

Tampereen Ammattikorkeakoulu

Tietoliikennetekniikan koulutusohjelma  
Jussi Tielinen

Opinnäytetyö

## **RFID**

Teknologia, historia ja sovellukset

Työn ohjaaja  
Työn tilaaja  
Tampere 2011

lehtori Erkki Hietalahti  
TAMK

Tampereen Ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikka, Tietoliikennetekniikan koulutusohjelma

Tekijä	Jussi Tielinen
Työn nimi	RFID - Teknologia, historia ja sovellukset
Sivumäärä	18 sivua
Valmistumisaika	Huhtikuu 2011
Työn ohjaaja	lehtori Erkki Hietalahti

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys RFID-järjestelmästä, sen kehityksestä ja sille tehdyistä sovelluksista.

RFID on lyhenne sanoista Radio-Frequency Identification, joka tarkoittaa tunnistamista radiosignaalia käyttäen. Teknologian toivotaan tulevaisuudessa korvaavan viivakoodit, koska se vähentää tarvittavan työn määrää, kun tunnistetaan tavaroita tai laitteita.

RFID-teknologiaa voidaan myös käyttää kulunvalvonnassa, paperisten lippujen korvaajana tai lemmikkieläinten merkitsemisessä.

Tunnisteita on kahta päätyyppiä: passiivisia ja aktiivisia. Passiiviset tunnisteet saavat käyttövirtansa lukijasta ja lähettävät tietonsa, kun niitä luetaan. Aktiiviset tunnisteet eivät tarvitse lukijan tarjoamaa sähkövirtaa vaan ne lähettävät tietoa joko jatkuvasti tai määrätyn väliajoin.

Avainsanat

RFID, RFID-tunniste, RFID-lukija

Tampereen Ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikka, Tietoliikennetekniikan koulutusohjelma

Author	Jussi Tielinen
Title of the thesis	RFID - Technology, history and applications
Page count	18 pages
Time of completion	March 2011
Supervisor	lecturer Erkki Hietalahti

## ABSTRACT

The purpose of this thesis is to investigate the structure, history and applications of RFID technology.

RFID comes from the words Radio-Frequency IDentification. It is hoped to be the replacement for barcodes in the future, because it reduces the effort required for identifying objects.

RFID can also be used in access control, as a replacement for traditional tickets or marking pet animals.

There are two main types of RFID tags; passive and active. Passive tags get their operating power from the reader, and send the stored information when read. Active tags have their own power source and can send the information either continuously or at certain intervals.

Keywords                      RFID, RFID-tag, RFID-reader

Tampereen Ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikka, Tietoliikennetekniikan koulutusohjelma

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Tampereella loppuvuoden 2010 ja alkuvuoden 2011 aikana. Valitsin työn aiheeksi RFID:n, koska se kiinnostaa minua henkilökohtaisesti ja minulla oli aiheesta jonkin verran tietämystä jo ennen työn aloittamista.

Tampereella 13.4.2011

---

Jussi Tielinen

# Sisällys

1 Mikä RFID on? .....	1
2 RFID:n historia .....	2
2.1 Ensimmäiset askeleet .....	2
2.2 Kehitys käynnistyy .....	2
2.3 Vauhti kiihtyy .....	3
2.4 RFID-buumi alkaa.....	5
3 RFID-tunniste.....	6
3.1 Passiivinen tunniste.....	6
3.3 Aktiivinen tunniste .....	7
4 RFID-lukija .....	7
5 Taajuusalueet.....	8
5.1 Pientaajuusalue.....	9
5.2 Suurtaajuusalue .....	9
5.3 UHF-alue.....	10
5.4 Mikroaaltoalue .....	11
6 Radiorajapinta .....	11
6.1 Induktiivinen kytketyminen .....	12
6.3 Heijastekytkeytyminen.....	12
7 Tietoturva .....	13
8 RFID:n edut ja haitat .....	14
9 Käytännön esimerkki .....	16
Lähteet.....	18

