodnji in preskrbovalnih verigah	26
3.1.1 Primerjava s črtno kodo	26
3.1.2 RFID standardi za preskrbovalne verige	26
3.2 Elektronska koda EPC	27
3.2.1 EPC oblika zapisa	28
3.2.2 Predstavitev kode EPC pri standardnih tipih identifikacije.....	29
3.2.3 Primerjava RFID (EPC) in črtne kode (UPC in EAN).....	30
3.3 Varnost	34
3.3.1 Razširitve pri varnosti pri Gen 2 specifikacijah	35
3.3.2 Skrbi s strani potrošnikov zaradi RFID - ja.....	37
3.4 Pametne etikete.....	38
3.4.1 Anatomija pametne etikete	39
3.4.2 Izbira ustrezne pametne etikete	41
3.4.3 Certificiranje etiket.....	42
3.4.4 Enkodiranje, tiskanje in verifikacija pametnih etiket	43
3.4.5 Težave pri odčitavanju.....	46
3.4.6 Primerjava pametnih nalepk z drugimi pristopi	47
3.4.7 Implementacija pametnih etiket.....	49
3.4.8 Zanesljivost in točke kontrole	49
3.5 Centralni nadzor v podjetju	51
3.6 Končni cilj: Globalna izmenjava podatkov v celotni preskrbovalni verigi	52
3.7 Problemi in rešitve pri realizaciji sistemov	55
3.7.1 Opis problemov pri realizaciji sistema	55
3.7.2 Opis rešitev (mnenje o dopolnitvah in spremembah sistema).....	58
4 Zaključek	61
5 Literatura in viri.....	63

POVZETEK

Želja po hitrejšem, zanesljivejšem, varnejšem, bolj avtomatiziranem ter poenotenem sistemu označevanja in sledenja različnih produktov zahteva natančno izbiro napredne informacijske tehnologije, ki presega uporabo do sedaj zelo uveljavljene črtne kode. Takšna tehnologija se imenuje radio frekvenčna identifikacija, krajše RFID, katere osnova je tag, osnovni gradnik pa miniaturno integrirano vezje, ki preko posebne gibljive integrirane antene omogoča komunikacijo oziroma izmenjavo podatkov med sledenim artiklom in čitalnikom, ki se v procesih najprej povezuje v lokalni in nadalje v globalni informacijski sistem, dostopen tako samemu proizvajalcu, kot tudi ostalim členom v preskrbovalni verigi (distributer, kupec,...). Na takšen način se lahko preko EPC formata zapisa podatkov praktično kadarkoli in kjerkoli v preskrbovalni verigi pridobi vse informacije o izbranem artiklu, zabojniku, pakirani paleti ipd., pri čimer se z uporabo pametne nalepke in ustreznih RFID tiskalnikov takšno nalepko aplicira na najustreznejše mesto, najpogosteje na paleti ali izdelku samem. Ker je bil prvotni sistem ustvarjen na ameriški celini v vojaške namene in kasneje v preskrbovalnih verigah s prehrano, oblekami in drugimi profili v industriji, je bilo potrebno za razširitev na evropsko in ostala svetovna tržišča razviti novejši, varnejši in frekvenčno bolj usklajen ter univerzalen UHF Gen 2 standard, ki takšne zahteve popolnoma pokriva. Temu ustrezno so sledili tudi proizvajalci čitalnikov, tagov ter preostale potrebne programske in strojne opreme.

V diplomskem delu so prikazani vsi ključni elementi za izgradnjo sistema sledenja, opisana je tudi večina problemov in rešitev, ki spremljajo procese sledenja v fazi načrtovanja kot tudi že izgrajene in delujoče sisteme. S primernim RFID sistemom lahko različna podjetja povečajo svojo učinkovitost in uspešnost, zmanjšajo stroške ter s stalnim nadgrajevanjem sistemov zadostijo varnostnim standardom.

KLJUČNE BESEDE

- RFID
- Črtna koda
- Tag
- Pametna nalepka
- EPC
- Gen 2 standard

ABSTRACT

To date there are trends for fast automated, more reliable, secure, and uniformed system of labeling and tracking for many products. This requires a precise selection of advanced machinery for the use of bar code technology. The technology named RFID (radio frequency identification) uses tags for this basis. An RFID tag consists of a microchip with an attached flexible antenna. This allows for data exchange between traced article and RFID reader. Data from reader are transmitted to a host computer, then later to global information system. These are available to all users in the packaged goods supply chain. EPC format represents all information about articles, pallets and cases by attached smart labels applied by RFID thermal transfer printer.

This technology has been working in the USA for the military and retail supply chains. As for the needs of the worldwide market the UHF Gen 2 standard was developed. This technology is the latest in supply chain equipment.

With the use of suitable RFID systems the user can increase efficiency and lower costs in different business environments.

KEYWORDS

- RFID
- Bar code
- Tag
- Smart label
- EPC
- Gen 2 standard

1 UVOD

Danes že skoraj ni več prodajalne, proizvodnje, skladišča, prehrambene, veterinarske, zdravstvene ali kakšne druge tudi vladne ustanove, ki ne bi uporabljala črtne kode ali kakšnega naprednejšega sistema sledenja polizdelkov, izdelkov, krvnih vzorcev, hranil in ne nazadnje tudi osnovnih sredstev. Po izrednem razmahu črtne kode na ameriški celini, ki ji je kasneje sledila tudi Evropa, pa se je v zadnjem času vzporedno z globalizacijo ter zaradi povečane potrebe po višji stopnji varnosti, avtomatizacije, poenotenja in poenostavitve različnih procesov, kakor tudi zanesljivosti začela vse bolj kazati potreba po nadgradnji takšnih sistemov z uporabo posebnih vezij in anten, ki jim lahko z eno besedo rečemo RFID (radio frekvenčna identifikacija). Okrajšavo bom uporabljal tudi v nadaljevanju diplomskega dela.

Poleg uporabe klasičnih žičnih sistemov čitalnikov črtne kode, poznamo tudi ročne terminale z vgrajenim čitalnikom, ki se lahko v večje informacijske sisteme povezujejo »ONLINE« brezžično, preko radio frekvenčnega valovanja v frekvenčnih mejah, ki jih dovoljujejo evropski, kot tudi slovenski predpisi.

Ne smemo seveda pozabiti termičnih tiskalnikov in ustreznih medijev za tisk, brez katerih ne bi bilo ne črtne kode ne enkodiranja pripadajočih vgrajenih tagov.

V nadaljevanju bom tako predstavil osnovne principe delovanja posameznih komponent v različnih sistemih sledenja v proizvodnji, opisal princip izdelave pametnih nalepk. Naloga pa zajema tudi nekaj informacij s strani varnosti takšnih sistemov, standardov, ki so trenutno v rabi, končni namen uporabe pametnih nalepk in EPC kode. Vse skupaj pa bo zaokroženo z opisom problemov in rešitev v takšnih sistemih.

Kljub temu, da je RFID tehnologija pri nas še vedno v povojih, pa posamezna večja podjetja že nadgrajujejo svojo programsko in strojno opremo ter se intenzivno pripravljajo na uvedbo RFID tehnologije v svojih procesih sledenja.

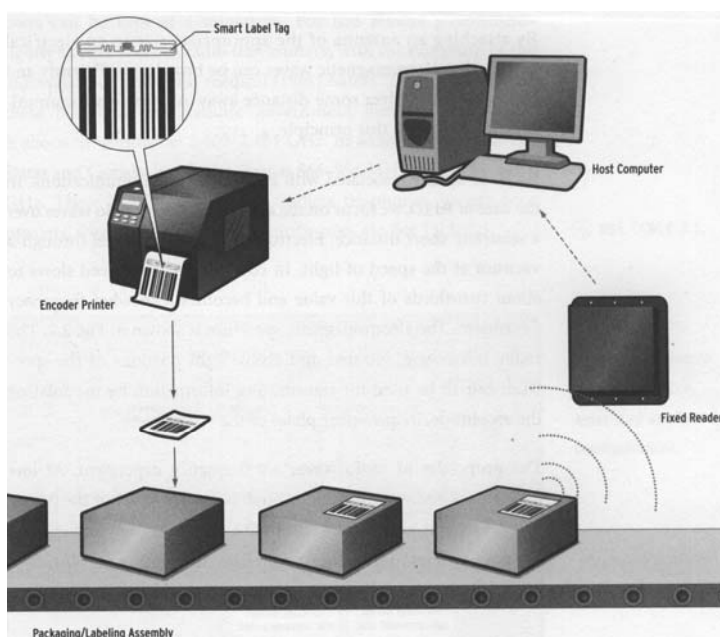
2 RADIO FREKVENČNA IDENTIFIKACIJA (RFID)

2.1 Predstavitev RFID

Tipičen RFID sistem sestoji iz štirih glavnih komponent: tag-a, enkoderja (zapisovalnika podatkov na tag), čitalnika podatkov s tag-a in računalnika, kot prikazuje slika 1.

RFID tag je narejen iz mikročipa (miniaturno integrirano vezje) in gibljive antene. Vse skupaj se nahaja v plastičnem oz. plastificiranem ohišju. Enkoder se uporablja za zapisovanje informacij na tag. V uporabo pa prihajajo tudi RFID tagi, ki so že vgrajeni v izdelek kakor tudi v pakiran produkt. Trenutno so najbolj v uporabi tako imenovane »pametne nalepke« (smart labels), ki že imajo s spodnje strani vgrajen tag in se uporabljajo predvsem na logističnih pakiranih enotah, s funkcijo sledenja izdelkov. Na pametne nalepke se lahko tiskajo različni podatki o vsebini logistične enote oz. palete ali zabojnika. Podobno se dogaja s »pametnimi karticami (smart cards)«, ki so se na področju ZDA v letu 2000 razširile na količino približno 2,5 milijarde.

Da bi dobili od tag-a »odgovor«, mora čitalnik oddajati radijske valove. Če je tag znotraj področja delovanja čitalnika, se odzove – se identificira. Podatki se lahko s taga odčitavajo brez kakršnegakoli fizičnega kontakta. Razdalja, s katere čitalnik lahko komunicira s tagom se imenuje »področje čitanja«. Komunikacija med tagom in čitalnikom je vezana na protokole in standarde, kot na primer EPC UHF Class1 standard za aplikacije v preskrbovalnih verigah trgovin.



Slika 1: Tipičen RFID sistem

2.1.1 Princip radijskih valov

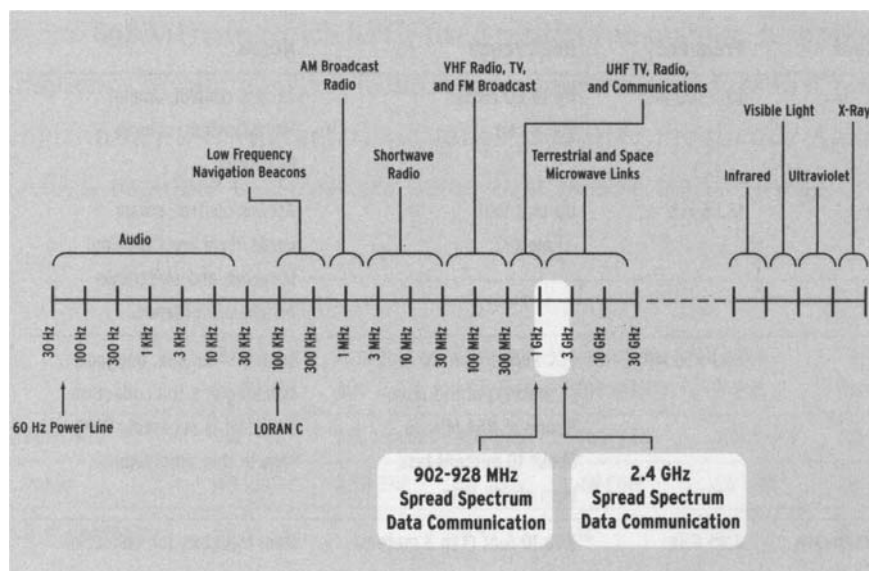
Premikanje elektronov povzroči *elektromagnetno valovanje* (v nadaljevanju EM), ki se razširja po zraku. Takšno valovanje se lahko na svoji poti razširja tudi skozi nekatere vrste fizičnih objektov oz. ovir, celo skozi vakuum. Število nihajev EM valovanja na sekundo imenujemo *frekvenca*, katere merska enota je *Hertz (Hz)*. Razdalji med dvema vrhoma (peak) valovanja pa rečemo *valovna dolžina*.

S priključitvijo ustrezno velike antene v električni krog, lahko uspešno oddajamo in sprejemamo EM valovanje, kjer mora biti seveda na ustrezni razdalji nameščen tudi sprejemnik. Vse brezžične komunikacije bazirajo na tem principu.

Pri RFID komunikaciji se moramo osredotočiti na značilnosti prenosa radijskih valov na relativno kratkih razdaljah. Elektromagnetni valovi se skozi vakuum razširjajo s svetlobno hitrostjo. Pri bakreni žici se ta hitrost zmanjša na približno dve tretjini in postane na nek način odvisna od frekvence. EM spekter za RF komunikacije je prikazan na sliki 2. Radijski, infrardeči, mikrovalovi in del valov vidnega spektra se lahko uporabljajo za prenos informacij preko amplitudne, frekvenčne ali fazne modulacije.

Lastnosti radijskih valov so odvisne od frekvence. Za radijske valove *nizkih frekvenc* ovire niso tako moteče, vendar moč z razdaljo od vira valovanja strmo pada. Pri *visokih frekvencah* pa imajo valovi tendenco razširjanja v ravnih linijah in se od ovir odbijajo. V kotih, ostrih robovih in raznih odprtinah se lomijo.

Radijski valovi so lahko moteni od različnih virov valovanja, od sončnega sevanja kakor tudi drugih električnih naprav. Radijske komunikacije se lahko uporabljajo v raznovrstnih aplikacijah, zato lahko prihaja do medsebojnih motenj. Da bi te vplive kar najbolj zmanjšali, so vlade držav uvedle licenciranje uporabnikov raznovrstnih radijskih oddajnikov, z izjemo ISM (industrijskih, znanstvenih in medicinskih naprav) področja delovanja, kjer to ni potrebno. Najbolj splošno poznano frekvenčno področje delovanja brezžičnih komunikacijskih naprav je med 2,400 in 2,484 GHz (gigahertz). ZDA in Kanada imata dodani še območji 866–956 MHz ter 5,725–5,850 GHz, ki se uporabljata za brezžično telefonijo, brezžične naprave za odpiranje garažnih vrat, Hi-fi naprave, varnostna vhodna vrata in podobno, kar lepo prikazuje tabela 1.



Slika 2: Elektro magnetni spekter za RF komunikacije

Različne države sveta imajo dodeljene specifične frekvence za različna področja delovanja, kar zavira razvoj univerzalnega globalnega standarda za preskrbovalne prodajne RFID verige.

ZDA imajo preko FCC standarda za RFID določen frekvenčni pas v vrednosti 915 Mhz, Evropa je pred kratkim privzela frekvenco 866 MHz, Japonska pa je za RFID namenila frekvenčno področje 950-956 Mhz.

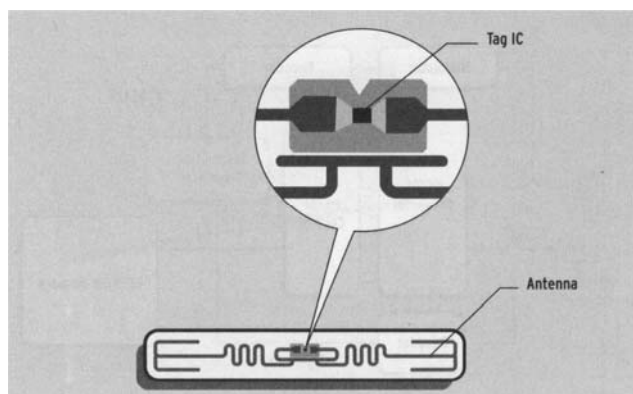
Band	Frequency	Read range	Notes
LF	100-500 kHz	Up to 20 inches (50.8 cm)	Access control, animal identification, vehicle key-locks.
HF	13.56 kHz	Up to 3 feet (1 meter)	Access control, smart cards, item level tagging, libraries, and electronic article surveillance.
UHF	866-956 MHz	FCC allows over 20 feet (6 meters) at 915 MHz. Range at 866 MHz is about 10 percent less than at 915 MHz.	Supply chain use, baggage handling and toll collection. Wal-Mart is accepting RFID tags in this spectrum.
Microwave	2.45 GHz	3 to 10 feet (1 to 3 meters)	Item tracking, toll collection.

	North America	Europe 300 220	Europe 302 208	Japan (pending)	Korea (new)	Australia	Argentina Brazil Peru	New Zealand
Band Size	902-928	869.4-869.6	866-868	950-956	908.5-914	918-926	902-928	864-929
Power	4W EIRP	0.5W ERP	2W EIRP	4W EIRP	2W ERP	4W EIRP	4W EIRP	0.5-4W EIRP
# of Channels	50	1	10 +5	12	20	16	50	Varied

Tabela 1: Karakteristike različnih frekvenčnih področij in frekvenčna razporeditev v različnih državah in regijah

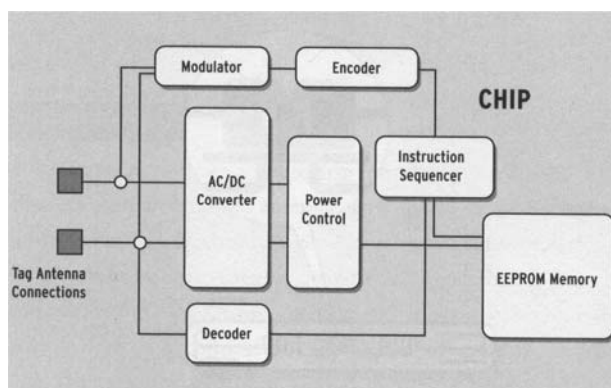
2.2 RFID tag

Sestavlja ga *mikročip* (miniaturno integrirano vezje), ki je pritrjen na ploščico ter preko nje povezan z *anteno*. Vse skupaj je vstavljeno v zaščitni (običajno prozoren) laminat oz. plastično folijo (glej sliko 3). Dejansko integrirano vezje (v nadaljevanju IV) običajno ni večje od zrna peska (približno okrog $0,3 \text{ mm}^2$). Izdelava takšnih vezij v razredu nanotehnologije zna postati ena najbolj široko razširjenih v komercialnih aplikacijah. Čeprav so vezja fizično izredno majhna, pa antene zavzamejo precej več prostora. Morajo biti dovolj velike, da »poberejo« signal. Antena mora omogočati pasivnemu tagu, da lahko zajema podatke z razdalje 3m, pri aktivni vrsti tagov pa tudi 100m in več, kakor tudi prehod skozi mnogo različnih materialov, vključno s škatlami in paletami. Antena je torej tisti faktor, ki določa velikost celotnega RFID taga.



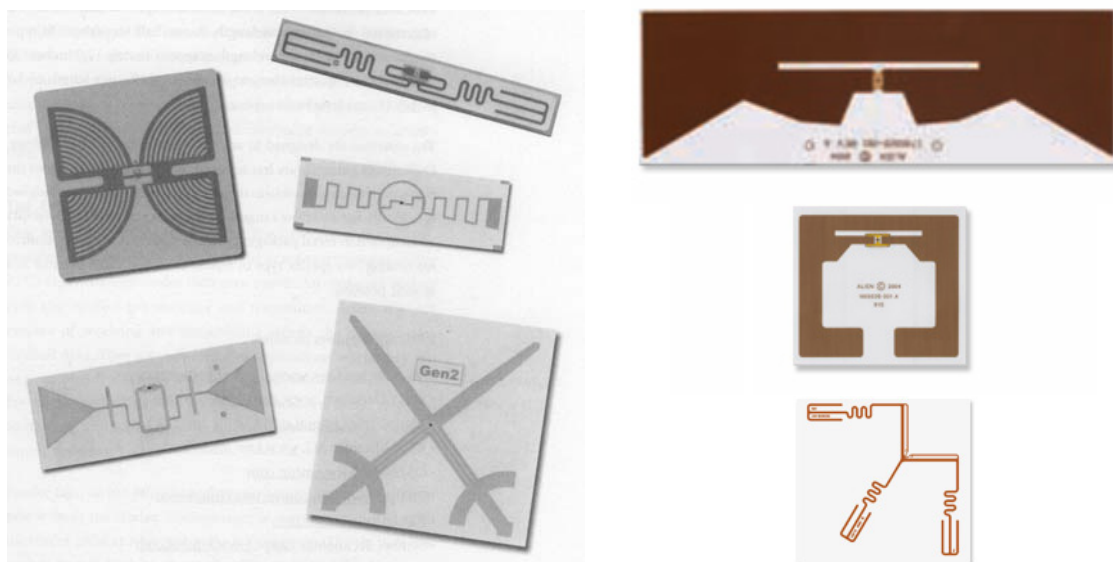
Slika 3: Primer IV taga in vgrajene antene

Slika 4 ilustrira tipičen sestav IV, vgrajenega v RFID tag. Vezje nizkih moči sestavljajo: *pretvornik moči (kontrola napajanja)*, *kontrolna logika*, enota za *shranjevanje podatkov*, enota za *ponovni priklic podatkov* ter enota za prilagajanje ter pošiljanje podatkov od antene k čitalniku.



Slika 4: Tipična arhitektura IV taga

Slika 5 prikazuje primere tagov z različnimi oblikami anten, optimiziranih za različne aplikacije. Antene so lahko narejene iz srebra, aluminija ali bakra, izdelane s tehniko, ki je podobna brizganju črnila na papir. Količina uporabljene kovine in velikost antene definirata občutljivost taga. Občutljivost je odločilna, odkar vemo, da vsakodnevni artikli, kot na primer ustekleničena voda, kakor tudi aluminijaste pločevinke lahko oslabijo RF signale.



Slika 5: Primeri različnih oblik tagov

Oblika in postavitev taga, orientacija artikla in lokacija čitalnika igrajo pomembno vlogo pri doseganju stanovitnega delovanja. Antene tagov imajo lahko različne konfiguracije, s čimer dosežemo raznovrstne karakteristike delovanja. Matematično gledano morajo dosegati najugodnejše razmerje glede na valovno dolžino delovne frekvence. Tipična vrednost je četrtina valovne dolžine. Valovna dolžina frekvence 900Hz bi ustrezala dolžini 33 cm. Nekatere antene tagov so oblikovane tako, da pokrivajo široko področje, druge so oblikovane samo za ozek pas zahtev, kot na primer samo za odčitavanje tistih tagov, ko so pripeti na kovinska pakiranja. Antene so lahko optimizirane na odčitavanje s samo specifičnimi čitalniki ali samo z anteno čitalnika v posebni legi oz. orientaciji.

Razvoj tagov je še vedno v začetni fazi. Število oblik in proizvajalcev skokovito raste. Z združevanjem in rastjo implementacij standardov, raste število dobaviteljev najpopularnejših oblik tagov, kjer pa se s povečano naročeno količino, cena bistveno zniža. Pričakovane

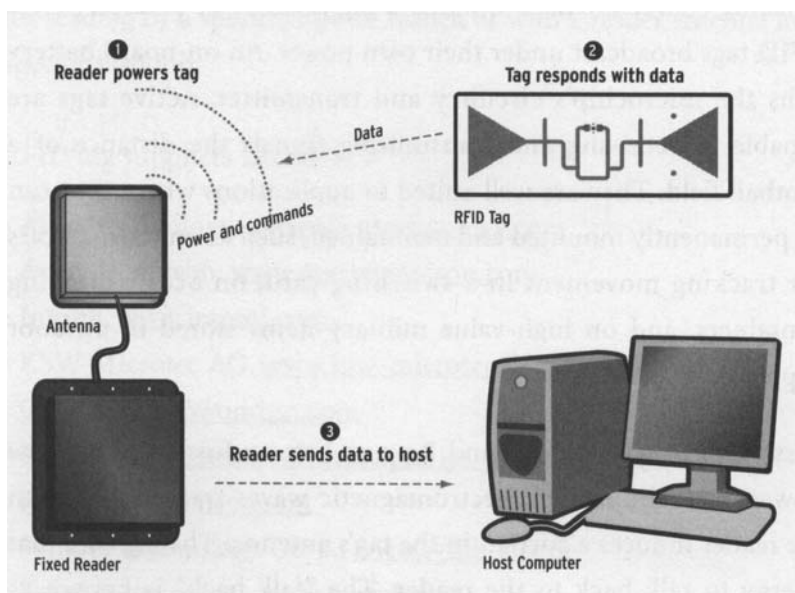
zahteve po uporabi tagov so ogromne, če upoštevamo, da ena od večjih verig podjetij ocenjuje letno porabo tagov na okvirno količino 8 milijard enot.

2.2.1 Vrste tagov

Obstaja nekaj osnovnih tipov tagov za uporabo v preskrbovalnih verigah. Ena od značilnih karakteristik je ta, da je tag lahko *aktiven* ali *pasiven*.

Aktivni tag deluje s pomočjo lastnega napajanja. Vgrajena baterija napaja in poganja tokokrog mikročipa, kot tudi oddajnika. Aktivni tag je sposoben sprejemanja in oddajanja signalov na razdalji nogometnega igrišča. So zelo primerni za aplikacije, kjer so lahko permanentno vgrajeni in vzdrževani, kot na primer pri sledenju premikov avtomobilov na železniški ranžirni postaji, natovarjanju zabojnikov za preko oceansko plovbo in pri dragih vojaških napravah, hranjenih v zunanjih preskrbovalnih skladiščih ali oporiščih.

Po drugi strani pa *pasivni tag* nima lastnega napajanja, ampak v ta namen izkorišča čitalnik. Elektromagnetni valovi, ki jih oddaja čitalnik, inducirajo v anteni taga tok, preko katerega dobi tag energijo, ki jo uporabi za generiranje povratne informacije čitalniku. Tej »povratni informaciji« čitalniku lahko rečemo tudi povratni (backscatter) odsev. Glej sliko 6. Na podoben način deluje radar. Medtem, ko je radarjev backscatter bolj podoben eho efektu, drobno vezje v RFID tagu lahko inducira tok, katerega posledica je povratni odsev v obliki amplitudno moduliranega (AM) odziva. Ta signal se lahko interpretira v digitalni obliki, kot zaporedje ničel in enic.



Slika 6: Prikaz komunikacije tag - čitalnik - PC

Če ni prisotnega usmerjenega signala na pasivni tag, le-ta deluje pasivno – ni sposoben generiranja in emitiranja samostojnega radijskega signala. S takšnega taga posledično ne dobimo dodatnih nepotrebnih elektromagnetnih motenj v okolico.

Zaradi teh lastnosti so pasivni tagi največkrat uporabljeni v aplikacijah RFID preskrbovalnih verigah. Eden od razlogov je seveda tudi cena, ki je obratno sorazmerna s količino uporabljenih tagov.

Za pasivne tage lahko rečemo, da so v primerjavi z aktivnimi po velikosti manjši, lažji po teži, imajo daljšo življenjsko dobo in so manj zahtevni. Pasivni tagi imajo relativno krajše področje delovanja, omejen pomnilnik in so veliko bolj dovzetni za motnje, če jih primerjamo z aktivnimi.

Obstaja še ena vrsta tagov in sicer *semi-pasivni tip*, ki je po karakteristikah zelo podoben pasivnemu, ima dodano še backup baterijo. Uporabni so za zabojnike in palete v prodajalnah za opremljanje z deli ter v t.i. just-in-time proizvodnih aplikacijah.

2.2.2 Programiranje tagov

Še ena pomembna lastnost, po kateri ločimo tage je možnost in način programiranja. Integrirana vezja tagov je možno *brisati in programirati* (EEPROM), *delno programirati* (WORM=write-few-read-many) in *samo brati*. Vsako prepisovanje podatkov v IV popolnoma izbriše in zamenja podatke v pomnilniku. Razdalje za odčitavanja (branje) tagov so v večini primerov večje kot pri zapisovanju oziroma programiranju. Večina aplikacij zatorej vključuje enkoder za tage, ki se nahaja v ravnini tagov in že na začetku nanj zapiše podatke.

Vezja, ki jih je možno samo brati, se programirajo s strani proizvajalca. Naloženih podatkov ni možno več spreminjati. Več informacij o različnih tipih tagov združuje tabela 2.

Vrste tagov	Prednosti	Slabosti	Vrsta aplikacije
Aktivni	Večji doseg branja, kapaciteta pomnilnika, stalen signal	Vzdrževanje baterij, velikost	Sledenje vrednejših artiklov
Semi-pasivni	Večji doseg branja, daljša življ.doba baterije	Nosilec baterije in stroški	Zabojniki za ponovno rabo, sledenje različnih artiklov
Pasivni bralno/pisalni	Daljša življ.doba, več oblik, izbrisljiv in programabilen	Krajši doseg kot pri aktivnem tagu	Palete in zabojniki, uporaba potrjena s strani Wal-Mart verige trgovin
Pasivni WORM	Primeren za ident.art., nadzor pri pakiranju	Omejen na majhno število ponovnih zapisov, zamenjava obstoječih podatkov z novimi	Palete in zabojniki, uporaba potrjena s strani Wal-Mart verige trgovin
Pasivni bralni	Preprost pristop	Samo identifikacija, ni nadgradnje pri sledenju, generiranje in integriranje podatkov na zahtevo	Palete in zabojniki, uporaba potrjena s strani Wal-Mart verige trgovin

Tabela 2: Primerjava aktivnih, pasivnih in ostalih tagov

2.2.3 Izbira taga in možnost odčitavanja

Pakiranje produktov in procesi preskrbovalnih verig predstavljajo nešteto izzivov za RFID tehnologijo. Izdelki in njihova pakiranja so različnih oblik in velikosti, tagi pa morajo imeti zmožnost »preživetja« v primeru morebitnih fizičnih poškodb in uničenja tovora, v katerem se paket oz. izdelek nahaja. Morajo biti kos različnim manevrom pri natovarjanju in vzdržati ekstremne temperature.

Sposobnost odčitavanja tagov je odvisna od značilnosti UHF spektra. Pri izbiri tagov, za uporabo v preskrbovalnih verigah, je potrebno upoštevati naslednje:

Postavitve

Zanesljivost in pravilnost odčitavanja je odvisna od orientacije taga na škatli ali paleti relativno na čitalnik.

Velikost in oblika

Zabojniki imajo pogosto pripravljenim poseben prostor za etiketo (tag), nekatera podjetja celo specificirajo velikost in format podatkov.

Hitrost branja

Količina časa, ko je tag znotraj področja branja v primeru, ko je nameščen na škatli ali zabojniku, ki se giblje npr. po tekočem traku ali na paleti na kamionu, ki se giblje skozi glavni vhod v ladjedelnici.

Redundance pri branju

Število pravih branj taga, ko se nahaja v področju odčitavanja. Če se tag npr. odzove vsaj trikrat na zahtevo po branju, ko se nahaja v področju odčitavanja, obstaja velika verjetnost, da bo zajem podatkov izveden brez napake.

Zahteve po podatkih

Tagi lahko vsebujejo različne informacije, odvisno od načina uporabe (artikli, zabojniki, palete, vrnjena pošiljka).

RF motnje

Na pravilnost odčitavanj vplivajo zunanji viri RF motenj, bližina drugih tagov, pakirni materiali in okoliške površine.

Zahtevnejši pogoji delovanja

Para in hlapi, korozivne kemikalije in ekstremen mraz lahko vplivajo, če ne drugega, na lepilo taga.

Ponovna uporaba

Lahko vključuje ponovno uporabo na zabojnikih za večkratno rabo ali kot način za dokumentiranje vrnjenega blaga.

Pravila pri prehodu meje

Tagi imajo lahko zaradi različnih globalnih standardov med državami drugačna področja odčitavanja in občutljivosti, odvisno od njihovega frekvenčnega področja delovanja.

Hitrost pomikanja taga

Pričakovana hitrost, s katero se bo tag gibal skozi polje čitalnika.

Kolizijski izogib

Tagi, s katerih lahko v danem področju preberemo podatke naenkrat.

Čitalniki

Tipi čitalnikov, ki so skladni z našimi tagi.

Napredna raba

Pokvarljivo blago, lahko na primer koristi pri beleženju temperature in datumu veljavnosti.

Varnost

Nekatere aplikacije lahko poskrbijo za enkripcijo podatkov in druga merila, ki niso podprti v vseh tipih tagov.

2.3 Standardi

EPCglobal, organizacija za RFID standarde, je v fazi razvoja in implementacije standardov za RFID tage. Standardi predpisujejo vse v zvezi s komunikacijo in metode za programiranje, ki se uporabljajo za shranjevanje in branje podatkov na tage. Obstaja nekaj razredov RFID tagov za različne namene in normiranje. Vrstijo se od enostavnih tagov, namenjenih samo za branje, pa do zahtevnejših, kateri so sposobni prenašati svoj signal z uporabo lastnega napajanja.

EPC 1.0.1 varianta je trenutno delujoč standard za tage, ki pokrivajo frekvenčno območje med 866 in 956 MHz (megahertz). Predvideno področje uporabe za tovrstne tage, brez ovir (open-air), znaša 2 do 3 metre in ne več od 10 m pri najboljši možni orientaciji in poziciji. Komunikacija od čitalnika do taga in nazaj poteka na način half-duplex. Čitalnik stalno oddaja RF valovanje. Tag pa takšen signal zmodulira preko backscatter odseva. Takšen tag je lahko tipa EEPROM, WORM ali read-only.

2.3.1 Razvoj razredov tagov

RFID tagi so nekoliko zašli od urejenih klasifikacij, originalno nastalih s strani Auto-ID centra. Ker EPC koda nastaja kot klasifikacijski sistem, je EPCglobal razvijal naprej v smislu definicije tagov, ki združuje podatkovni in fizični nivo. Tage, ki so trenutno certificirani, prikazuje tabela 3.

Tag	Class 0	Class 1	ISO 18000-6A	ISO 18000-6B	Gen 2* (ISO 18000-6C)*
Air Interface	PWM-FSK	PWM-PIM	PIE-ASK, FMO	M-ASK, FMO	DSB-ASK, SSB-ASK or PR-ASK
Memory	112 (0), 288 bit (0+)	64, 96 bit	128 bit	96, 256 bit	512 bit
Read/Write	Read only (0), read/write (0+)	Read/Write	Read only	Read/Write	Read/Write
Frequency	902-928	902-928	862-870	860-930	860-960
Security	(0+) Write protect, 24-bit kill	Write protect, 8-bit kill		Write protect	Write protect, 32-bit kill
Suppliers	Symbol/Matrics, Impinj	Alien, Rafsec, Avery	EM Micro	Philips	5 suppliers

*pending

Tabela 3: Specifikacije obstoječih razredov tagov za preskrbovalne verige

RAZREDI TAGOV (CLASS):

Class 0

Gre za najpreprostejšo, pasivno obliko tagov, osnova za komunikacijo je UHF in so tovarniško programirani. Ker so identifikacijska števila (ID numbers) tagov prednastavljena, lahko pripadajo poljubnemu zabojniku ali paleti in se običajno preko PC-ja odčitavajo na mestu pakiranja. Tagi tipa Class 0 so primerni za sisteme proti kraji. Ta standard je tudi odobren za označevanje zabojnikov in palet v 96-bitni obliki, s strani ene največjih verig trgovin v Združenih državah Amerike – Wal-Mart.

Class 0+

Osnova za komunikacijo je razred Class 0, vendar gre za WORM programabilne tage (zapisuje malo, bere mnogo). Tudi ta standard je potrjen s strani Wal-Marta, Ministrstva za obrambo v ZDA in drugih.

Class 1

Uporablja pasivno UHF in HF (13,56 MHz) komunikacijo. Tagi v tem razredu so programabilni s strani uporabnika. So podobni tagom razreda Class 0 in se uporabljajo v podobnih aplikacijah v preskrbovalnih verigah, vendar s predhodnim razredom niso popolnoma zamenljivi. Zamenjala jih bo naslednja generacija bralno/pisalnih 128-bitnih tagov UHF Gen2 – 96 bitov za EPC kodo in 32 bitov za odpravo napak ter »kill« funkcijo za izklop.

Class 1 Generacija 2

Tagi razredov Class 0 in Class 1, ki imajo namen uporabe v različnih aplikacijah za sledenje v preskrbovalnih verigah, trenutno niso dosegli takšnega globalnega razmaha in vsesplošne uporabe. Naslednja generacija, ki bo zamenjala razreda 0 in 1 je protokol UHF zasnova generacije 2 (Gen 2). Označuje začetek poenotenega pasivnega RFID standarda za uporabo v preskrbovalnih verigah. Takšni tagi so od leta 2005 tudi že na voljo uporabnikom, prav tako pa se jim je prilagodila večina izdelovalcev strojne in programske opreme.

ISO 18000-6a/b

S strani podjetja Philips je bil razvit tag UCode 1.19, katerega standard je bil sprejet s strani Evropskih maloprodajnih podjetij in je skladen z ISO 18000-6 specifikacijami za pasivne UHF tage.

Prihajajoči razredi tagov

Kaže, da je razred Class 2, z možnostjo polnega vpisovanja podatkov, dokončen, kar se tiče UHF pasivnih tagov za uporabo v preskrbovalnih verigah. Razredu Class 3 pripadajo pasivno/aktivna mešanica tagov z vgrajeno »backup« baterijo, ki služi kot interno napajanje, vendar ostaja v pasivnem načinu delovanja, dokler ne pride do aktivacije s strani čitalnika. V razredu Class 4 bi bili aktivni tagi. Nobeden od teh novih tagov še ni bil popolnoma ratificiran, vendar pa razvoj poteka z nezmanjšano hitrostjo.

2.3.2 Specifikacije tagov generacije 1

RFID specifikacije pokrivajo način komuniciranja s tagi (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 Class 0 ter Alien technology za Class1, vodilni na področju industrije preskrbovalnih verig, ki sta bili sposobni začeti izvajati implementacije, pokazali vrednost in prednosti te tehnologije, omogočila 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 tagov verzija 1.27** – identificira posebne sheme enkodiranja za trgovine
- **specifikacija za tage 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 tagov** – določa komunikacijski vmesnik in protokol za delovanje na frekvenci 13,56 Mhz v razredu Class 1
- **specifikacija za tage 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 tagov za omogočanje komunikacij v tem frekvenčnem pasu.

2.3.3 Specifikacije tagov generacije 2 (Gen 2)

Novi standard za tage je bil odobren s strani EPCglobal ob koncu leta 2004 in predan v presojo za ISO standard. Ko je bil sprejet, se je pričakovalo, da bo dodeljen standardu ISO 18000-6c ter bo eventualno zamenjal predhodne verzije standardov. Specifikacije Gen 2 so poskus združitve in uskladitve konkurenčnih standardov ter izdelava harmoniziranega standarda (Pomen harmoniziranih standardov: Harmonizirani standard je evropski standard EN, ki je bil pripravljen po naročilu (mandatu) Evropske komisije in Sekretariata EFTA z namenom, da podpre bistvene zahteve direktive. Z mandatom ni nujno zajet celoten standard, saj je mogoče v besedilo standarda vključiti tudi še dodatna določila, katerih uporaba ni obvezna. V takšnem primeru govorimo o reguliranem področju standarda, ki "podpira" zahteve direktive in o prostovoljnem področju standarda. Ta povezava je obrazložena v dodatku Z na koncu vsakega mandatiranega standarda.

Načeloma je postopek priprave in sprejemanja harmoniziranega standarda enak postopku sprejemanja evropskih standardov, vendar pa se med javno obravnavo dodatno vključi še tako imenovani "konzulent CEN", ki predlog standarda pregleda še z vidika izpolnjevanja določil, navedenih v besedilu mandata, in z vidika izpolnjevanja bistvenih zahtev ustreznih evropskih direktiv. Pogosto se zgodi, da mandatirani standard podpira več evropskih direktiv, kot je na primer predlog standarda za garažna vrata, ki ustvarja domnevo o skladnosti z zahtevami tako direktive o strojih kot direktive o gradbenih proizvodih in direktive o elektromagnetni združljivosti. V takšnem primeru standard pregleda več konzulentov CEN in vsak za svoje področje poda poročilo. Pred formalnim glasovanjem o mandatiranem standardu pa se konzulent CEN ponovno vključi in v roku štirih tednov potrdi dokončno besedilo za končno glasovanje. Če besedilo zavrne, usklajevanje poteka med konzulentom ter predsednikom in tehničnim sekretarjem tistega tehničnega odbora CEN, ki je predlog pripravil.