## Käytetyt lyhenteet

RFID	Radio Frequency Identification, tunnistaminen käyttäen radiosignaalia
IFF	Identify-Friend-or-Foe, RFID:n inspiroinut tutkatekniikka
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor, kanavatransistoreihin perustuva mikropiiritekniikka
RF	Radio Frequency, radiotekniikka
ISM	Industrial, Scientific, Medical; taajuusalue, jonka käyttö on vapaata
LF	Low Frequency, matalan taajuuden alue; 0 .. 300 kHz
HF	High Frequency, korkean taajuuden alue; 3 .. 30 MHz
UHF	Ultra High Frequency, Ultrakorkean taajuuden alue; 0,3 .. 3 GHz
EPC	Electronic Product Code, sähköinen tuotekoodi
VTT	Valtion Tieteellinen Tutkimuskeskus
NFC	Near Field Communication, lähikentässä eli alle 1 senttimetrin välimatkalla tapahtuva kommunikointi

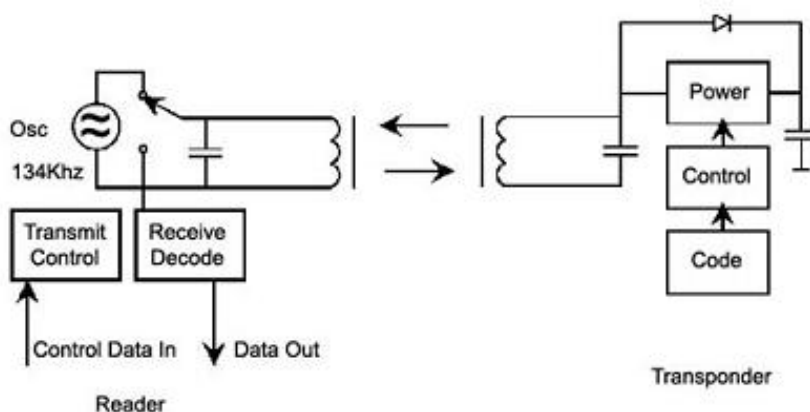
## 1 Mikä RFID on?

RFID, Radio-Frequency IDentification, on tekniikka, jossa elektroniseen tunnisteseen, eli tagiin, on tallennettu tietoa siitä objektista johon se on kiinnitetty. Tieto luetaan lukijalla elektromagneettisia aaltoja käyttäen ja välitetään edelleen tietojärjestelmälle, joka voi myös lähettää lukijalle käskyjä muuttaa, tuhota tai lukita tunnisteen sisältämä tieto. Tunniste kiinnitetään johonkin esineeseen, jossa sitä käytetään tunnistamiseen, paikantamiseen ja tilan seuraamiseen. Esimerkkinä voidaan mainita kotieläinten tunnistaminen niskaan pistettävää RFID-sirua käyttäen.

Toisinaan tunnistesta luettuun tietoon täytyy lisätä tietojärjestelmästä saatavaa tietoa, jotta siitä on käyttäjälle hyötyä, esim. varastoissa haetaan tunnisteen lukemisen jälkeen tietokannasta tietoa siitä, mihin hyllyyn ko. tavara kuuluu ja/tai millainen sen varastosaldo on.

RFID:n hyödyt perinteisiin tekniikoihin verrattuna ovat mittavia. Tavarankuljetuksessa säästytään paljolta vaivalta, tietojen lukeminen ja syöttäminen tietojärjestelmään vähentää automaattisesti virheitä ja virheellisten tavarantoimitusten todennäköisyys pienenee kun tuotteet voidaan tunnistaa tehokkaammin ja tarkemmin.

Yksinkertaisimmillaan RFID-järjestelmä koostuu kahdesta osasta; tunnistesta ja lukijasta. Molemmat laitteet sisältävät antennin, jonka avulla ne lähettävät ja vastaanottavat tietoa. Kuvassa 1 on esitetty RFID-tunnisteen ja -lukijan rakenteita.



Kuva 1: RFID-tunnisteen rakenne

## 2 RFID:n historia

### 2.1 Ensimmäiset askeleet

RFID:n kehitys juontaa juurensa 1930-luvulle, kun tutka keksittiin. Toisen maailmansodan aikana koettiin vaikeuksia siinä, kun lähestyvät lentokoneet voitiin havaita, mutta ei ollut olemassa mitään keinoa selvittää etukäteen, oliko kyseessä oma vai vihollislentokone. Tämä ongelma ratkaistiin melko pian varustamalla lentokoneet erillisellä antennilla ja lähettimellä, joka osasi vastata tutkan signaaliin omalla tunnistellaan. Järjestelmää kutsuttiin nimellä "Identify Friend or Foe" ja nykymittapuulla "IFF"-tunnistetta voitaisiin pitää ensimmäisenä puolipassiivisena RF-tunnisteena.