Če je rezultat formalnega glasovanja v smislu pravil CEN/CENELEC pozitiven, upravni center CEN razpošlje svojim članicam besedilo, da ga le-te lahko privzamejo v svoj nacionalni sistem standardov. Vzporedno s tem pa sta obveščena tudi Evropska komisija in Sekretariat EFTA. V tem trenutku je mandatirani standard še vedno samo "kandidat" za harmonizirani standard. Šele potem, ko vse države članice prek upravnega centra CEN Evropski komisiji in Sekretariatu EFTA sporočijo prevod naslova mandatiranega standarda v svoj nacionalni jezik (npr. španski AENOR španski prevod naslova, grški ELOT grškega itd.), sledi objava mandatiranega standarda v Uradnem listu ES z navedbo direktive, v podporo

katere je bil pripravljen. S tem dejanjem postane mandatirani evropski standard harmonizirani standard. Od takrat naprej se lahko, pri nekaterih direktivah pa se celo mora uporabljati ta standard, če se želi dokazati skladnost z zahtevami direktive. Do konca leta 2001 je bilo od več kot 3900 mandatiranih standardizacijskih projektov za podporo 21 direktivam novega pristopa ratificiranih že 2350 standardov, kar predstavlja 60 % vseh načrtovanih.

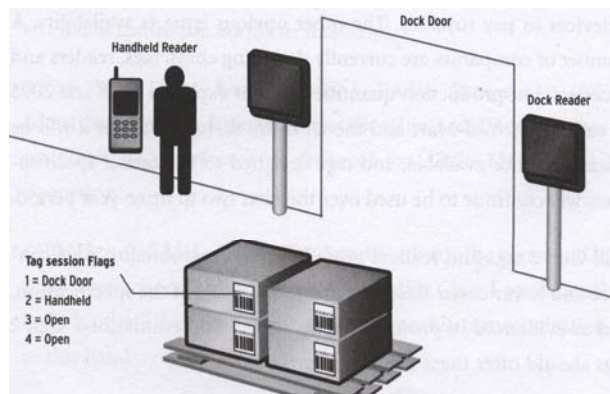
SIST privzema harmonizirane standarde v sistem slovenske standardizacije redno, zato so skoraj vsi harmonizirani evropski standardi tudi slovenski standardi z oznako SIST. Praviloma se na te standarde sklicujejo tehnični predpisi, s katerimi se prenašajo določila evropskih direktiv novega pristopa v slovensko zakonodajo.), ki naj bi poenostavil odločitve pri naročanju za izvajalce ter povečal hitrost ter enostavnost globalnega privzemanja standardov.

Gen 2 je rezultat dela več kot štiridesetih podjetij, ki stremijo k izdelavi sistema, kateri omogoča kompatibilnost med različnimi prodajalci, možnost uporabe po vsem svetu, izboljšave v izvajanju, zanesljivost in ustrezno ceno. Veliko zadev je bilo že rešenih in sklenjenih, katere bi lahko vplivale na sprejetje specifikacij Gen 2. Ena od teh zadev vključuje zahtevo po patentu, ki bi jo lahko zahtevala podjetja za izdelavo Gen 2 naprav pri plačilu koncesij oz. licenčnin. Druga zahteva je razpoložljivost. Številna podjetja trenutno oblikujejo vezja, tage, čitalnike tagov enkoderje, toda pričakovane količine za uporabo naj bi bile na voljo nekje v začetku leta 2006. Veriga Wal-Mart in Ministrstvo za obrambo ZDA kot največja uporabnika RFID tehnologije nameravate zaenkrat uporabljati obstoječe, preverjene standarde in kljub privrženosti vsem novostim zastopata mnenje postopnega uvajanja v obdobju naslednjih dveh do treh let.

Tagi Gen 2 ponujajo naslednje izpopolnitve:

Odčitavanje tagov

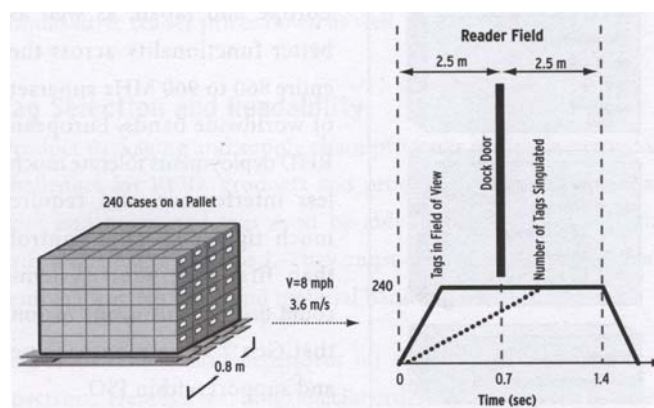
Ožje okno pri klicni in odzivni sekvenci med čitalnikom in tagom, pri štirih milijoninkah sekunde, bo zmanjšalo možnost napačnih odčitkov, ki jih povzroča napačno proženje tagov. Čitalnik ima možnost »izolacije« tagov po frekvenci ter nadaljnjo gostoto odčitavanj, predvsem v primeru odčitavanj več artiklov naenkrat, ter v prisotnosti več tagov, čitalnikov in anten. Komunikacija med tagom in čitalnikom lahko obstaja v eni ali do štirih fazah (glej sliko 7). Tako preprečimo motnje med različnimi čitalniki.



Slika 7: Tagi generacije Gen2 lahko komunicirajo istočasno (multiple session)

Hitrosti odčitavanja

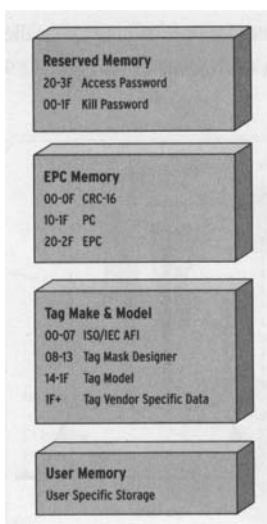
Izražajo se na številne načine. Prva generacija podatkovnih hitrosti se je gibala med 55 in 80 kbps (kilo bitov/sekundo), medtem ko specifikacije Gen 2 omogočajo hitrosti do 640 kbps, torej približno deset-kratno izboljšanje. To poskrbi tudi za hitrejšo frekvenco izločanja posameznih tagov iz skupine (singulacija), to je čas, ki je potreben za identifikacijo in izolacijo posameznega taga, kot tudi hitrejši prenos podatkov. Drugič, obstaja princip razvrščanja populacije tagov, kjer čitalnik lahko izbira in hitro sortira tage, še preden vidi njihovo vsebino, kakor tudi s pomočjo »glave« taga. Hitrejše sortiranje tagov, ki se odzovejo na klic ali na zahtevo za on-the-fly spremembo nastavitev s strani čitalnika, dovoljujejo hitrosti do 1000 tagov/sekundo. Kjer je veliko tagov znotraj področja odčitavanja, lahko Gen 2 vmesnik omogoča hitrosti okrog 200 tagov/sekundo pri predpostavki, da pokrivamo severnoameriško in evropsko okolje delovanja. Slika 8 ilustrira primer, ko je hitrost odčitavanja zelo pomembna oz. lahko že problematična, ko se pojavi zahteva po odčitavanju vseh škatel na paleti., katere se z normalno hitrostjo pomikajo skozi področje odčitavanja.



Slika 8: Problem pri odčitavanju večjih količin tagov in premikanju palete skozi portal

Pomnilnik

Gen 2 model bo imel podvojeno oz. potrojeno kapaciteto pomnilnika. Na voljo so štiri posebne pomnilne banke, od katerih se lahko vsaka ločeno naslavlja (Slika 9). Vsaka banka je lahko zaklenjena, odklenjena, perma-zaklenjena (perma pomeni permanentno) ali perma-odklenjena. Podatke v pomnilnih bankah je vedno možno odčitavati, ne glede na stanje zaklenjenosti, razen če je tag neaktiven (killed) ali zaščiten z geslom.



Slika 9: Arhitektura pomnilnika Gen2 taga

Veljavnost v Evropi in drugod po svetu

Gen 2 komunikacijski vmesnik vsebuje izboljšave, ki ga naredijo bolj učinkovitega znotraj ožjih frekvenčnih pasov, ki veljajo za Evropo in Japonsko, kakor tudi boljše funkcionalnost znotraj celotnega mednarodnega frekvenčnega področja od 860 do 960 MHz. Evropski RFID razvojniki tolerirajo veliko manjše motnje in zahtevajo precej ožjo spektralno kontrolo, kot so jo imeli sistemi Gen 1. To je tudi eden od razlogov, zakaj ima nov Gen 2 vmesnik tako močno zaledje in podporo znotraj ISO sistema.

Varnost

Gen 2 čitalniki imajo sposobnost maskiranja njihove komunikacije s tagom tako, da najprej zahtevajo od taga naključno število, potem enkodirajo to število v svoji komunikaciji s tagom. Tag preveri število, preden se odzove. Naključna enkodirna shema ščiti podatke in geslo pred krajo. 32 bitno geslo (kill password) za deaktivacijo taga preprečuje, da nekdo neavtorizirano onemogoči tag.

Cena

Vgrajeno integrirano vezje tagov Gen 2 spada običajno v razred VLSI stopnje integracije. Čeprav bosta na ceno bistveno vplivala predvsem količina in ostali viri dobave, pa čip Gen 2 taga zahteva manjšo matrico od predhodnikov, kjer se bo porabilo tudi manj materiala za izdelavo in vodilo v nižjo ceno. Integrirana vezja so zasnovana na enakem principu kot WiFi brezžična tehnologija, kar vodi k nižji ceni čitalnikov.

2.4 Tiskalniki/enkoderji label

Pasivni WORM ali EEPROM tagi ne vsebujejo nobenih podatkov. Zahtevajo korak enkodiranja, ki jih pripravi na uporabo. Enkodiranje se lahko izvede s čitalnikom, vgrajenim v RFID tiskalnik ali samostojnim čitalnikom, ki je primeren za takšno nalogo. Zapisovanje podatkov na tag je bolj podobno tiskanju črtne kode kot branju taga, čeprav se izvaja s pomočjo RFID čitalnika. Tabela 4 prikazuje razlike med zapisovanjem podatkov na tag in branjem z njega. Ko podatke zapisujemo na tag, mora čitalnik naslavljaliti vsak tag posebej. Tag mora biti v neposredni bližini čitalnika za čas trajanja, ki ga čitalnik potrebuje za njegovo programiranje, kar pomeni trajanje v dolžini nekaj sto milisekund. Tag mora biti sposoben s čitalnika pridobiti dovolj toka, ki omogoči, da se sklene tokokrog za programiranje. V primeru programiranja več tagov, je zelo pomembna osamitev in programiranje zelenega taga. S tem preprečimo programiranje na napačen tag. V primeru uporabe RFID tiskalnika so tagi vstavljeni v kolut pametnih nalepk, ki so med seboj razmaknjene za predpisano dolžino. Pravilna izbira taga s strani tiskalnika, je določena z obliko, lego in uskladitvijo antene čitalnika znotraj ohišja čitalnika. Bližina antene do ustreznega taga se lahko uporabi kot prednost, kjer izkoristimo lastnosti bližine elektromagnetnega polja, ki se s tagom zaključi v induktivni sklop. Zaprto-zančno potrjevanje podatkov in mehanizmi za odpravljanje napak so prav tako vgrajeni v večino RFID tiskalnikov, kjer služijo kot orodje za programiranje tagov na zahtevo (on-demand) ali kot del določenega procesa.

Pri tiskalnikih ne smemo pozabiti tudi veljavnost enkodiranih podatkov in upoštevanje vgrajenih mehanizmov za odpravljanje napak. Pri izbiri in namestitvi ustreznega RFID tiskalnika imamo možnost ročnega ali avtomatskega apliciranja tagov (pametnih nalepk), pozorni moramo biti na velikost in vrsto label glede na razpoložljivo površino, upoštevamo tudi ukazni jezik tiskalnika, ki mora ustrezati računalniškemu ali vhodno/izhodnemu sistemu npr. pakirne linije za proženje enkodiranja in kontrolo tiskanja. Velikokrat so v sistemih

sledenja prisotne možnosti udarcev, umazanija, prah, voda, maziva, ekstremne temperature in električni dejavniki, kar vpliva na izbiro ustrezno robustnega modela tiskalnika. Iščemo običajno takšne modele tiskalnikov, ki podpirajo vse obstoječe RFID protokole in imajo enostavno možnost programske nadgradnje, ter so certificirani po CE, FCC, ETSI, WEEE, RoHS ter podobnih evropskih direktivah in standardih.

	Branje	Pisanje
Začetno stanje taga	Mora vsebovati zapisane podatke	Prazen ali vnaprej vpisan
Proženje procesa	Ukaz čitalnika	Ukaz čitalnika
Notranji mehanizem taga	Pomnilno vključevalno vezje	Vezje za zapisovanje na EEPROM
Število odzivov	Nekaj sto na sekundo	Posamezen tag potrebuje 100 ali več ms
Naslavljanje	Eden na več ali eden na enega	Eden na enega
Sekvenca	Vsi tagi ali izbrani, ki so v področju odčitavanja	Serijsko ali posamezno
Občutljivost na razdaljo	Srednja znotraj efektivnega področja čitanja	Zelo občutljiv znotraj efektivnega področja čitanja
Potrjevanje	Več hkratnih branj	Branje sinhronizirano s fizično izolacijo taga
Odprava napak	Odčita črtno kodo na etiketi	Prekrižan tisk na etiketo enkodiranje naslednje

Tabela 4: Primerjava branja in zapisovanja na tag

2.5 Čitalniki

RFID čitalniki koristijo za delovanje sistem povratnega odseva (backscatter), podoben princip kot pri radarju, kjer »spodbudijo« tag in s tem preberejo njegov odziv. Čitalnik izkoristi svojo anteno za pošiljanje digitalne informacije, enkodirane v amplitudno moduliran (AM) signal. Sprejemni tokokrog taga je sposoben prepoznati modulirano polje, dekodirati informacijo ter uporabiti svojo anteno za pošiljanje šibkega odzivnega AM signala.

Ker je lahko v dosegu čitalnika več tagov, mora ta znati sprejemati in obdelati več odzivov naenkrat, po možnosti stotine v sekundi. Algoritmi za izogib koliziji omogočajo razvrščanje in posamezno izbiranje tagov. Čitalnik lahko postavi določen tag v stanje »sleep«, določene pa »zbudi« in s tem prepreči vpliv neizbranih tagov. Ko je enkrat tag izbran, je čitalnik nad njim zmožen izvesti več operacij, kot je odčitavanje identifikacijske številke ter v nekaterih

primerih zapisovanje podatkov na tag. Čitalnik zatem nadaljuje po vrsti z zbiranjem informacij s preostalimi tagovi.

Obstaja več tipov čitalnikov. Izdeluje jih več podjetij, ki jih razvijajo predvsem za uporabo v preskrbovalnih verigah RFID aplikacij. Na voljo so klasični ročni modeli, čitalniki za mobilno uporabo (na viličarju ali v vozilu), samo z možnostjo odčitavanja (read-only) ali kombinacija čitalnik/enkoder (Slika 10). V tipičnem distribucijskem centru se uporablja set več čitalnikov, kjer je vsak od njih konfiguriran za odčitavanje določenega tipa tagov. Takšna konfiguracija se imenuje *portal*. Portali so lahko nameščeni na sprejemnih nakladalnih vratih, pakirnih linijah, prostoru za natovarjanje npr. v ladjedelnicah, ipd. Mobilni vgradni in ročni čitalniki se lahko uporabljajo za preverjanje tagov, ki niso šli preko portala ali za namen lociranja izdelkov, kot tudi na kamionih.



Slika 10: Tipični fiksni postaji in primer RFID ročnega čitalnika tagov

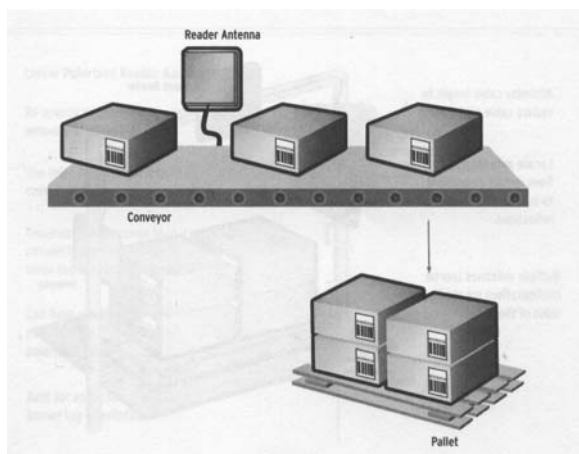
Pri izbiri čitalnika tagov je potrebno biti pozoren na naslednje:

- **delovno frekvenco** - mora ustrezati zahtevam tagov
- **multi protocol** – raznolikost tagov lahko pripelje do različnih brezžičnih protokolov, zato mora čitalnik imeti temu primerno karakteristiko
- **skladnost z lokalnimi predpisi** – izhodna moč je različna, če primerjamo Evropo ali ZDA. Ujemanje frekvece (frequency hopping), je zahteva za ameriško tržišče, ponovitveni cikel (duty cycle) pa za evropski trg
- **možnost mrežnega povezovanja** – je sposobnost vključitve večih čitalnikov skupaj v isto omrežje ter sposobnost komuniciranja z računalniki preko splošno uporabljenih komunikacijskih vmesnikov (kabel ali brezžično), z uporabo RS485, TCP/IP, Ethernet ali 802.11b/g

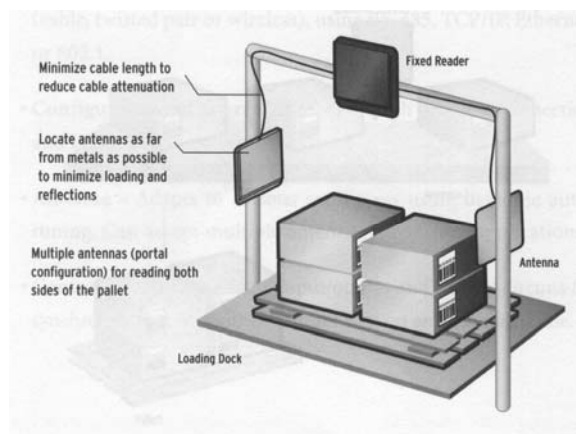
- **sposobnost konfiguracije in nadgradnje** – nastavitve in nadgradnja firmware-a preko omrežne povezave
- **antena** – dinamično se mora prilagajati različnim pogojem, možnost povezovanja z več antenami za uporabo v različnih aplikacijah
- **kontrolni vmesnik** – digitalni vhod/izhod in kontrolno vezje za sinhronizacijo z ostalimi komponentami na avtomatizirani liniji

2.6 Antene čitalnikov

So najbolj občutljiv del RFID sistema. Tipična namestitvev antene na pakirni liniji in nakladalni rampi prikazujeta sliki 11 in 12. Večina anten čitalnikov je vgrajena v ohišja, katerih montaža je enostavna in ima izgled kakor enostavna, tanka škatla. Nastavitve in prilagoditve takšnih anten v sistem so zelo enostavne, predvsem je to uporabno v primeru iskanja in odpravljanja motenj ter napak sistema. Antena mora biti pozicionirana tako, da sta napajanje tagov in sprejem podatkov optimizirana. Odkar standardi in regulative omejujejo oddajno moč čitalnika, je postavitvev antene vitalnega pomena za doseganje čim večje zanesljivosti odčitavanja.