Seuraava askel RFID:n kehityksessä tuli käytännössä vasta 1980-luvulla, jolloin sairastuneita tuotantoeläimiä alettiin varustaa tunnistella jotta tietynlaista lääkitystä vaativat yksilöt voitiin erottaa terveistä mahdollisimman tehokkaasti. Sen lisäksi autonvalmistajat alkoivat varustaa avaimia tunnistella, jonka avulla ovien lukoissa sekä virtalukossa olevilla lukijoilla voidaan tarkistaa että avain, jolla autoa yritetään avata tai käynnistää, on oikea.

RFID:n kehityshistorian alku koostuu lähinnä kolmesta askeleesta:

- Heijastetun tunnisteen kehittäminen
- CMOS-pohjaisen passiivisen tunnisteen kehittäminen
- Ensimmäiset sovellukset

### 2.2 Kehitys käynnistyy

CMOS-tekniikan (Complementary Metal Oxide Semiconductor) kehitys mahdollisti passiivisten tunnisteen kehittämisen ja tämän tekniikan kehittyessä RFID vakiintui autojen käynnistykseenestoissa. Myös tuotantoautomaatiossa RFID yleistyi, mutta järjestelmän kehitys oli edelleen hidasta.

Päällimmäinen syy hitaaseen kehitykseen oli se, että LF-taajuudella toimivat tunnisteen vaativat antennikseen lankakäämin, joka oli kallis valmistaa ja tämä vuorostaan nosti



tunnisteiden hinnan korkealle. Myös lyhyt lukuetaisyys rajasi käyttökelpoiset sovellukset pienelle alueelle.

1980-luvulla RFID-tekniikkaa kokeiltiin ja sen rajoitukset sekä korkea hinta havaittiin. Kuitenkin RFID:n läpilyönnit tietyissä sovelluksissa todistivat sen käyttökelpoisuuden ja synnyttivät tarpeen kehittää edullisempi tekniikka RF-tunnistukseen.

Koska tiedettiin, että taajuutta suurettamalla antennin koko pienenesi ja näin ollen LF-tunnisteissa tarvittava kallis lankakäämi voitaisiin korvata etsatulla tai painetulla antennilla, alettiin kehittää HF-alueella toimivia RFID-laitteita.

Kun antennina ei enää tarvinnut käyttää käämiä, voitiin tunnisteesta tehdä hyvin ohut ja tämä puolestaan mahdollisti tunnisteiden, joka on valmistettu tarraksi, joka voidaan kiinnittää helposti esim. tuotepakkaukseen. Lisäksi tuli mahdolliseksi valmistaa sähköisiä lippuja ja tunnistekortteja, esimerkiksi nykyaikaisia bussikortteja. Taajuuden kasvattaminen mahdollisti myös pidemmät lukuetaisydet; ensimmäisillä porttimaisilla lukijajärjestelmillä tunnistetta voitiin lukea jopa metrin päästä.

RFID:n ensimmäisiä kaupallisia sovelluksia oli autoon sijoitettava tunniste tietullien yms kulunvalvontaan. Alunperin tämä sovellus kehitettiin Los Alamosissa, jossa haluttiin keksiä ratkaisu radioaktiivisen materiaalin seurantaan.