Slika 11: Postavitvev antene na tekočem traku



Slika 12: Antena na nakladalni rampi

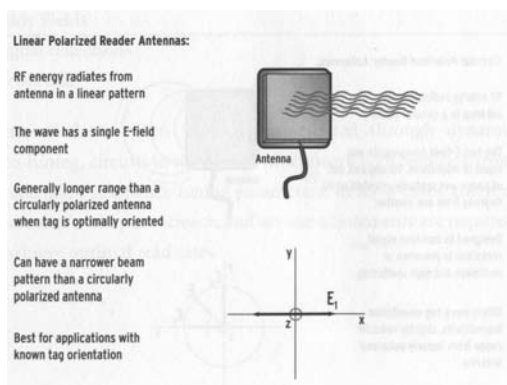
Tri značilnosti anten, ki prispevajo k sposobnosti odčitavanja tagov:

- **Struktura ali prostor, ki ga zaseda** – tridimenzionalno energijsko polje, ki ga antena generira. Imenuje se tudi področje odčitavanja

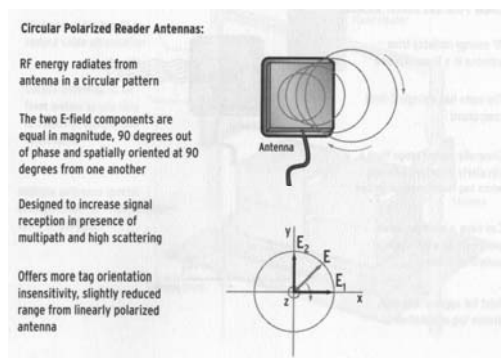
- **Moč in izgube signala** – največja moč čitalne antene je fiksna, v skladu z FCC ter ostalimi regulativami. Signal se lahko zmanjša ali oslabi, tako omejimo področje odčitavanja tagov ali uporabimo samo za tage, katere želimo odčitavat
- **Polarizacija** – orientacija oddajnega elektromagnetnega polja

Linearne antene običajno omogočajo najdaljši doomet, vendar so občutljive na orientacijo taga (slika 13). Predvsem so uporabne v primeru kot je tekoči trak v proizvodnji liniji. Tagi so pričvrščeni na embalažo ali paket v stalno enaki orientaciji, kar omogoča največjo verjetnost odčitavanj.

Krožno polarizacijo omogoča antena, ki narejena tako, da oddaja RF energijo simultano v več smereh (slika 14). Takšna antena nudi velike tolerance za različne orientacije tagov in ni tako zelo občutljiva na odboje ter ovire. S tem se seveda skrajša doomet in usmerjenost.



Slika 13: Linearno polarizirana antena



Slika 14: Krožno polarizirana antena

UHF antene so skoraj vedno nameščene z zunanje strani in povezane na čitalnik preko ozemljenega koaksialnega kabla enake impedance. Povezujemo lahko eno ali več anten kot čitalnik signalov, odvisno od zahtev aplikacije. Antene izbiramo glede na delovno frekvenco in vrsto aplikacije (večsmerna, usmerjena, ...)

Razglasitev antene in šibek signal se lahko pojavita zaradi naslednjih razlogov:

- radiofrekvenčne spremembe signala
- skin-efekti
- izgube zaradi neposredne bližine kovin
- izgube zaradi kabelskih povezav
- pojemanje signala
- bližina drugih anten

- spremembe ambienta
- težave zaradi efekta harmonskih komponent
- motnje (interference) zaradi drugih RF naprav
- odboji signalov

Nekatere od teh običajno neželenih efektov je možno kompenzirati s pomočjo dinamičnih samo nastavitvev (auto-tuning), posebnih vezij v čitalniku.

3 PROIZVODNJA, EPC IN PAMETNE ETIKETE

3.1 RFID tehnologija v proizvodnji in preskrbovalnih verigah

3.1.1 Primerjava s črtno kodo

Črtne kode uporabljamo za označevanje, sledenje proizvodov in podobne aplikacije že več kot petdeset let. Začetki črtne kode segajo v leto 1952. V zadnjih tridesetih letih jo najdemo že skoraj povsod. Klasična masovna uporaba črtne kode je bila nadgrajena za uporabo v industriji, standardizacijo ter izboljšavami tehnologije za tiskanje, etiketiranje in skeniranje.

Tako kot črtne kode pred trideset leti, je danes RFID še precej na začetku množične uporabe. V nasprotju s črtno kodo, razvoj RFID tehnologije in standardizacija le-te nista dozorela vnaprej glede na potrebe v maloprodaji. Duce let je trajalo med standardizacijo UPC črtne kode in resnično potrditvijo ter uporabo s strani večjih trgovcev.

V tem trenutku ne moremo reči, ali se bo sploh kdaj zgodil razcvet RFID tehnologije, oz. ali bo RFID sploh kdaj popolnoma zamenjal druge oblike identifikacije strojev. Nihče ne ve ali bo prišlo do resnične uveljavitve, standardizacije ter dodelave RFID tehnologije in kam nas ta pot pelje.

S črtno kodo smo se seznanili že pred petdesetimi leti. Prva simboogija je bila patentirana v letu 1952, v zadnjih letih pa je navzoča praktično na vsakem koraku. Masovni uporabi črtne kode so sledili trije mehanizmi – odlok za uporabo v industriji, standardizacija in dodelava tehnologije skeniranja in etiketiranja.

3.1.2 RFID standardi za preskrbovalne verige

Začetki standardizacije RFID-ja segajo v oktober leta 1999, ko je Oddelek za mehanski inženiring Inštituta za tehnologijo v Massachusettsu formiral Center za avtomatsko identifikacijo (Auto-ID Center). Ta institucija se je zavzemala za uporabo pasivne oblike RFID tagov in izdelavo proizvodnih tehnik za znižanje stroškov. Želeli so obdržati kolikor je možno preprosto obliko tagov, s tem povezan pomnilnik je bil omejen na nekaj tisoč znakov. Zamišljeni so bili takšni tagi, da služijo kot ključ ali kazalec, ki po brezžični poti poveže artikel z informacijo shranjeno v bazi podatkov, dostopni preko interneta.

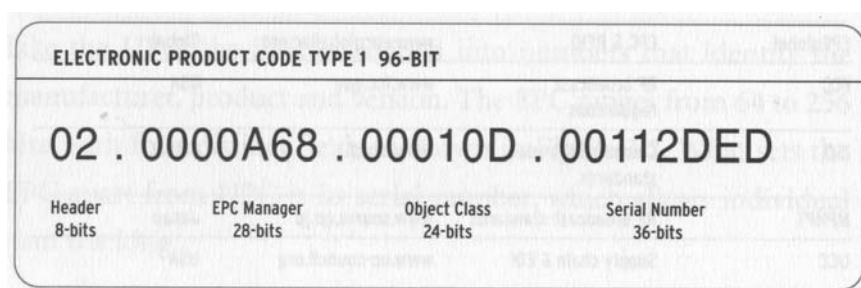
To je vodilo k ideji elektronske kode izdelka EPC (Electronic Product Code), z namenom upravljanja logistike izdelkov široke porabe s tehnologijo RFID, kar pomeni, da preko posebnega, obsežnega ključa povežemo izdelek, zabojnik ali paletu s podrobnimi informacijami o njem, kjerkoli v preskrbovalni verigi. Namen seveda ni bila zamenjava črtne kode. Cilj naj bi bila selitvena pot od črtne kode k RFID-ju.

Auto-ID center se je uradno zaprl konec oktobra 2003 in predal delo novi organizaciji za mednarodne standarde, imenovani EPCglobal Inc.TM. Ta je neprofitno pridruženo podjetje podjetjem GS1 (prej EAN International) in GS1 USTM (prej Uniform Code Council, Inc.[®]), ki imata nadzor nad EAN in UPC črtno kodo. Podjetji GS1 in GS1 US zastopa okrog 100 podružnic z več kot milijon člani v 102 državah širom sveta. EPCglobal Inc. je torej mogočna organizacija, globalno zavezništvo, v katerem sodelujejo največji svetovni izdelovalci in trgovski koncerni, ki poskušajo uresničiti ta koncept.

Na voljo je več organizacij za standarde kot so GS1, EAN, ISO, APICS, CEN in množica drugih, ki so na takšen ali drugačen način povezane z RFID-jem. Kljub razlikam, ki obstajajo med temi organizacijami, se je v zelo kratkem času pojavilo ogromno uskladitev, soglasij in standardov. Takšni konsenzi so bili dovolj, da je nekaj večjih podjetij in ameriško ministrstvo za obrambo prevzelo rizik, ter začelo v svojih preskrbovalnih verigah uporabljati EPC oziroma RFID tehnologijo.

3.2 Elektronska koda EPC

Kot UPC koda, tudi EPC vsebuje števila, ki identificirajo proizvajalca, proizvod in verzijo. EPC vsebuje od 64 do 256 bitov, s štirimi ločenimi polji, kot je prikazano na sliki 15. EPC loči od UPC-ja serijska številka, ki omogoča sledenje posameznega artikla oziroma proizvoda.



Slika 15: Format EPC kode

3.2.1 EPC oblika zapisa

EPC format je odprta oblika, zmožna opisati fizikalno bistvo za številne namene, vključno za aplikacije za preskrbovalno verigo z RFID tagi. Format se lahko uporablja v kodiranju s črtno kodo ter drugih aplikacijah z sposobnostjo strojnega enkodiranja. Splošen format za podatke na EPC tagu vsebuje sledeča področja:

Glava (Header)

8-bitna glava identificira številko verzije kode same.

EPC vodilno število (EPC Manager)

Dolžina 28 bitov, kaže na bistvene podatke organizacije (kot npr. podjetje, vodstvo kraja), ki so odgovorni za vzdrževanje števil v poljih, ki sledijo – razred objekta in serijska številka. EPCglobal dodeljuje glavno vodilno število (General Manager Number) organizaciji oziroma podjetju in za vsako takšno število zagotavlja, da je to unikatno.

Razred objekta (Object Class)

Dolžina 24 bitov, se nanaša na točno določen tip izdelka. Razred objektov se navezuje na vodilno število organizacije in se uporablja za identifikacijo različno pakiranih izdelkov, namenjenih transportu ali/in prodaji. Tudi to število mora biti unikatno znotraj EPC Manager domene. Primeri razreda objekta lahko vsebujejo unikatne številčne identifikatorje (SKU-stock keeping unit) pakiranih artiklov potrošnika ali cestnih znakov ali obcestnih svetlečih količkov ali drugih avtocestnih konstrukcij, kjer vodilno število označuje okrožje.

Serijska številka

Unikatni identifikator za artikel znotraj posameznega razreda objekta. Vodilno število jamči za unikatnost, ne-ponavljanje serijskih števil za vsak posamezen primer znotraj vsakega razreda objekta.

EPC število tipa 1, pri dolžini 96-ih bitov, bo lahko oskrbelo tudi do 268 milijonov podjetij, kjer bo vsako lahko imelo do 16 milijonov razredov z 68 milijardami serijskih števil v vsakem razredu. Pri Class 1¹ tagih je dodatnih 32 bitov EPC-ja namenjenih unikatni

¹ Class – v prevodu pomeni razred tagov; zaradi vsesplošne rabe angleške besede jo uporabljam v originalni obliki

informaciji o izdelku (opis izdelka, končna destinacija, posebna navodila za rokovanje, ipd.), ki se lahko uporablja na vsaki točki preskrbovalne verige.

3.2.2 Predstavitev kode EPC pri standardnih tipih identifikacije

Šest vrst EPC kod je opisanih v EAN.UCC osnutku za standarde tagov. Ti tipi so se razvijali kot črtne kode in kot standard za tage z namenom svojih EPC kodnih shem.

Globalna trgovinska identifikacijska številka (GTIN – Global Trade Identity Number)

GTIN je številka, ki se uporablja za edinstveno identifikacijo prodajnih enot po vsem svetu. *Prodajna enota* je vsaka enota (proizvod ali storitev) o kateri je treba poiskati vnaprejšnje informacije in se lahko cenovno opredeli, naroči ali fakturira za trgovanje med udeleženci v vsaki točki katerekoli preskrbovalne verige.

Identifikacija in simbolno označevanje prodajnih enot omogoča avtomatizacijo maloprodajnega mesta (s pomočjo datotečnih cenikov), prevzema proizvodov, upravljanja zalog, avtomatskega ponovnega naročanja, prodajne analize ter širokega področja drugih poslovnih aplikacij. Kombinacija GTIN in unikatne serijske številke se imenuje serijska GTIN (SGTIN).

Zaporedna koda zabojnika (SSCC – Serial Shipping Container Code)

SSCC je številka, ki se uporablja za edinstveno (enoznačno) identifikacijo logističnih (transportnih in/ali skladiščnih) enot.

Logistična enota je enota poljubne sestave, pripravljena za transport in /ali skladiščenje, ki jo je potrebno upravljati (spremljati) v preskrbovalni verigi.

Skeniranje (odčitavanje) SSCC, označene na vsaki logistični enoti, omogoča posamično zasledovanje in sledenje na podlagi povezave med fizičnim gibanjem enot in z njim povezanim informacijskim tokom. Odpira tudi priložnost uvajanja široke palete aplikacij kot so na primer takojšnje pretovarjanje tovora, usmerjanje tovora, avtomatski prevzem blaga in podobno.

Globalna lokacijska številka (GLN –Global Location Number)

GLN je številka, ki se uporablja za identifikacijo podjetja ali organizacije kot pravne entitete. Uporablja se tudi za identifikacijo fizičnih lokacij ali funkcionalnih entitet v okviru podjetja. Uporaba lokacijskih številčk je prvi pogoj za učinkovito računalniško izmenjavo podatkov.

Globalni identifikator vrnjenih sredstev (GRAI – Global Returnable Asset Identifier)

GRAI je podoben kot GTIN, razlika je samo v tem, da ne vsebuje vrednosti za razred objekta (object class). Primeri za vrnjena sredstva vključujejo sode, palete, plinske jeklenke, pивske sodčke, železniške vagone in prikolice.

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

Uporablja se v podjetjih za označevanje fiksnega inventarja ali lastnine, na primer bolnišnične postelje, računalniki in dostavna vozila.

Unikatni identifikator (UID – Unique Identification)

To število uporablja na primer ameriško ministrstvo za obrambo z namenom sledenju svojih sredstev, ki je bilo usklajeno z EPC standardom.

3.2.3 Primerjava RFID (EPC) in črtne kode (UPC in EAN)

V zadnjih petindvajsetih letih je bila črna koda na prvem mestu pri identifikaciji proizvodov v preskrbovalnih verigah. Črna koda je sicer efektivna, vendar ima določene omejitve. Ključni atributi, ki so vredni razmisleka pri primerjavi črtne kode in RFID sistemov identificiranja bi bili sposobnost in način odčitavanja, hitrost odčitavanja, trajnost taga in običajne etikete, količina hranjenja informacij, fleksibilnost informacij, cena in standardi. Tako se dostikrat pojavi vprašanje ali lahko RFID sistemi popolnoma zamenjajo črtno kodo ali jo samo dopolnjujejo.

Način odčitavanja

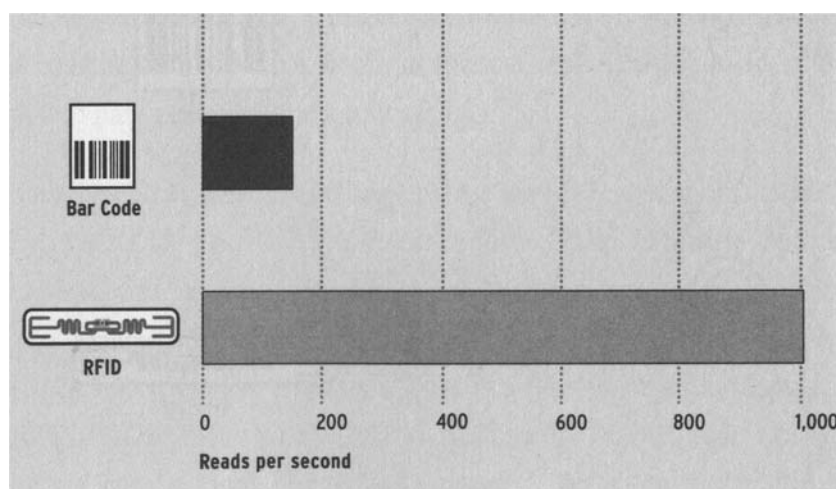
Vid in sluh sta dve različni zadevi. Pogled, ki seže daleč ima sigurno določene prednosti. Optični čitalniki črtne kode nudijo popolno vizualno verifikacijo. Takšen čitalnik takoj javi pravilno odčitano kodo, kot tudi slabo kodo, ki jo lahko takoj povežemo, preko nalepke, z določenim artiklom. To je t.i. povezava »ena-na-ena«.

RFID pa je bolj podoben poslušanju. Ni vezan na razdaljo, kolikor daleč seže pogled, da bi lahko odčitali določen tag. RF signal ima sposobnost razširjanja skozi različne materiale. To predstavlja določeno prednost pri postopkih sprejema in izdaje blaga v skladišču ter pri izvajanju operacij, kjer moramo pridobivati/ zbirati podatke o artiklih, kateri imajo različne položaje in orientacije, kot so npr. distribucijski centri. RFID čitalnik je sposoben razločevati

tage in komunicirati s točno določenim, kljub temu, da se v področju odčitavanja nahaja več tagov. Diskriminacija tagov seveda ne vključuje absolutne fizične lokacije identifikacije, ki jo čitalnik črtne kode ima, ko je usmerjen na točno določeno točko pakirne linije. Tagi, ki se zaradi takšnega ali drugačnega razloga ne odzivajo (t.i. »tihi tagi«), zahtevajo ročno iskanje ali postopek verifikacije, kot tudi pregled celotne palete. Nenadoma je celotna paleta izločena/zadržana. Takšna prekinitev procesa zato zahteva mehanizme za obnovitev te šarže.

Hitrost odčitavanja

Hitrost odčitavanja/skeniranja RFID tagov je precej višja od odčitavanja črtne kode, teoretično 1000 skeniranj na sekundo ali več. To daleč prekaša sistem odčitavanj črtnih kod – ena-na-ena (slika 16). Hitrost RFID sistema je koristna predvsem pri aplikacijah za sprejem in izdajo blaga, kjer morajo biti velike količine artiklov obračunane v zelo kratkem času. Na primer, ko prevzemamo paletu s tagi označenih zabojnikov v skladišče, potem lahko RFID čitalnik identificira vse zabojnike naenkrat, ne da bi bilo potrebno ustaviti, razložiti paletu ter poskenirati vsak zabojnik posebej. Proizvajalci elektronike uporabljajo črtno kodo na primer v fazi sestavljanja tiskalnikov ali računalnikov. V industriji z elektroniko na primer v fazi do končnega izdelka izvedejo tudi do 256 skeniranj s čitalnikom črtne kode. RFID tag lahko zreducira napačne odčitke in pohitri identifikacijo.

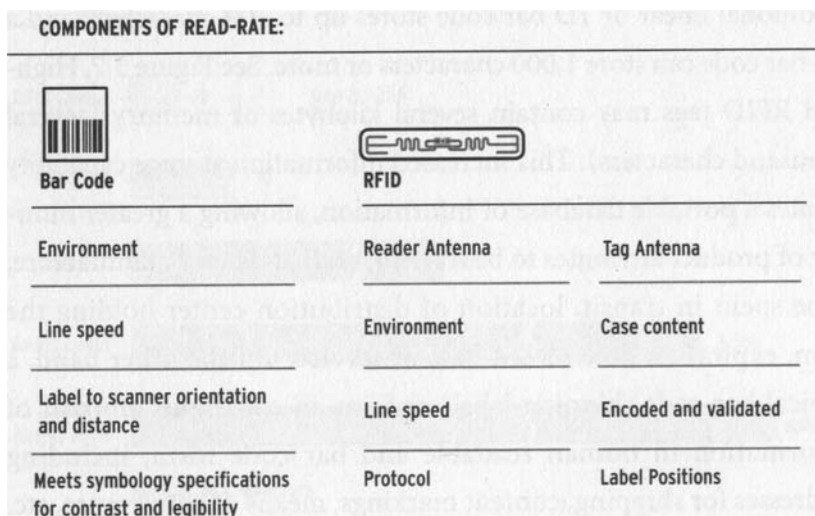


Slika 16: Primerjava hitrosti odčitavanj za črtno kodo in RFID tag

Sposobnost odčitavanja (v zahtevnejših pogojih)

Verjetnost pravih odčitkov, kjer dosegamo vrednosti do 100%, je možna z uporabo identifikacije preko črtne kode, in sicer na visoko-hitrostopnih avtomatiziranih proizvodnih linijah. RFID obljublja višje hitrosti odčitavanj pri enaki ali višji hitrosti proizvodne linije, pri

čemer pa je inženirska praksa šele v povojih. Slika 17 združuje nekatere dejavnike, ki vplivajo na natančnost odčitavanja.



Slika 17: Primerjava kvalitete odčitavanj

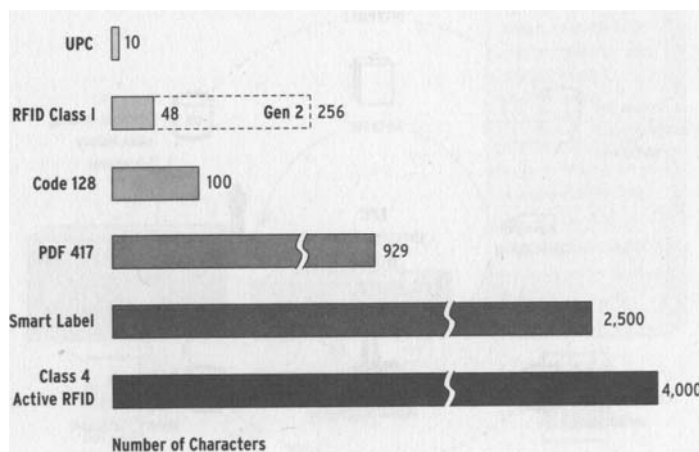
Trpežnost

RFID tagi so lahko vloženi v izredno trden plastičen substrat ali druge podobne materiale. Čeprav so precej bolj trpežni od papirnatih etiket s črtno kodo, so oboji odvisni od lepila, s katerim so pritrjeni na artikel. Črtne kode, ki so vgravirane v plastiko ali na kovino imajo preizkušeno in razumno obdobje obstojnosti v trajanju več let. RFID se lahko uporablja v procesu izdelave in sledenja na primer motornih blokov v okolju, ki je dostikrat prezahtevno za uporabo črtne kode. Tako je tudi trajnost tagov dosti višja od črtne kode. Edini kritičen del pri tagu je spoj med vgrajeno anteno in integriranim vezjem, ki se lahko prereže ali utrga, kar onemogoči delovanje taga, dočim pri poškodbi ali prelomu kode ni nujno, da postane neuporabna.

Shranjevanje podatkov

UPC (črtna koda) sistem identificira klasifikacijo artikla, dočim EPC lahko določi posamezen artikel preko dodeljene serijske številke. V tradicionalne linearne ali eno dimenzijske črtne kode lahko vnesemo do 100 znakov, v dvodimenzionalne pa do 1000 in več (Slika 18). Danes najbolj zmogljivi RFID tagi lahko vsebujejo več kilobajtov pomnilnika. Ta povečana zmogljivost shranjevanja tako ustvari prenosljivo bazo informacij, ki dopušča sledenje večjega števila parametrov posameznega izdelka, kot je datum proizvodnje, čas porabljen za prevoz, lokacija distribucijskega centra, ki drži artikel, datum uporabnosti ali zadnji datum popravila.

Po drugi strani pa tudi tipična transportna črna koda vsebuje precejšnje število informacij v človeku berljivi obliki, kot tudi v sami kodi kot so naslovi prejemnikov, oznake vsebine pošiljke, namen in sredstvo pošiljanja, in podobno. Pametna nalepka združuje obe varianti hranjenja informacij.



Slika 18: Primerjava kapacitet shranjevanja podatkov

Fleksibilnost informacij

Glede na dinamiko podatkov imajo RFID tagi sposobnost zapisovalno/bralnih operacij, ki omogočajo osveževanje podatkov v realnem času v celotni preskrbovalni verigi. Pasivni RFID tagi seveda nimajo možnosti ponovnega zapisovanja podatkov.

EPC število, ki ga zapišemo na tag služi kot ključ za dostop do zunanjih baz podatkov. Takšne baze podatkov podpirajo koncept beleženja s tagi označenih artiklov skozi njihov celoten življenjski cikel. Ta lastnost je izrednega pomena pri načrtu proizvodnje, datumu in lokaciji dobave, prav tako velja, da se lahko vsebnost pošiljke tekom poti spreminja. Prav tako se lahko uporabi črtno kodo za vpis EPC števila ter prav tako služi kot ključ za dostop do zunanjih baz podatkov. V večini preskrbovalnih verig seveda črtne kode niso korišćene na ta način.

Redundance (presežki informacij)

RFID tagi držijo informacije v ujeti obliki, kar pomeni, da je te podatke možno odčitati samo s pomočjo ustreznega RFID čitalnika. Integriteta sistema ni linearna, kar pomeni, da lahko sprejmemo ali zavrnemo tisto, kar pove čitalnik. Črtne kode običajno imajo v neposredni bližini človeku berljivo obliko informacije. V primeru, da pride do napake pri skeniranju,

lahko vsebino te kode takoj vidimo in izvedemo ročni vnos vsebine, kar pa povzroča dodatne zastoje.

Pametne nalepke vsebujejo črtno kodo s človeku berljivo informacijo o vsebini, ki je zapisana v njej, prav tako pa vključujejo vgrajen RFID tag, kar pravzaprav nudi najboljšo rešitev.

Varnost

Črtne kode in tagi uporabljajo enkripcijske rutine, ki podpirajo različne zahteve za varnost podatkov. Dvodimenzionalna matrična koda človeku ni berljiva, enako tudi RFID tag. Nekatere vrste tagov uporabljajo sistem gesel, ki jih delajo neberljive za postopke odčitavanja, kateri ne uporabljajo gesel za dostop do EPC kode.

3.3 Varnost

Obstaja napačna predstava, da so tagi bolj dostopni za kraje informacij kot druge identifikacijske metode. Pojavlja se vprašanje, ali obstaja možnost, da bi lahko nekdo neavtorizirano odčitaval tage, spreminjal njihovo vsebino ali celo uporabljal svoje, ponarejene tage. To je seveda možno, vendar precej težko, saj so »air-interface« protokoli za brezžično komunikacijo, glede na prve izvedbe tagov, precej izboljšani.

Na to temo so bile že narejene različne raziskave, ena od njih se je osredotočila na tatove, ki bi lahko prekrojili vsebino tagov, uporabljenih na dragih artiklih. Predvsem so bili zanimivi tagi, ki imajo možnost branja in vpisovanja podatkov, kjer je varnost dodatno zmanjšana.

Vizija Auto-ID centra je bila izdelava tagov z »licenčno ploščo« - tip podatkov, ki služi kot kazalec za zaščito baz podatkov, ki vsebujejo dejanske informacije o artiklih. Ker se tehnologija tagov razvija in pomnilnik povečuje, obstaja tako več informacij shranjenih na tag, občutljivih in zanimivih za krajo.

Trenutno količina informacij, vpisanih na tag v večini primerov ne presega količino podatkov, zapisanih v črtni kodi. EPC tag nudi tako unikatno klasifikacijo artikla, vir identifikacije in serijsko številko. Ceno in druge pomembne informacije pa so shranjene v zunanjih računalniških bazah, z zelo dobro zaščito. EPC je seveda zaščiten tudi z geslom. Prav tako so lahko tagi nastavljeni na »tih način« delovanja (quiet mode) in se ne odzivajo brez uporabe pravega gesla. Tabela 5 predstavlja osnovne varnostne mere, ki so del niza ukazov dosedanjega ter prihajajočega standarda tagov Gen 2.

Značilnosti	Opis	Vrste tagov
Zaklenjen (lock)	Zaščita pred pisanjem, ki prepreči ponovno programiranje, uporaba gesla	Class 0+, 1, Ucode 1.19 in Gen 2
Enkripcija	Enkodiranje EPC	Class 0+, 1 in Gen 2
Kill funkcija	Popolnoma onemogoči tag	Class 0+, 1 in Gen 2

Tabela 5: Oris osnovnih varnostnih funkcij tagov

3.3.1 Razširitve pri varnosti pri Gen 2 specifikacijah

Ena od izpopolnitev pri Gen2 specifikacijah je tudi izboljšava varnosti. Če primerjamo Gen 2 varnostna merila s trenutnim modelom varnosti omrežij lahko dobimo oceno, kako dobro so lahko zaščiteni RFID sistemi. ISO 7498 so specifikacije, ki se uporabljajo za preizkušanje varnosti brezžičnih omrežnih arhitektur. Definira jih (specifikacije ISO 7498) osem glavnih kategorij:

- **overovitev** - se običajno uporablja pri začetku povezave, autentikacija preverja zahtevano identiteto na določenem mestu v določenem trenutku
- **kontrola dostopa** - zaščita pred neavtorizirano uporabo informacij z RFID sistema kot je branje, zapisovanje ali brisanje podatkov
- **zaupnost podatkov** - zaščita proti neavtoriziranemu razkrivanju informacij
- **integriteta podatkov** - zaščita proti aktivnim grožnjam veljavnosti podatkov
- **(ne) zavrnitev podatkov** - zaščita zoper pošiljatelje ali prejemnike podatkov, zanikanje, da so podatki bili poslani. Gen 2 specifikacije opisujejo ukaze in protokol med čitalnikom in populacijo tagov, kakor tudi med čitalnikom in računalnikom. Oba načina komunikacije sta lahko brezžična, kar dodatno ogroža varnost. Jasno je, da delamo z minimalnim rizikom, če je samo en tag ogrožen, nevarnost se stopnjuje, če se vsiljivec znese nad celotno populacijo tagov, nadzorni sistem, bazo podatkov v skladišču, postopke izvajanj v preskrbovalni verigi in tako naprej. EPCglobal je zato vpoklical podjetje VeriSign, Inc., da pomaga implementirati varnostna merila.

V popolno implementiranem varnostnem modelu za Gen 2 RFID sistem ima vsak nivo številne mehanizme, ki doprinesejo enega ali do pet varnostnih delov, ki so določeni v ISO 7498.

- Overovljanje med čitalnikom in tagom – vsaki od štirih pomnilnih enot taga lahko dodelimo svoje 32-bitno geslo, ki ga mora čitalnik poslati tagu za svojo overovitev in začetek postopka komunikacije

- Kontrola dostopa med čitalnikom in tagom – zahteva se geslo, ki omogoča inicializacijo različnih ukazov taga, npr. izbor, branje, vpisovanje, brisanje, zaklepanje ali deaktivacijo. Zaščita z 32-bitnim geslom se odraža v štirih milijardah kombinacij, ki naredi sistem varnejši. Dodatno pa so na tag zapisani podatki lahko perma-zaklenjeni, kar onemogoča spreminjanje ali prepisovanje.
- Zaupnost podatkov med čitalnikom in tagom – za zagotavljanje zaupnosti podatkov, čitalnik najprej izvede prikrito kodiranje prenosa z zahtevo po pošiljanju 16-bitnega naključnega števila s strani taga. Čitalnik premeša prejeto število s podatki in vse skupaj pošlje tagu. Tag spremeni mešanico cifer ter išče ustrezen nabor znakov znotraj dometa prenosa vsakega čitalnika, ki je aktiven. Prikrito kodiranje pomaga vzdrževati zaupnost v smislu povezave ena-na-ena in s tem preprečiti prestrezanje gesel in podatkov s čitalnika.
- Integriteta med čitalnikom in tagom – Podvojen signal v obliki valovanja, protokol in 16-bitni CRC zagotavljajo integriteto. Ko se podatki pretakajo s taga na čitalnik, pomnilnik hrani obliko signala, ki se uporabi za identifikacijo in korekcije morebitnih dvoumnih delov prenosa. Ko je prenos gotov, čitalnik pregleda obliko signala ter preveri kontrolne bite prenosa s tistimi, ki jih zahteva tag. Potem preveri še zaključni CRC. Dodatno lahko čitalnik primerja podatke taga s tistimi v bazi računalnika (kot dodatna potrditev). Gen 2 ima možnost uporabe dodatnih kontrolnih bitov za sledenje prenosom z več kot enim čitalnikom. To prepreči motenje med čitalniki in pravilno delovanje pri menjavi posameznega taga z različnimi čitalniki.
- Zavračanje podatkov med čitalnikom in tagom – potrjevalni ukaz se uporablja z namenom omogočanja ne-zavračanja tagov. Dodatno ozek časovni interval za odziv na klic v dolžini 4 ms (milisekund) prepreči navidezne odčitke in proži ponovitev izmenjave.

Varnostna merila za RFID preskrbovalne verige so sicer ranljiva, vendar presegajo zaščito črtnih kod. Kot primer lahko navedem, da ima marsikdo laserski tiskalnik, s katerim lahko natisne kode artiklov z nizkimi cenami in jih nalepi na drage artikle in tako na samopostrežni blagajni z laserskim skenerjem dobi obračunano nižjo ceno. Prevara čitalnika črtne kode je bolj skrita kot ponarejanje nalepk s črtno kodo, ampak varovanje pri čitalniku in na nivoju plačilnega sistema lahko precej enostavno zazna prevaro. Sistem za plačilo lahko primerja EPC kodo z dejanskim stanjem imetja in določi ali je koda veljavna, klonirana ali ponarejena.

Kadar gledamo na zadevo kot zaključen sistem je jasno, da bo RFID izboljšal avtomatiko zaznavanja in preprečil izgubo znotraj preskrbovalne verige. Na paleti, zabojniku ali eventualno na nivoju artikla RFID zreducira kakršnekoli nejasne primanjkljaje, izgube artiklov ali kraje zaposlenih. EPC pravno veljavno preverjanje je omogočeno tudi za farmacevtske označevalne in sledilne sisteme z namenom preprečevanja kraje zdravil. V maloprodaji bo EPC prav tako lahko avtomatsko registrirala kupca za primer uveljavljanja garancije, popustov in ustreznost za vračilo kupljenega blaga, ter omogočila kupcu varnost in druge ugodnosti.

3.3.2 Skrbi s strani potrošnikov zaradi RFID - ja

Čeprav se trenutne RFID implementacije navezujejo predvsem na palete in zabojnike preskrbovalnih verig, pa je dolgoročno gledano cilj v maloprodaji označevanje posameznih artiklov s tagi. Zgodnji poskusi in zgodbe iz medijev, kakor tudi nasprotovanje s strani odvetnikov proti njihovi uporabi za označevanju artiklov s tagi so med ljudmi povečali skrb glede RFID-ja. Problem naj bi bila kršitev zasebnosti posameznikov, ki uporabljajo artikle z vstavljenim tagom.

Prodajna industrija ugotavlja, da javne (ne)odobritve ne morejo jemati kot najbolj verodostojno informacijo. Zato je EPCglobal sprejel smernice za uporabo EPC-ja na produktih. Napotki so jasno definirani in odpravljajo skrbi kupcev na problematičnih področjih in sicer:

- Obvestilo potrošniku (prepoznavnost) – potrošniku bo podano preko EPC logotipa ali v pisni označbi, če je EPC koda prisotna na izdelku ali pakiranju
- Možnost izbire - potrošnik bo informiran o možnostih, ki so na voljo za preklic, odstranitev ali deaktivacijo EPC tagov s pridobljenih izdelkov. Za večino izdelkov je predvideno, da se bo tag nahajal na odstranljivem delu pakiranja ali bo kako drugače odstranljiv. EPCglobal se preko dobaviteljev tehnologije za RFID zavezuje, da bo še naprej iskal dodatne učinkovite, poceni, za potrošnika zaupanja vredne alternative.
- Izobraževanje – potrošnik bo imel možnost enostavnega pridobivanja natančnih informacij o EPC označevanju in rešitvah, kakor tudi tehnoloških spremembah. Podjetja, ki uporabljajo EPC tage na nivoju potrošnikov, bodo seznanjale potrošnike s pomenom EPC logotipa ter potrošniku približala to tehnologijo in njene koristi. EPCglobal bo

deloval tudi kot neke vrste nadzorni organ za podjetja in potrošnike ter odpravljaj neskladja in odstopanja od EPC določil.

- Uporaba beleženja, hranjenja in varnosti – elektronska koda izdelka EPC ne vsebuje, zbira ali hrani osebnih podatkov potrošnika. Kot pri konvencionalni metodi, se podatki, vezani na EPC zbirajo, uporabljajo, vzdržujejo, hranijo in so zaščiteni s strani podjetij včlanjenih v EPCglobal tudi po ustrezni zakonsko pravni poti. Podjetja bodo objavila, v skladu z zakonom, informacije o svoji strategiji in politiki glede zadrževanja, uporabi in zaščiti kakršnihkoli osebnih podatkov vezanih na uporabo EPC kode.

3.4 Pametne etikete

Namenjene so identifikaciji izdelkov, logistični informaciji za podporo pri pošiljanju in rokovanju s paletami in paketi od izdelave izdelka pa vse do mesta prodaje. Pametne etikete so nalepke, ki z dodatno implementiranim RFID tagom nosijo vse informacije o paleti, zabojniku ali izdelku znotraj preskrbovalne verige. Na pametnih etiketah lahko obdržimo enak ali podoben format zapisa podatkov z obstoječo črtno kodo, dodan je le RFID. Dejansko RFID tag postane tako imenovana brezžična črtna koda.

Pametne nalepke poskrbijo za ustrezen in ekonomičen način vključevanja tagov v distribucijski proces. Nudijo izdatnejši set podatkov od nalepke s črtno kodo ali RFID taga samega. S kombinacijo črtne kode in človeku berljivimi podatki na etiketi skupaj z elektronskimi podatki omogoča izpopolnitve, ki jih posamezni, prej omenjeni metodi identifikacije ne omogočata. Podrejajo se potrošnikovim in industrijskim merilom z vidno indikacijo, da gre za paket z RFID tagom. Tisk in zapisovanje na pametne nalepke se bodisi izvede glede na sprotne zahteve ali predtiska in predkodira za kasnejše označevanje šaržnih paketov. Etiketa dodatno ščiti tag pred vplivi toplote, umazanje in vlage.

Pametne etikete naj bi bile najenostavnejše, najmanj dojemljive za poškodbe, cenovno ugoden način za implementacijo RFID-ja. Niso primerne samo za aplikacije za označevanje zabojnikov in palet v preskrbovalnih verigah ampak se lahko uporabljajo tudi v številnih drugih aplikacijah v zaprtih prostorih, kot na primer sprejem blaga, izbira prevoznih poti v skladišču, delo z zalogami, različne faze procesov v proizvodnji, delo s kemikalijami in drugimi škodljivimi snovmi, spremljanje osnovnih sredstev.

Pametne nalepke nudijo ustrezen način označevanja izdelka ali sredstva s tagi. Če uporabnik že koristi črtno kodo v svojih delovnih procesih, lahko prehod na pametno nalepko vključuje integracijo in ponovno uporabo vpeljanih procesov, in sicer kjer:

- se ohranja tiskanje na zahtevo in fleksibilnost aplikacije
- se etiketiranje izvede na primerni točki v pakirno/odpremnem procesu
- RFID integracija ustreza majhnemu prostoru za tiskalnik pametnih nalepk
- so na voljo avtomatizirane in aplikacije s prisotnostjo operaterja
- lahko predvidimo zanesljivo enkodiranje tagov, brez dodatnega inženirskega dela po meri
- sta potrjevanje tagov in odpravljanje napak vgrajena v sistem
- so ukazi za enkodiranje in tiskanje pametnih etiket na voljo z omrežja povsod v proizvodnji
- sta preskok na nov sistem in integracija poenostavljena s pomočjo orodij za enostavno pretvorbo, kot tudi programskih modulov za vgradnjo na več mestih preskrbovalne verige ter vključen izvršni sistem za dobavitelje, da torej ni potrebno ponovno pisati aplikacijskih programov od začetka

3.4.1 Anatomija pametne etikete

Slika 19 prikazuje obe strani pametne nalepke. Gornja površina služi tisku standardne črtne kode in ostalih podatkov artikla v tekstovni obliki. V sredini je stisnjen RFID tag, na dnu pa je nosilni silikonski papir. Tako imenovan etiketni »sendvič« je običajno sestavljen iz sedmih delov – iz podlage oziroma nosilnega traku, površina traku za enostavno ločitev etikete, nanos lepila s spodnje strani taga, tag, nanos lepila s spodnje strani etikete, jedro etikete, površina etikete. Podjetja, ki etikete izdelujejo, jih pakirajo v različnih velikostnih razredih in tipih materialov, odvisno od zahtev aplikacij. Na primer »zavita« ali »valovita« antena sta oblikovani za aplikacije za splošno uporabo. »Štiri-T« antena z dvojnimi dipolom pa je oblikovana tako, da so paketi lahko zasukani v več orientacijah.