### **2.3 Vauhti kiihtyy**

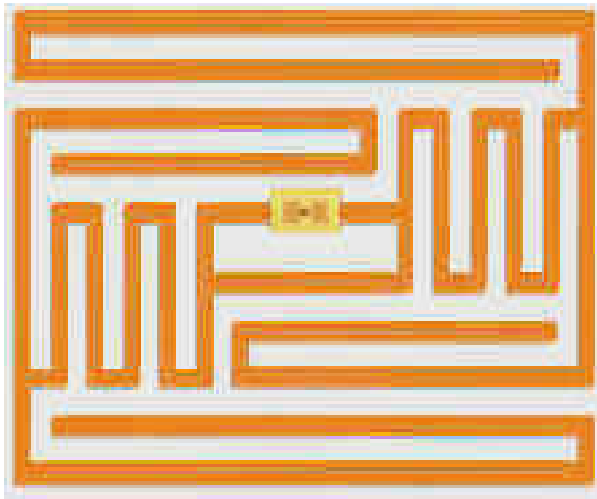
Kun RFID-järjestelmissä otettiin HF-taajuutta käyttöön, ajateltiin sen pohjalta voitavan kehittää helposti maailmanlaajuisia kulunvalvonta- ja logistiikan sovelluksia mutta tässä ei kuitenkaan edetty niin nopeasti kuin oli toivottu; vaikka itse teknologia oli hyvin standardoitu, muistista ja tunnisteiden numeroinnista ei oltu tehty maailmanlaajuisia standardia.

Vuonna 1998 Massachusetts Institute of Technology (MIT) perusti Amerikkalaisen teollisuuden painostuksesta AutoID Centerin. Tämän keskuksen tehtävänä oli luoda globaali tunnisteiden numerointijärjestelmä, josta sai alkunsa Electronic Product Coding (EPC) -standardi.

Vaikka EPC oli tarkoitus kehittää HF-tekniikkaan pohjautuen, 1990-luvulla huomattiin UHF-alueen tarjoavan huomattavasti paremmat tiedonsiirtonopeudet sekä lukuetaisyydet; esimerkiksi Suomessa 1990-lopulla Palomar-projektissa kehitettiin Atmelin, VTT:n, Idescon ja UPM Raflatacin yhteistyönä tunnistete, jota voitiin 0,5 W teholla lukea yli 4 m etäisyydeltä. 2 W teholla päästäisiin laskennallisesti yli 6 m lukuetaisyyteen.

2000-luvulla AutoID Center ryhtyi standardoimaan UHF-tekniikan järjestelmää logistiikan sovelluksiin. Standardoinnin tavoitteena oli kehittää ratkaisu, joka olisi mahdollisimman edullinen. Tämän takia päätettiin keskittyä muistin määrän minimointiin, ja kehittäjät päätyivät käyttämään 96-bittistä standardia. Tämän katsottiin olevan riittävä muistimäärä liikuteltavan tavaran maailmanlaajuiseen merkintään, sillä tarkoitus ei ollut kehittää vahvasti salattua järjestelmää vaan tavoitteena oli viivakoodin korvaaminen kauempaa luettavalla tunnisteteella.

Vuosina 2002-2004 Amerikkalainen kauppaketju Wal-Mart testasi RFID-tunnisteita tuotteidensa merkinnässä, jonka jälkeen ketju vaati, että kaikki heille toimitetut lähetykset merkittäisiin UHF-taajuisella RFID-tunnisteella.



Kuva 2: Wal-Martin käyttämä RFID-tunniste

Hieman myöhemmin julkaistiin maailmanlaajuinen EPC-standardi.

## 2.4 RFID-buumi alkaa

2000-luvun alussa RFID:n kehitys alkoi kiihtyä. UHF oli todettu teollisuuden sovelluksiin parhaaksi taajuusalueeksi, EPC-standardiin sopivia tunnisteita alettiin kehittää ja käynnistettiin hankkeita, joilla auto- ja lentokoneteollisuus voisivat saada kuljetuskalustonsa ja laitteiden osat merkittyä siten, että ne voitaisiin tunnistaa myöhemmin luotettavasti.

Antenniratkaisut tuottivat kuitenkin ongelmia. Etsaamalla ei kyetty tuottamaan riittävän hyvin toimivaa antennia passiiviselle UHF-tunnisteelle. Kun sitä yritetään lukea kaukaa ja lukijan lähellä on jokin suuri metallinen kappale, tämän kappaleen heijastama teho voi ylittää tunnisteiden tehon monikymmenkertaisesti. Myöhemmin on kehitetty tapoja kehittää riittävän luotettavia UHF-antenneja mm. prässäämällä.