Ker tržišče s pametnimi nalepkami raste, lahko pričakujemo tudi večanje različnih tipov etiket kot tudi virov izdelave. Marsikatero podjetje se odloča za neodvisno izdelavo integriranih vezij tagov, kreirajo svojo obliko antene ter razvijajo nove substrate in druge komponente za izboljšanje odčitavanja in trdnosti svojih izdelkov.



Slika 19: Pogled obeh strani pametne etikete

Izdelava takšnih raznolikih pametnih etiket naj bi imela visoke donose in nizke cene v lovu za tržni delež. Odkar produkcija velikih količin etiket dramatično niža ceno, bi se znale cene pametnih etiket v naslednjih letih tudi zvišati, preden zopet upadejo. Razlog so visoke investicije za izdelavo raznovrstnih nožev za odrez etiket in možnost kandidiranja na tržišču, dočim morajo uporabniki izbirati na relativno majhnem trgu s podobnimi cenami, prav tako je pričakovan premik pri novih Gen 2 tagih ter dodatno efekt »ena velikost za vse« oblik anten in etiket.

Pametne nalepke niso narejene na takšen način kot običajne etikete. Vsebujejo namreč elektronske komponente, ki lahko v fazi izdelave naredijo tag neuporaben zaradi slabo izvedene montaže, mehanskih poškodb, napačnega rokovanja s komponentami ter elektrostatične razelektritve (ESD). Tagi, kjer parametri kažejo delovanje izven predpisanih vrednosti moči UHF »air-interface« specifikacij zaradi kakršnega koli razloga, so poimenovani »tihi« tagi. Takšni tagi bodo ostali vir diskusij, saj industrija izboljšuje standarde za kvaliteto tagov in testiranja.

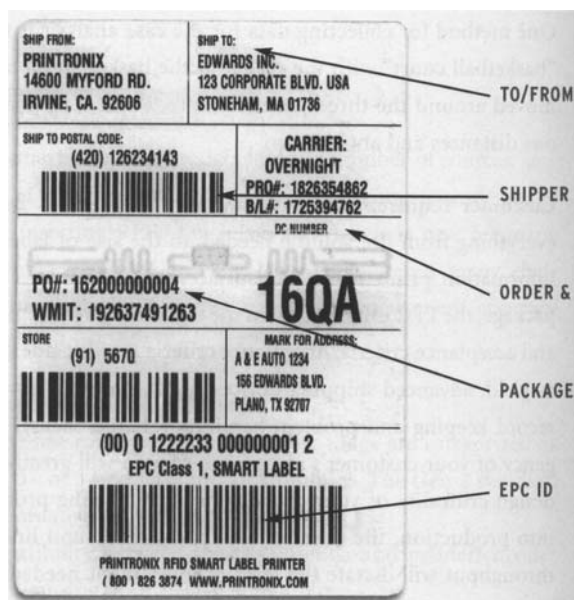
Kljub želji po doseganju potrebnega stoodstotnega odčitavanja na tržišču, pa trenutni pretvorniki (konverterji) pametnih etiket omogočajo takšno garancijo le v trenutku pošiljanja. Vrši se preverjanje tagov za določitev točnega izmeta, potem odstranijo in zamenjajo poškodovane etikete ali pošljejo ekstra količine etiket v višini primanjkljaja do stotih odstotkov. Nekateri proizvajalci tiskalnikov/enkoderjev to skrb rešujejo s točno določenimi tipi etiket, ki so certificirani za delovanje z njihovimi tiskalniki.

3.4.2 Izbira ustrezne pametne etikete

Pametne nalepke so na voljo v rolah ali v obliki perforiranih kartončkov ali etiket, različnih količin, dimenzij in materialov. Med njimi lahko najdemo formate pametnih nalepk, ki bi lahko bili direktna zamenjava za obstoječe etikete s črtno kodo in bi tako ustrezali standardom podjetja kot tudi normativom preskrbovalne verige (posebne etikete za vojaške namene, etikete za uporabo pri zelo nizkih temperaturah v trazužijskih centrih, etikete za nadzor zdravil v farmacevtskih verigah, ...). Uporabljali naj bi se trije osnovni kriteriji za izbiro:

Zahteve za etiketiranje

Informacija, ki se natisne na etiketo in vgrajeni tag morata identificirati vsebino paketa in pokazati stanje v preskrbovalni verigi. Informacija o preskrbovalni verigi vključuje naziv proizvajalca, pošiljatelja ali špediterja, prejemnika in posebne zahteve za rokovanje s pošiljko. Slika 20 prikazuje tipičen primer takšne etikete s področji za naslove in strojno prepoznavanje. Količina informacij na prikazani etiketi dejansko presega tisto, kar je shranjeno v EPC formatu na RFID tagu. EPC kode so bile oblikovane kot »števila licenčne plošče«, ki se sklicujejo na zapise v zunanji bazi podatkov, kjer so navedene vse podrobnosti.



Slika 20: Tipična oblika etikete za označevanje zabojnikov

Zahteve aplikacij

Sposobnost odčitavanja taga je glavni dejavnik. Zahteva se celotna analiza paketa za zagotovitev odčitavanja. Analiza zahteva natančno oceno vsebine paketa, obliko paketa,

pozicijo etikete in postopek apliciranja etikete. Vsebina in oblika paketa vplivata na kvaliteto odčitavanja posebno, če se uporabljajo kovinski deli, tekočine, ogljikova vlakna (problem visoke dielektričnosti, ki slabi UHF signal) ali sol. To vpliva na položaj in vrsto uporabljene etikete ter pozicijo paketa, ko se giblje skozi proces odčitavanja oziroma sledenja. Zahteve po vrsti rokovanja ali hranjenja paketa narekuje izbiro poliestrskega ali papirnega materiala pri višjih temperaturah, kot tudi uporabo ustreznega lepila taga za pogoje pri nižjih temperaturah.

Zahteve uporabnika

Specifikacije s strani uporabnika določajo večino parametrov, od volumna, velikosti uporabljenih etiket, informacij natisnjenih na etiketi, lokacije etikete na paketu, EPC informacije na tagu, protokol med čitalnikom in tagom ter kriterij odstopanj. Ta lahko vključuje velikost izmeta tagov, integracijo naprednega obveščanja o pošiljkah (ASN), zakonska veljavnost, hranjenje zapisov in težave z rokovanjem pošiljk. Ker se proces etiketiranja ponavadi izvaja direktno na proizvodnji liniji je potrebno poznati hitrost delovanja takšne linije in potrebne stroške za integracijo, ki se morajo ujemati z zahtevami uporabnika.

Izbira postavitve pametne etikete na paket ni tako enostavna kot izbira običajne etikete s črtno kodo. Pravilno preizkušanje in minimalizacija napak sta dva večjih izzivov, s katerimi se srečujejo podjetja, ki želijo zadovoljiti RFID standarde. Analiza paketov običajno določa izbiro ustreznih etiket, kakor tudi omogoča uparitev aplikacije s tagom, obliko antene in lokacijo.

3.4.3 Certificiranje etiket

Čeprav so pametne nalepke na voljo že iz številnih virov, so lahko nekatere v neskladju z določenimi RFID tiskalniki. Za mnoge proizvajalce, ki izdelujejo nalepke, je postopek vgrajevanja tagov v etikete še čisto nov. Spopadajo se z različnimi izzivi, posebno s problemom elektrostatične razelektritve (ESD), natančnim pozicioniranjem in testiranjem taga.

Razlogi za nekompatibilnost vključujejo:

- Tip taga ne ustreza enkoderju (tagi so kategorizirani kot razred 0, 0+ ali 1 in so med seboj nekompatibilni. Gen 2 standard odpravlja ta problem.)
- Neskladje med anteno taga in enkoderjem tiskalnika povzroča nezadovoljivo bližnjemagnetno sklapanje
- Tag je na etiketi nepravilno pozicioniran glede na enkoder tiskalnika

- Površina etikete mora biti ustrezna za kvaliteten odtis preko folije (termo transfer oz. termalni prenos) ali direktno termalnega tiska
- Lepilo etikete mora ustrezati površini paketa, na katerega se bo aplicirala

Etiketiranje palet, zabojnikov in podobno zahteva tudi visoko kvaliteten odtis na etiketah. Etikete, ki se težko ali neenakomerno odlepljajo od nosilne podlage, bodo povzročale napake ter posredovanje uporabnika oziroma vzdrževalca sistema. Prav tako lahko slaba kvaliteta povzroči neželen dvig etikete v tiskalniku, gnetenje le-te in zastoj ali poškodovanja v fazi odlepljanja. Pomembna je skladnost notranjega premera kartonastega jedra navitja etiket z njihovo dimenzijo, da ne pride do efekta zvijanja in poškodovanja taga v procesu tiskanja, kakor tudi težav vpihovanja odlepljenih etiket na artikel ali paket.

Certificirane etikete so testirane tako, da lahko izločimo problem nekompatibilnosti ter zagotovimo optimalno kvaliteto pametne etikete. Certificiranje je izredno pomembno predvsem pri RFID nalepkah, saj ne smemo pozabiti na programiranje in sinhronizacijo taga s podatki, natisnjenimi na površino etikete, vse v okviru ene ali nekaj sekund. Eno procenten izmet pri tisku bi torej pri produkciji 40-ih etiket/minuto pomenil skoraj 200 kosov izločenih etiket.

3.4.4 Enkodiranje, tiskanje in verifikacija pametnih etiket

Najpogosteje se za tiskanje etiket uporabljajo tiskalniki s termalnim prenosom. Tiskalno glavo sestavlja množica drobnih grelnih elementov, ki preko natančnega krmilnega sistema segrevajo toplotno občutljivo etiketo (direktno termalni in manj obstojen princip) ali voščeno oziroma smolnato folijo, s katere se »črnilo« prenese na površino etikete kar pusti obstojnejši in kvalitetnejši odtis. Pametne nalepke se proizvajajo v kolutih v različnih velikostih in se skupaj s folijo vstavljajo v RFID tiskalnik.

Večina pasivnih UHF tagov v osnovi ne vsebuje podatkov. Zahtevajo korak enkodiranja za nalaganje podatkov. Enkodiranje se lahko izvede z RFID tiskalnikom ali kakšnim drugim samostojnim čitalnikom, ki ustreza določenemu tagu. Potrebno je povedati, da je naziv »čitalnik« (reader) splošen izraz, ki definira napravo, katera lahko na RFID tag zapisuje (enkodira) podatke ali jih bere z njega. Tiskalnik pametnih etiket tako predstavlja idealno osnovo za postopek enkodiranja tagov iz večih razlogov:

Singulacija

Ko beremo vsebino tagov, začne čitalnik sestavljati seznam tagov, od katerih lahko vsakega posebej izbere. Ko zapisujemo podatke na tag, mora čitalnik nasloviti vsak tag posebej. Zelo pomembna je izolacija posameznega taga iz množice ostalih, da preprečimo programiranje napačnega. »Prazni« (blank) tagi se ne odzovejo na klic. Nekateri imajo zapisan samo »null« ali kakšno drugo kodo, ki se vnese s strani proizvajalca med končnim testiranjem taga. Čitalnik tako lahko dobi od takšnih tagov enak odziv. Edini način za sinhronizacijo čitalnika z ustreznim tagom tipa »null« ali »blank« je pozicioniranje znotraj okna odčitavanja. Tako ima čitalnik vedno samo en tag znotraj dosega. Enkoder tiskalnika izvaja to nalogo v kontroliranem okolju.

Bližina

V razdalji ene valovne dolžine ($\lambda/2\pi$) od vira napajanja lahko prevodne snovi zaznavajo bližnje magnetno polje oz. magnetni sklop. Energija se pretaka v smeri magnetnega polja. Energija bližnje magnetnega polja je podobna neke vrste električnemu motorju ali transformatorju. Pri več kot eni valovni dolžini se radijski valovi ločijo in razširjajo tako, da niso več poravnani z magnetnim poljem. Energija upada s kvadratom razdalje. Pri frekvenci 900Mhz se bližnje polje poruši že pri razdalji nekaj centimetrov od vira, zato antena čitalnika, ki je oddaljena več kot 30 cm od taga, ne more izkoristiti bližnjega magnetnega sklopa. V tiskalniku je enota za enkodiranje postavljena tako, da optimalno izkorišča prenos energije bližnjega polja.

Moč in trajanje

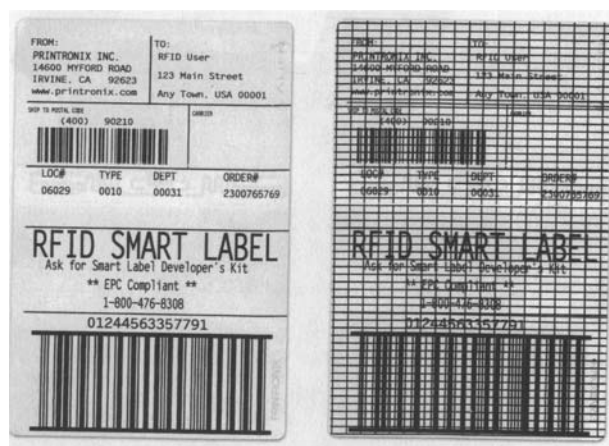
Če primerjamo postopek branja z zapisovanjem ugotovimo, da le-ta zahteva višjo porabo moči in daljše trajanje. Tag mora biti sposoben pridobiti dovolj energije s čitalnika, da bi lahko poganjal tokokrog za svoje programiranje. Tag mora biti ves čas programiranja v ustrezni bližini čitalnika.

Pozorni moramo biti tudi na problem singulacije, saj se lahko več tagov odzove na čitalnik. V primeru RFID tiskalnika so tagi vgrajeni v pametne nalepke na kolutu in so med seboj ločeni na predpisani razdalji. Ločevanje dosežemo z obliko, položajem in nastavitvijo antene znotraj ohišja tiskalnika. Uporablja se velika bližina antene do taga, da izkoristimo bližnji elektromagnetni sklop s tagom. Čas tiska nalepke in enkodiranja vgrajenega taga je zaradi trajanja zapisovanja podatkov v tag daljši, kot sam tisk nalepk s črtno kodo. Stremimo seveda

k čim natančnejšemu in hitremu zapisovanju pametnih nalepk, kot tudi veljavnosti zapisanih podatkov z možnostjo ustreznih rutin za odpravo napak, ki zmanjšajo število nepravilno zapisanih tagov in na koncu pametnih, ki se aplicirajo na embalažo.

Termični tiskalnik z vgrajenim enkoderjem uporablja sledeč postopek zapisovanja podatkov na pametne nalepke in sicer:

- a) Tiskalnik prejema programske ukaze s PC-ja. Ko je enkrat pametna etiketa v ustreznem položaju, izvede čitalnik tiskalnika pred-preverjanje. Nekateri tagi imajo vpisan »null« podatek s strani proizvajalca kot del testnega sistema parametrov. Takšni tagi pomagajo ločevati dobre tage od tihih, ki lahko uidejo detekciji v fazi izdelave pametnih etiket. Če pri pred-preverjanju zaznamo tihi tag, ga tiskalnik določi za neveljavnega tako, da nanj izpiše prekrižane črte ali drobno mrežo (Slika 21)



Slika 21: Primer pravilno zapisane in tihe pametne tikete

- b) Posamezen programski ukaz s strani čitalnika tiskalnika programira tag. Ta vsebuje sekvenco brisanja, zapisovanja, ponovnega branja in verificiranja, ki poteka pri zapisovanju EPC podatkov na tag. Podatki ne morejo biti zapisani samo delno. Faza zapisovanja prepíše podatke, ki morda že/še obstajajo na tagu. Če fazi ponovnega branja in verifikacije nista uspeli, se postopek zapisovanja ponovi.
- c) Čitalnik tiskalnika zatem izvede postopek ponovnega branja s taga oz. potrjevanja pravilnosti podatkov. Če verifikacija ne more biti potrjena, se etiketa potiska s pred-definirano predlogo (prekrižane črte ali mreža črt) in izvrže iz tiskalnika.

- d) Etikete z verificiranimi tagi se potiskajo s črtno kodo in tekstovnimi polji s pridruženim EPC številom.
- e) Če ima tiskalnik vgrajen še verifikator črtne kode (ODV – online data validation), lahko preverjamo še pravilnost tiska črtne kode z dodatnim čitalnikom črtne kode takoj ob izhodu iz tiskalnika. Verifikator primerja odčitano črtno kodo z ANSI standardi, ter gleda dimenzijska odstopanja (neravnost robov, širino in razmerje presledkov in črt, zamazanost, odbojnost površine, tiha področja (quiet zones) na začetku in koncu kode, pravilnost kontrolnega znaka ter sposobnost enkodiranja. Če koda ne ustreza, lahko tiskalnik vrne etiketo nazaj in jo še enkrat natisne tako, da se jo prepozna kot neuporabno in jo takšno izvrže iz tiskalnika.
- f) Vsi podatki o vpisani etiketi se evidentirajo na računalniku.
- g) Če je v tiskalnik vgrajen v aplikator ali druge komponente za pakirno linijo, bo tiskalnik lahko komuniciral z logičnimi kontrolerji, ki bodo sprožili naslednje korake v produkcijski liniji.

3.4.5 Težave pri odčitavanju

Pravilno enkodiran tag s strani tiskalnika pametnih etiket je še korak naprej k doseganju 100 odstotnega odčitavanja podatkov z zabojnikov in palet. Področje, ki ga pri takšnih sistemih ne smemo zanemariti je iskanje in odprava napak. Največkrat prihaja do napak v primerih, ko so vprašljive naslednje postavke:

- Kompatibilnost tagov in čitalnika
- Doseg odčitavanja ter hitrost premikanja etiket skozi področje branja
- Orientacija taga proti čitalniku
- Elektromagnetne motnje okolice
- Motnje s strani vsebine zabojnikov
- Poškodbe etiket pri apliciranju
- Namestitev etikete na pakiranje v skladu z vsebino zabojnika

Zaželeno je dodatno beleženje verificiranih črtnih kod in tagov, ki služi kot končni test pri preverjanju skladnosti zapisanih podatkov proti željenim, ko je etiketa popolnoma izdelana.

3.4.6 Primerjava pametnih nalepk z drugimi pristopi

Obstaja nekaj alternativnih rešitev za poenostavitev in pohitritev določenih sistemov in aplikacij, ki jih bomo primerjali z uporabo pametnih etiket.

Tagi, ki so že vgrajeni v zabojnike

Izpostavljeno nagrbnčeno pakiranje z vgrajenim RFID-jem ima nekaj zanimivih karakteristik, ki so najbolj znane po tem, da izločimo postopek izdelave in pravilnega nameščanja taga v fazi pakiranja in pečatenja paketa. Enkodiranje se lahko zgodi pred ali po pakiranju. S tem lahko dobavitelji znižajo stroške zaradi zajemanja podatkov in integracije tagov. Pomanjkljivost bi lahko vključevala stroške in vključitev vodenja pakiranj z in brez RFID-ja. Druga slaba stran vključuje primanjkljaj jasnega označevanja za RF, pomanjkljiva podpora identifikaciji tistega, kar je bilo sprogramirano na tag, potencialno visoki stroški ponovne izdelave in vgradnje taga, če bi bilo to potrebno, sprememba lokacije taga ni možna. Industrijski analitiki napovedujejo, da bi pakirna podjetja potrebovala 3 do 4 leta, da premagajo fizično prepreko in dajo na voljo izčrpno ponudbo. Popravljanje napak, ponovna izvedba, vračilo stroškov so dejavniki, ki lahko dejansko zelo povišajo stroške.

Paleta in tovor z vgrajenimi permanentnimi RFID tagi

Kot lahko palete nudijo preprost pristop za označevanje na nivoju palet, še posebej, če gre za programabilne tage in takšne palete, kjer se uporabljajo stalno enake premestitvene poti v preskrbovalni verigi, velja podobno tudi pri dobavi, direktno v trgovine, kjer tovor s fiksnimi tagi lahko izboljša sprejemljivost. Takšen pristop ustreza tudi aplikacijam, ki uporabljajo tage v proizvodnih postopkih izdelave določenega izdelka. Pomanjkljivost v primerjavi s pametno nalepko vključuje težave pri enkodiranju unikatnih EPC vrednosti pri vsakokratni uporabi kakor tudi pri ponovni uporabi oz. polnjenju zabojnikov in palet. Veliko palet se tudi ne vrne na prvotno lokacijo. Pričakovana podaljšana življenska doba takšnih tagov zahteva obstojno pakiranje.

Samo RFID tagi

Naslednja varianta je apliciranje predlog s tagi, ki imajo na spodnji strani lepilo, s pomočjo katerega se aplicirajo direktno na zabojnike in se zatem programirajo v fazi, ko potujejo skozi pakirno linijo. Lahko se uporabljajo skupaj z že obstoječo etiketo s črtno kodo. Čeprav

rešitve s samostojnimi tagi izgledajo cenejše in enostavnejše pa obstaja več slabih strani takšnega načina označevanja. Samostojni tagi namreč nimajo tašnega nabora lepil, kot npr. pametne nalepke, kar onemogoča apliciranje na raznovrstne in zahtevnejše površine. Ne omogočajo človeku berljivega zapisa in dodatne informacije oz. zaščite v obliki črtne kode, kar pametna nalepka ima. Zaradi slabšega izbora lepil in materialov na površini se zmanjša možnost uporabe v zahtevnejših industrijskih okoljih, kot so povišana ali ekstremno nizka temperatura, vlažnost, neravne, prašne in namaščene površine. Nekatere skupine uporabnikov celo zahtevajo jasno indikacijo, da gre za uporabo RFID taga, kar pa brez dodatne nalepke ni možno. Tiskalniki pametnih nalepk imajo rutine za samopreverjanje, samopopravljanje ter izločanje neuporabnih tagov z opozorilnim tiskom na etiketo, s čimer se prepreči uporaba napačno zapisanega taga na zabojnik, kar pa je zopet onemogočeno, če ni nalepke. Apliciranje samostojnih tagov na zabojnike in njihovo programiranje ter apliciranje v fazi delovanja/premikanja na proizvodnji liniji potegne za seboj dodatno kontrolo in ponovno apliciranje, če pride do napake pri odčitavanju taga. Nenazadnje se lahko zgodi, da samostojen RFID tag na zabojniku ali paleti ni v skladju s predhodno označenim zabojnikom z nalepko, ki vključuje črtno kodo, kar vodi v napačno identificiranje, nepravilno sledenje in posledično popraviljanje in odpravljanje nastalih napak v bazi podatkov na računalniku in fizično na paleti.

Tabela 6 združuje vse do sedaj našteje prednosti in slabosti pristopov, v primerjavi s pametnimi nalepkami. Vsa zapažanja bazirajo na pilotskih projektih trgovske verige Wal-Mart in Ministrstva za obrambo Združenih držav Amerike. V prihodnosti lahko pričakujemo različne pristope za vgradnjo RFID etiket v že obstoječe visoko-hitrostne pakirne linije.

	Zabojniki z vgrajenimi tagi	Paleta s permanentnimi tagi	Tagi aplicirani neposredno na zabojnike	Pametne nalepke
Namestitev taga	Fiksni in prednastavljen	Fiksni in prednastavljen	Fleksibilna	Fleksibilna
Vrsta aplikacije	Vgrajen	Vgrajen	Aplikator	Ročno ali z aplikatorjem
Način enkodiranja	Programiran na pakirni liniji	Programiran v fazi odpreme	Apliciranje nato programiranje	Programiranje nato apliciranje
Aktivacija	Pakirna linija	Portal	Pakirna linija	Tiskalnik z enkoderjem
Sekvenca za odpravo napake	Menjava zabojnika	Menjava zabojnika	Ponovna obdelava	Prepoznavanje in odprava pred apliciranjem na zabojnik

Tabela 6: Primerjava različnih pristopov apliciranj tagov

3.4.7 Implementacija pametnih etiket

Pametne nalepke igrajo ključno vlogo pri strategiji premikanja RFID tagov. Aplicirane na zunanji strani ustvarjajo najenostavnejši, najhitrejši in bolj prilagodljiv način od rešitev brez taga, preko delnega označevanja do popolne sledljivosti. Povezujejo laboratorijske in pilotske aplikacije s postavitvijo tagov v različna okolja tako, da enostavno identificiramo in rešujemo probleme, ki zadevajo postavitev ter orientacijo tagov, doseg in hitrost odčitavanja, postavitev čitalnika, kakor tudi upravljanje z odčitanimi podatki. V večini primerov pametne nalepke poskrbijo za kvalitetno sledenje v proizvodnji oz. ob proizvodnji liniji s sorazmerno majhnimi stroški. V vseh primerih pa nudijo možnost ponovnega odčitavanja, ki je v pomoč pri iskanju in odpravljanju raznovrstnih težav ter ponovnem pridobivanju pravih podatkov.

Obstoječi formati pametnih nalepk ustrezajo večini zahtev za RFID označevanje in sledenje. EPC podatki se pretakajo s pomočjo računalniškega sistema in tiskalnika/enkoderja na pametne nalepke. Etikete se lepijo na sestavne dele, izdelke, pakete in palete, s čimer se unikatno identificirajo. Tako so objekti, označeni s pametnimi nalepkami radio frekvenčno povezani s sledilnim sistemom v preskrbovalni verigi.

3.4.8 Zanesljivost in točke kontrole

Čeprav uporabljamo najenostavnejšo varianto sistema pametnih nalepk z osnovnimi zahtevami skladnosti ali ima visoko stopnjo integracije z drugimi sistemi, ostaja še precej področij, ki jih je potrebno urediti. Kritične odvisnosti sistemov in točke kontrole vključujejo:

EPC številčenje

Zabojnik, paleta ali eventuelno serijske številke proizvodov je potrebno generirati, enkodirati v EPC format ter zabeležiti na določeno mesto za namene sledenja. Z uporabo PC-ja najenostavneje generiramo EPC-je vključno z ostalimi podatki ter jih lociramo tako, da so kar najenostavneje dosegljivi sistemu za enkodiranje in etiketiranje. Takšen pristop naj bi bil najenostavnejši in tudi najcenejši. Podjetja za programske aplikacije so začela izdelovati in izpopolnjevati module za generiranje EPC-jev. Druga možnost pa so samostojni moduli, vgrajeni direktno v izvršitveni sistem preskrbovalne verige, ki so sposbni generirati EPC kodo ter jo vstaviti v niz ukazov, ki se pošljejo direktno na RFID tiskalnik za tisk in enkodiranje pametnih nalepk. Prav tako je možno uporabiti vnaprej programirane RFID tage. V takšnem

primeru je potrebno nastaviti sistem na mestu apliciranja tako, da lahko kreira bazo podatkov, ki ustrezajo GTIN-u z EPC kodo.

Označevanje paketov

EPC kode na paketih naj bi ustrezale podatkom v glavnem katalogu dobavitelja. Dodatne možnosti vključujejo konverzijo kataloga v novo obliko baze podatkov ter shranjevanje novih zapisov v bazo ali uporabo ločenega programskega modula, ki preverja in primerja EPC-je iz glavnega kataloga z dodeljenimi in tistimi, ki so še na voljo.

Upravljanje procesov

Distribucijski sistem mora znati pravilno vključevati (poll) čitalnike za odčitavanje podatkov s tagov, preveriti veljavnost informacij na paketih in paletah ter s temi podatki aktivirati procese, ki sledijo.

Rokovanje s posebnostmi

Procesi morajo znati pravilno reagirati na »tihe« tage, neoznačene zabojnike (brez etiket) in pravočasno pognati postopke za odpravljanje napak, opozarjanje in beleženje.

ASN (pri nas RIP)

Sistem vnaprejšnjega potrjevanja pošilk dobavitelja zahteva odčitavanje EPC kode s palet, korelacijo EPC števila s pripadajočo paletto in elektronsko izmenjavo podatkov (EDI) pri potrjevanju naročil oz. pošilk.

Upravljanje poročil

Odčitani podatki se morajo beležiti za kontrolo veljavnosti enkodiranja tagov, pametnih nalepk in ostalih procesov odčitavanja. Postanejo del sistema nadzora celotnega procesa posameznega izdelka.

Vračila

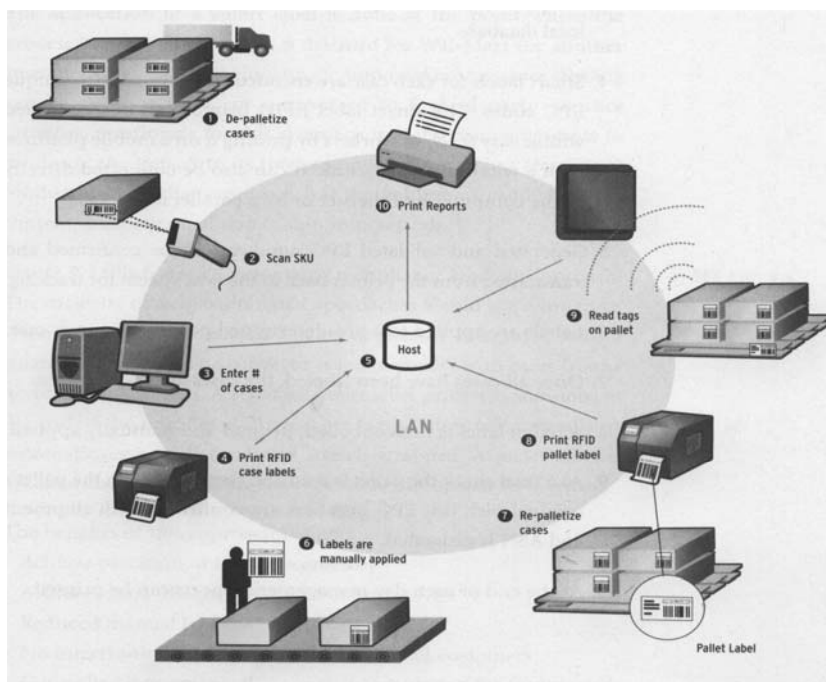
Vpogled v EPC števila in sistem rokovanja za vrnjenime artikla lahko zahteva spremembe na obstoječem sistemu. Čitalniki tagov pomagajo pri avtomatizaciji takšnih sistemov, kar zreducira dodaten trud in delo pri takšnih postopkih.

Programski vmesnik

RFID sistemi generirajo ogromno število podatkov. Programske komponente, imenovane »middleware« se uporabljajo za filtriranje, shranjevanje in posredovanje podatkov drugim sistemom in na ta način zmanjšajo »promet« po omrežju. Komercialna programska oprema lahko »zapakira« EPC podatke skupaj z opisi v PML ali kakšen podoben splošen format, ki je v nadaljevanju na voljo drugim partnerjem v preskrbovalni verigi, za uporabo v publikacijah in uradnih zapisnikih.

3.5 Centralni nadzor v podjetju

Integracija tiskalnikov pametnih nalepk v podjetja nudi dodaten nivo možnosti in nadzora. Z ustrezno programsko opremo za nadzor tiskanja lahko nadziramo vse operacije tiskanja in enkodiranja preko internetnega iskalnika praktično od kjerkoli na našem planetu. Tiskalniki se lahko vključujejo v sisteme ERP, SAP in podobno programsko opremo za upravljanje sistemov. Imajo možnost nastavitve različnih opozorilnih stanj, opozarjanje za redna vzdrževalna dela, pri sintaktičnih kot tudi mehanskih napakah ter njihovo odpravljanje, možnost zagona diagnostičnega testa ter beleženje in obveščanje o napakah ustreznih odgovornih posameznikov. Nadzor na daljavo dopušča centralno konfiguracijsko nastavitve za več tiskalnikov naenkrat, zaklepanje in gesliranje konfiguracije na zelenih mestih, kot tudi možnost vnaprej določenega nadgrajevanja programabilnega pomnilnika tiskalnika.



Slika 22: Sekvence delovanja

Primer Slap&Ship pristopa označevanja zabojnikov in palet z EPC kodo, za katere je zahtevana RFID sledljivost predstavlja slika 22. Paleta, katere je potrebno označiti se pripeljejo na ustrezen, ločen prostor. Za pohitritev sistema lahko za ločevanje takšnih zabojnikov poskrbi dodatni izločitveni tekoči trak. Zaporedje korakov je naslednje:

1. Zaboji z artikli se zložijo s palete
2. Skenira (odčita) se črna koda posameznega zaboja in se s tem izvede identifikacija.
3. Število zabojnikov se vnese v računalnik. Generirajo se unikatne EPC kode in njihova raba se zabeleži v lokalno bazo podatkov.
4. Izvede se enkodiranje in tiskanje pametnih etiket s pripadajočimi unikatnimi EPC kodami. RFID tiskalnik je pozicioniran nekje v bližini uporabnika, največkrat na pomični platformi in je brezžično povezan v omrežje. Lahko pa s sistemom komunicira preko mrežnega ali paralelnega vmesnika.
5. Generirana in veljavna EPC števila so lahko potrjena in prenešena s tiskalnika nazaj v računalniški sistem za sledenje.
6. Pametne nalepke se aplicirajo na vnaprej določeno mesto na vsak zabojnik.
7. Ko etiketiramo vse zabojnike, jih je potrebno ponovno zapakirati na paleto.
8. Enkodira, natisne in ročno se aplicira etiketa za celotno paleto.
9. Kot končna kontrola se odčita vsebina vseh pametnih nalepk in se jih primerja z originalnim seznamom artiklov namenjenih RFID sledenju. Pri pošiljanju se EPC števila zabojev potrdijo in generira se tovorni list (ASN).
10. Ob koncu vsakega dne se lahko izpiše še celotno poročilo.

Postopek apliciranja etiket na zaboje in palete lahko zamenja sistem avtomatskega tiskanja in etiketiranja, ki še pospeši in poenostavi sledenje. V primeru nepravilno zapisanega taga ali črtna koda tiskalnik avtomatsko pusti etiketo na nosilnem traku - je ne odlepi od podlage in jo pomakne naprej (kjer se kasneje etiketa zavrže kot neuporabna), ter lahko enkodira in natisne novo, pravilno pametno nalepko z enakimi podatki ali naslednjo EPC število v seriji. V bazo se zapišejo vse natisnjene EPC kode.

3.6 Končni cilj: Globalna izmenjava podatkov v celotni preskrbovalni verigi

EPC kode so najnižji nivo povezav v večslojnem informacijskem modelu, z začetkom v Auto Id Centru, kasneje je funkcijo prevzel EPCglobal. EPC kode so dodeljene, kataloško

razvrščene, sledene in upravljane znotraj povezanega sistema z internetom. Tako ima lahko z uporabo interneta gostujoč računalnik vpogled v shranjene informacije o željenem artiklu, vključno z informacijo o proizvajalcu, klasifikaciji produkta, načinu rokovanja ter trenutnim stanjem v preskrbovalni verigi.

Tako sta EPCglobal in podjetje VeriSign, ki skrbi za internetne domene (DNS) začeli postavljati temelje za tako imenovano informacijsko omrežje EPCglobal. Namenjeno bo zapisovanju v katalog EPC-jev, za podporo vsem partnerjem v preskrbovalni verigi. Celoten sistem vključuje naslednje komponente:

- Koda EPC

- Identifikacijski sistem (tagi in čitalniki)

- **ONS (Object Name Service – distribuiran sistem s strežnikom)** je podoben internetnemu DNS strežniku, ki omogoča vpogled na lokacije na svetovnem spletu (WWW), le da ONS služi kot register za EPC baze podatkov. Preko podjetja VeriSign povezuje EPC kodo z IP naslovom baze podatkov, ki hrani ustrezne informacije.
- **informacijski strežniki (Information Services)** so dejansko odlagališča za podatke, ki služijo hrambi unikatnih podatkov o artiklu. To so distribuirane baze podatkov, ki jih vzdržujejo podjetja v verigi, povezana preko ONS načina, kot DNS točke na internetnih straneh.
- **EPC strežnik** za iskanje vsebuje mapo z zgodovino vseh EPC-jev. Deluje kot nadzorni strežnik, ki omogoča sledenju produkta, ko ta potuje po preskrbovalni verigi.
- **PML (Physical markup language- jezik za opis fizičnih predmetov)** je skupen jezik za elektronske komunikacije med poslovnimi partnerji. Kot HTML (jezik uporabljen za internetne strani) in XML (eXtensible Markup Language), ki je splošen podatkovni opisnik jezik, bo PML razširil EPC kodo v smislu povezovanja informacij znotraj preskrbovalne verige. PML strani so nastavljive za vsako EPC kodo posebej, so enostavne za vzdrževanje in razdeljene po proizvajalcih ali »lastnikih« kod EPC. PML opisi lahko vsebujejo naslednje informacije:
 - rok trajanja in navodila za varno rokovanje
 - sestavine in njihova razporeditev
 - fizične lastnosti in trenutna lokacija (telemetrija)
 - informacije o vrsti procesa, pakiranja in kontroli kvalitete

Savant je uporabljena programska oprema za prenos podatkov preko obstoječega internetnega omrežja in deluje na osnovi decentralizirane arhitekture.

Vsakič, ko se enota, označena z EPC tagom premakne v polje bralne naprave, steče avtomatska identifikacija posamezne enote. Bralna naprava posreduje informacijo lokalni aplikaciji, ki se poveže z distribuiranim sistemom s strežnikom ONS, ki ugotovi lokacijo podatkov, zapisanih v PML formatu, za identificirano enoto (na primer datum proizvodnje v bazi proizvajalca). Na takšen način so lahko v kateri koli točki omrežja na optimalen način dostopni vsi podatki, ki so povezani s posamezno enoto (povzeto po reviji EAN.SI, Sep. 2004). ALE skladen programski vmesnik prestreže ogromno število podatkov z lokalnih bralnih naprav in jih smiselno uredi v informacijo, ki je primerna za uporabo v velikih sistemih za skladišče ter planiranje kot so WMS (Warehouse Management System) in ERP (Enterprise Resource Planning) in podobni. Brez takšnih kompleksnih sistemov bi se celotno omrežje in računalniki, zaradi preobsežnega prometa s podatki z RFID tagov, porušili.

EPC ahitektura podatkov tako poleg hitrejšje identifikacije izdelkov pomaga pri gibanju informacij skozi vrednostno verigo (omogoča dodano vrednost, kot na primer proizvajalec, ki želi poiskati dobavitelja sestavnih delov, ki mu je najbližje in tako zmanjša transportne stroške) in življenjskega cikla produktov. S tem se poveča efektivnost poslovanja.

Na takšen način so v kateri koli točki omrežja na optimalen način dostopni vsi podatki, ki so povezani s posamezno enoto.

Koda EPC in omrežje EPCglobal prinašata v optimizacijo preskrbovalne verige vrsto novih možnosti. Kljub temu bo uporaba rasla postopoma, vzporedno z zahtevami in potrebami uporabnikov preskrbovalnih verig. Črtna koda seveda zaradi tega ne bo izgubila svoje pomembne vloge v sistemih sledenja, področju avtomatske identifikacije ter označevanja in bo ne glede na razvoj sistemov RFID še dolgo v rabi.

3.7 Problemi in rešitve pri realizaciji sistemov

3.7.1 Opis problemov pri realizaciji sistema

Problem berljivosti črtne kode in taga – pravilna postavitve etikete in čitalnikov

Najprej bi izpostavil problem nepravilno izpisane ali poškodovane kode, ki je največkrat vzrok pri odčitavanju in posredno povzroča zastoje na mestih sledenja. Vzrok za nepravilen izpis je lahko neustrezna programska oprema, ki v primeru raztega ali skrčitve črtne kode ne omogoča pravih razmerij med presledki in črticami, čemur sledi nezmožnost odčitavanja s strani čitalnika ter onemogoča nadaljni prenos in obdelavo odčitanih podatkov.

Težavo lahko predstavlja neskladje med medijem, na katerega se tiska in folijo, ki služi predvsem za kvaliteten in obstojen odtis podatkov na etiketi. S tem povezano je tudi nepravilno hranjenje potrošnega materiala npr. v toplih in vlažnih prostorih, kar skrajšuje življensko dobo in slabša pri etiketah kvaliteto lepila, pri foliji pa lahko pride do neuporabnosti zaradi luščenja. V zdravstvu so se na primer pojavljali problemi pri etiketiranju na epruvete, ki vsebujejo krvno plazmo, saj so se zaradi neustreznosti lepila, ukrivljenosti površine in nizkih temperatur za obdobje tudi do nekaj let, začele le-te odlepljati in odpadati. Zaradi tega je bila v takšnih primerih izgubljena sledljivost, vzorci krvi so postali neuporabni in jih je bilo potrebno zavreči. Tudi redno čiščenje in vzdrževanje strojne opreme za tiskanje in apliciranje drastično pripomore h kvaliteti izpisa in pravilnega etiketiranja. Etiketa, ki se pri etiketiranju pomečka ali zguba, prav tako ni uporabna s strani čitalnika črtne kode, kot tudi RFID čitalnika, saj obstaja velika verjetnost, da se je v primeru pametne nalepke poškodovala tudi antena taga.

Etiketiranje na nestandardno mesto palet ali zabojnikov prav tako povzroča težave avtomatiziranim procesom sledenja, zato morajo takšni sistemi vključevati dodatno kontrolo in možnost izločanja in ponovnega označevanja palet.

Težava, ki se pojavlja pri RFID tagih je oteženo odčitavanje zaradi neusklajene polarizacije med tagom in anteno čitalnika oziroma portala.

Prepoznavanje, potrjevanje in izločevanje tihih etiket

Upoštevati je potrebno možnost, da je pametna etiketa natisnjena ali enkodirana napačno (nepravilna/poškodovana črna koda ali ostala vsebina etikete, nepravilno enkodiranje tagov).

Vpliv ovir v področju odčitavanja

Vpliv RF predpisov v Evropi predstavlja velik izziv, saj je možnost motenj zaradi ožjega frekvenčnega področja (frequency hopping), kot v Združenih državah Amerike, med bralnimi napravami precej večja.

Prav tako se pojavljajo pri sledenju določeni materiali, ki malo ali močno ošibijo RF signal:

- *Problem prosojnosti* - Skoraj popolno propustni materiali za RF signale so obleke iz organskih in sintetičnih vlaken, papirni izdelki, les, neprevodna plastika in karton zelo malo ošibijo radio frekvenčno valovanje. Papir, prevlečen s folijo pa že lahko moti RF signale.
- *Absorpcija* – Tekočine in izdelki, ki vsebujejo tekoče materiale, predvsem sol v hranilih lahko dosežejo efekt vpivanja UHF signalov. Podobno se dogaja tudi z ogljikom v trdni ali prašni obliki, ki se pojavlja v različnih izdelkih (predvsem v avtomobilski industriji pri sledenju gum) kot primes, v obliki grafitu in podobno. Absorpcija povzroči zmanjšanje oziroma oslabitev elektro magnetnega polja, ki se širi od bralnika antene ali nazaj s strani taga. Velikost vpivanja varira glede na vrsto tekočine in frekvenco signala.
- *Problem metalnega ovoja* – Kovinski plašči in tanke metalne folije, lahko spremenijo pot radijskim valovom stran od željenega cilja in jim ne dovolijo skozi zabojnik ali paletu. Takšen ovoj lahko deluje kot induktivno navitje, ki usmeri elektrone vzporedno z induciranim tokom v anteni taga ter ustvari nasprotujoče polje, ki slabi signal. V glavnem folija bolj ščiti pred visokimi frekvencami kot nizkimi.
- *Neuglašenost* – na tage lahko zelo vpliva bližina enega ali več drugih tagov, ki lahko med seboj tvorijo kapacitivni sklop, kar razglasi njihove antene. Prav tako kovinski deli na tekočih trakovih, viličarjih ter druga oprema za rokovanje blokira in povzroča odboje signalov.
- *Odboji* – pri UHF frekvencah je odboj signala eden najbolj verjetnih in poznanih problemov, s katerimi se spopadamo pri tehnologiji RFID. Zaradi odbojev signal bralne naprave na primer ne more prodreti skozi paletu, ki je ovita v PVC zavijalno folijo, tako tagi nikoli ne prejmejo dovolj energije za vklop. Kovinske površine odbijejo skoraj celoten radio frekvenčen signal. Prav tako nekatere plastične prevleke, ovito steklo in gradbeni materiala rajši signale odbijejo in razpršijo kot, da bi jih spustili skozi. Odboji imajo glede na površino materiala različno dielektrično konstanto od okoljskega zraka, kar je tudi razlog za refleksijo.

- *Interferenca* generira zaradi geometrije okolice tako imenovane »mrtve cone«. Naprave za pomikanje zabojnikov in palet lahko preko vibracij ali elektro magnetnih razelektritev motorjev ali kontrolerjev inducirajo takšne mrtve cone. Druge RFID naprave, radijske naprave, brezžični računalniki in telefoni lahko povzročajo interferenčne motnje, ki pa se običajno filtrirajo preko komunikacijskega protokola med bralno napravo in tagom. Pojav interference lahko povzroča elektrostatična razelektritev materialov, ki kopičijo statični naboj in niso ustrezno ozemljeni. Signal čitalnika moti samega sebe, zaradi številnih odbojev od takšnih površin. Kot primer lahko navedem uporabo zabojnika, ki zaradi naelektrenih neprepustnih materialov v notranjosti povzroča površinske lome, signal pa nadaljuje pot po ozki odprtini, da bi dosegel tag.

Usklajevanje programske opreme in pravilna oblika podatkov ter možnost nadaljne obdelave podatkov za RIP sistem

Zaradi tako raznolike in nekompatibilne programske opreme (neskladje formatov podatkovnih baz, ipd.), ki jo uporabljajo končni uporabniki, je velikokrat potrebno pri uvedbi sledenja narediti dodatne programske vmesnike, ki omogočajo povezljivost med strojno opremo za sledljivost in obstoječimi programskimi orodji, kot tudi med uporabnikom opreme za sledenje in končnim kupcem njihovih izdelkov, ki zahtevajo določen sistem sledenja ter enostavno povezljivost na svoj sistem. To pobere dodaten čas pri načrtovanju, uvajanju in tehnični izvedbi takšnega sistema. Dodatno pa se morajo upoštevati še oblikovne in ostale zahteve s strani pooblaščenih institucij za standardizacijo.

Zmožnost nadgradnje firmware-a tiskalnikov na novejši RFID standarde (prehod na Gen2 standard)

Trenutno obstaja že kar precej uporabnikov RFID tehnologije kot so sistemi za plačilo cestnine, označevanje živali, identifikacija prisotnosti pa tudi posamezni deli preskrbovalnih verig, ki že uporabljajo pametne kartice ali nalepke. Marsikdo od njih bi si želel s čimmanjšimi dodatnimi stroški preiti na novejši Gen2 standard, pa zato nima primerne strojne opreme, oziroma ta ne dopušča nadgradnje.

Cena in izbira tagov (možnost kasnejše nadgradnje)

Kljub pestremu izboru bralnih naprav za RFID tage, se RFID tehnologija počasi uveljavlja na evropskem tržišču, zaenkrat še ne obstaja tako zelo velika konkurenca pri izdelavi tagov, kar

posledično ovira zmanjševanje cen. Le v primeru uporabe izredno velikih količin tagov je običajno naložba v RFID tehnologijo finančno upravičena in smiselna.

Visoke stroške čipov v tagih povzroča drag silicij, kakor tudi sam postopek povezovanja čipa z anteno ter ostalimi sestavnimi deli sistema. Potem se takšen čip še pritrdi na podlago s prevodnim lepilom.

Problem varovanja osebnih podatkov

Velikokrat se pri uporabi RFID tagov, ki zamenjajo črtno kodo poraja vprašanje varovanja osebnih podatkov, varnosti in zasebnosti, saj na primer zdravstveni domovi, potni listi, smučarske vozovnice ter karte javnega prometa, obleke, novejši avtomobili, tudi trgovine lahko uporabljajo pametne kartice popustov, ki nosijo večino informacij o uporabniku. Tako lahko kriminalne skupine ali osebe z interesom povzročitve škode nepooblaščno dostopajo do informacij in gibanju posameznikov.

Izbira ustrezne vrste tagov – pasivni, aktivni, ... (vpliv cene in drugih dejavnikov)

Bodoči uporabnik se dostikrat ne more odločiti, kakšen tag naj izbere (aktivni, pasivni,...). Seveda ni smiselno kupovati zelo dragih aktivnih tagov, da bi služili samo preprostemu sledenju ene informacije o artiklu (na primer številke številke rezervnega, dela ki se stalno ponavlja), ampak se je bolje odločiti za cenejši – pasivni tag, ki bo enako dobro opravljal funkcijo sledenja.

Problem drgnjenja tagov med seboj (povzročitev ESD in abrazije) – poškodbe, neuporabnost

Velikokrat se RFID tagi pojavljajo tudi na paletah in zabojnikih ladij čezoceanskih plovb, kjer lahko pride do problema drgnjenja tagov med seboj za dalše časovno obdobje, kar povzroči elektrostatične razelektritve in brušenje ter mehanske poškodbe tagov, ki jih lahko naredijo neaktivne. Pri aktivnih tagih tako lahko izgubimo dinamične informacije zabojnika (na primer podatke o temperaturi in podobno), ki jih nosi takšen tag.

3.7.2 Opis rešitev (mnenje o dopolnitvah in spremembah sistema)

- **Problem berljivosti** črtnih kod in tagov uspešno rešujemo z uporabo »online« in ročnih verifikatorjev s katerimi lahko eliminiramo večino napak

- Poslužujemo se **dobrega načrtovanja** in izbira prog. ter stroj. opreme, predhodna testiranja
- **Vpliv ovir** v področju odčitavanja – nov protokol Gen2 je poskrbel za precej boljšo kvaliteto signalov ter s tem posledično zmanjšal vpliv motenj in povečal hitrosti prenosov, kar bo pri večini procesov izboljšalo kakovost odčitavanja (read rate)
- **Problem razglašanih anten tagov** lahko rešujemo s primeno geometrijo antene, ustrezno postavitvijo pametnih nalepk za vsak zabojnik posebej ter pravilno orientacijo zabojnikov na paleti, s čimer lahko bistveno povečamo delež pravih odčitkov.
- **Striktno izvajanje evropskih direktiv** in delovanje skladno s standardi, ki določajo mesto etiketiranja na paleti ali škatli
- **Problem absorpcije** pri plastenkah s pijačo lahko rešujemo s pravilno postavitvijo taga, običajno na gornjo stran zabojnikov, kjer je več zračnega prostora, ki ne predstavlja ovire. Prav tako pomagajo predhodna testiranja stopnje absorpcije pri različnih tekočih substancah ter s tem povezana zmogljivejša oprema za označevanje in odčitavanje.
- **Postavitev čitalnikov črtnih kod in tagov**, skladno po specifikacijah proizvajalca opreme in tagov, da se nahajajo v zahtevanem dosegu in se v primeru morebitnih ovir ne zmedejo, po drugi strani pa ne smejo motiti drugih brezžičnih naprav, ki se nahajajo v bližini

Tehnologi tako razvijajo postopek, s katerim bi lahko integrirano vezje natisnili na papir ali celo folijo s postopkom imenovanim politronika, kjer se ne uporablja več silicij temveč polprevodni polimerni material, ki ima precej prednosti pred silicijem. Pri izdelavi čipov ni potreben tako čist prostor, dolžina samega postopka izdelave je krajša, materiali so cenejši in postopek izdelave dopušča množično proizvodnjo. Vse to ima namen znižati ceno posameznega taga iz 0,5 evra na vrednost 1 cent, s čimer bi se lahko postavili po robu črtni kodi z oceno 0,3 centa na kos.

- Za reševanje **problema pravilnega pozicioniranja etiket** moramo upoštevati naslednje parametre:
 - lokacija čitalnika taga
 - orientacija paketa
 - način natovarjanja palete
 - zahteve za rokovanje s paketom/paleto
 - zahteve stranke

- oblika paketa in načino značevanja
 - vsebina paketa
 - materiali, ki so vsebovani v pakiranju
- izločanje tihih etiket

Pri verifikaciji (preverjanju vsebine taga z normalne razdalje) natisnjenih in enkodiranih pametnih nalepk velikokrat pride do neprepoznavanja s strani sledilnega sistema. Da preprečimo izgubo natisnjenih EPC oznak, moramo programsko omogočiti tiskalniku da takšno etiketo prečrta ter izloči iz sistema, ter ponovno natisne etiketo z enako EPC kodo in pripadajočo vsebino.

- Pri nakupu RFID tiskalnikov je potrebno upoštevati **sposobnost enostavne nadgradnje** firmware-a s strani uporabnika na morebitne novejša standarda.
 - **V izogib različnim motnjam in ostalim vplivom** zaradi razelektritev, različnih dielektričnih konstant materialov, odbojem in podobnim neželenim pojavom ter z namenom doseči sprejemljivo kakovost in hitrost odčitavanja v preskrbovalnih verigah z RFID opremo, moramo poseči po multi disciplinarnem pristopu. Različna orodja za analizo procesov kot je diagram afinitet, Paretova analiza ali vrsta preskusov lahko zelo pripomorejo k prepoznavanju in eliminaciji virov morebitnih težav.
 - **Problem varovanja osebnih podatkov** kupcev lahko lepo rešujemo s kvalitetno zgrajenim informacijskim sistemom, nadgradnjo na zadnje razpoložljive RFID standarde kot je Gen2, ki prepreči »uhajanje« podatkov do nepooblaščenih oseb
- Seveda se je potrebno zavedati, da v večini primerov ni neke univerzalne rešitve za večino sistemov sledenja, ampak je potrebno vsak sistem obravnavati ločeno, z opredelitvijo natančnih zahtev uporabnika, upoštevati konfiguracijo prostorov (za zelo primerno fazo postavitve sistema se je izkazalo načrtovanje RFID sistema takrat, ko so na primer proizvodnji prostori še v izgradnji, saj so tako prilagoditve lahko enostavnejše in se lahko zelo optimizira strojna in programska oprema za RFID, kar posledično zniža stroške).

4 ZAKLJUČEK

Namen pričujoče naloge je v tem, da predstavim osnovne elemente RFID sistemov, ki se uporabljajo predvsem v sledenju proizvodnih procesov. Prav tako sem želel pojasniti nekaj primerov delovanja ter pokazati prednosti ter slabosti takšnih sistemov pred uporabo črtne kode, ki je danes najbolj razširjena pri označevanju in sledenju artiklov ter palet. Vse skupaj sem zaokrožil z EPC kodo, ki predstavlja nadgradnjo in dejanski končni namen uporabe takšnih RFID sistemov.

RFID po tehnični plati ni novost, saj se že nekaj let uporablja za identifikacijo prisotnosti, pri označevanju živali (RFID vsebuje vse podatke o lastniku, živali, cepljenjih in je injektiran pod kožo živali), plačevanje cestnine in podobnih aplikacijah. Takšna široka uporaba bo pri veliki količini seveda znižala ceno posameznega taga tako, da bo v nekaj letih smiselno označiti vse maloprodajne izdelke. Zaradi vse pogostejših zahtev po natančni sledljivosti izdelkov, so v mnogih primerih RFID tehnologija in z njo povezane pametne nalepke edina smiselna in dolgoročna rešitev v večjih sistemih dinamičnega sledenja artiklov, kot so tovarne zdravil, avtomobilska industrija, predvsem pa je viden napredek pri uporabi za sledenje zabojnikov in palet v večjih trgovskih verigah širom Evrope.

Večja trgovska podjetja se tako združujejo v omrežja kot je tudi mreža EPC Global, ki z uporabo najnovejših RFID standardov, kot je tudi Gen2 protokol, preko ALE vmesnika omogočajo direkten vpogled v trenutno stanje vsakega taga oziroma z njim označenega artikla v takšnem omrežju. Najnovejši standardi in optimizirana strojna ter kompleksna programska oprema omogočata maksimalno varnost, zanesljivost in hitrost delovanja takšnih sistemov. Najnovejše evropske direktive in standardi na takšen način tudi ščitijo uporabnike RFID sistemov pred zlonamernimi kraji zasebnih podatkov, ki se na primer uporabljajo v zdravstvu, na potnih listinah in pri sledenju prtljage.

Pri načrtovanju RFID sistemov je torej zelo pomembna pravilna izbira tagov, bralnikov tagov, pravilna orientacija in postavitve opreme, dobro poznavanje lastnosti vseh proizvodov, ki se bodo gibali in sledili v takšnem sistemu, način pakiranja in verificiranja. Zavedati se namreč moramo, da vsi prej navedeni dejavniki v končni fazi vplivajo na procent pravih odčitkov, ki naj bi bil vedno čim bližje stotim odstotkom, da tako minimaliziramo izmet.

Najboljša kombinacija uporabe črtne kode in RFID taga je pametna nalepka, ki se je pri označevanju zabojnikov, predvsem pa palet izkazala za nekako najbolj optimalno varnostno

in podatkovno ustrezno rešitev. V smislu pametne nalepke tako na tržišče prihaja nova tehnologija imenovana politronika, ki bo namesto silicija uporabljala cenejši in manjzahteven polimerni material, z veliko prednostmi, kot je tudi nižja cena, s katero bi lahko pridobile pametne nalepke večji pomen in širšo uporabo. To nam tudi pove, da črna koda ne bo izgubila svoje pomembne vloge in bo ne glede na razvoj sistemov RFID ostala v rabi še dolgo.

5 LITERATURA IN VIRI

1. R. A. Kleist, T. A. Chapman, D.A. Sakai, B. S. Jarvis, RFID Labeling, prva izdaja, avgust 2004
2. R. A. Kleist, T. A. Chapman, D.A. Sakai, B. S. Jarvis, RFID Labeling updated with Gen 2 inform, druga izdaja, avgust 2005
3. M. Martini, RFID in uporaba standarda EPC global, EAN.SI, EAN Slovenija, str. 10-11, september 2004
4. Uporabniški priročnik GUM, EAN Slovenija, 6.izdaja
5. A. Urbanija, Z RFID do velikih prihrankov v logistiki, Logistika & transport, priloga Dela, str. 20-21, marec 2006
6. C. Allen, W. J. Barr, Smart Card – Seizing Strategic Business Opportunities, 1997

Spletni viri

1. EPCglobal, Inc. (2005) Elektronski vir,
<http://www.epcglobalinc.org/>, dostop 20. februar 2006
2. EPCglobal, Inc. (2005) Elektronski vir
http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/EPCglobal%20Class-1%20Generation-2%20UHF%20RFID%20Conformance%20V1%200%202.pdf, dostop 27. februar 2006
3. Faculty of sciences, vrije Universiteit Amsterdam (2006) Elektronski vir,
<http://www.rfidvirus.org/index.html>, dostop 7. april 2006
4. EPCglobal, Inc (2006) Elektronski vir,
http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/RFID%20at%20UHF%20Regulations%2020060606.pdf, dostop 3. april 2006
5. 2005 Alien Technology Corporation (2005) Elektronski vir,
http://www.alientechnology.com/products/rfid_tags.php, dostop 27. februar 2006
6. Funkcionalne omejitve pasivnih in aktivnih tagov
http://www.autoid.org/2002_Documents/sc31_wg4/docs_501-520/520_18000-7_WhitePaper.pdf, dostop 2. marec 2006
7. Evolucija tagov - slike vezij
http://www.mwjjournal.com/Journal/article.asp?HH_ID=AR_905, dostop 15. maj 2006