Lisäksi UHF-lukijoiden hinnat ovat olleet erittäin korkeita viime aikoihin asti, vasta vuonna 2008 lukijoita alkoi saada alle 1000 eurolla, kun ennen lukijat maksoivat yli tuplasti enemmän.

HF-tekniikka oli kuitenkin jo saanut hyvän jalansijan monenlaisissa RFID-sovelluksissa, kuten kulunvalvonnassa ja sähköisissä matkalipuissa. Myös kirjastoissa alettiin hyödyntää HF RFID -tekniikkaa.

Matkapuhelinvalmistajatkin, Nokia ja Samsung ensimmäisinä, alkoivat tutkia RFID-tekniikan soveltumista matkapuhelinkäyttöön, ja 2000-luvun alkupuolella julkistettiin Near Field Communication (NFC) -tekniikka. Nykyään NFC-tekniikkaa testataan eri puolilla maailmaa erilaisissa maksusovelluksissa ja paperisten lippujen korvaajana.

### 3 RFID-tunniste

RFID-tunniste on laite, joka sisältää tietoa siitä esineestä, mihin se on kiinnitetty. Tunnisteita on kolmea eri tyyppiä; passiivisia, puolipassiivisia ja aktiivisia.

Yksinkertaisimmillaan tunniste sisältää antennin, muistin jossa on tunnisteiden ID-numero ja pienen määrän elektroniikkaa, jolla tunnisteiden tiedon lähettäminen onnistuu. Kuitenkin niissä voi olla myös tekniikasta ja käyttötarkoituksesta riippuen mm. virtalähde, lähetin tai lisämuistia.

Käyttökohteesta riippuen tunnisteiden sisältämää tietoa pitää voida myös muuttaa, esimerkiksi kirjapainossa voidaan haluta seurata miten paperia kulutetaan rullalta, ja tällöin siihen kiinnitettyyn tunnisteeseen kirjataan tietyin väliajoin tieto paperin senhetkisestä määrästä. Tällaisia tunnisteita, joiden tietoihin voidaan tarvittaessa tehdä muutoksia, kutsutaan yleensä saattomuisteiksi. Saattomuisteja voidaan tehdä ainoastaan aktiivisista tunnisteista.

#### 3.1 Passiivinen tunniste

Passiivinen RFID-tunniste on yleisimmin käytetty johtuen siitä, että se on halvin valmistaa. Passiivisessa tunnisteessa ei ole itsessään virtalähdettä, vaan se saa käyttövirtansa lukijalaitteesta. Lukijan lähettämä teho indusoi jännitteen tunnisteiden antennissa, ja tästä jännitteestä tunniste saa tiedon lähettämiseen tarvitsemansa erittäin pienen sähkövirran. Koska indusoitumisen seurauksena saatavat virrat ovat pieniä ja koska tunnisteiden hinta täytyy pitää mahdollisimman alhaisena, passiivisen tunnisteiden sisältämä tietomäärä on pieni, yleensä niihin on tallennettu ainoastaan sarjanumero. Passiiviset tunnisteet eivät sisällä omaa virtalähdettä, joten ne voidaan valmistaa erittäin pieniksi. Vuonna 2004 pienin kaupallisesti saatavana oleva passiivinen RFID-tunniste oli kooltaan 0,4 x 0,4 mm ja se oli paperiarkkia ohuempi. Passiivisten tunnisteiden lukuetaisytydet vaihtelevat 10 millimetrin ja 5 metrin välillä riippuen käytettävästä taajuudesta.

Tunniste voi olla myös paristoavusteinen (Battery-Assisted Passive, BAP), jolloin sitä voidaan kutsua myös puolipassiiviseksi tunnisteeksi. Nämä tunnisteet sisältävät oman virtalähteen, mutta ne ovat toiminnaltaan samanlaisia kuin passiiviset tunnisteet, ne

saavat lukijalta tarvittavan virran käynnistymiseensä ja alkavat lähettää sisältämäänsä tietoa. Paristoavustuksella saavutetaan kuitenkin laajempi toimintasäde ja suurempi toiminnallisuus; paristoavusteiseen tunnisteseen voi sisältyä ROM-muisti, johon on tallennettu kohteesta enemmän tietoa kuin pelkkä sarjanumero.

### **3.3 Aktiivinen tunniste**

Aktiivinen tunniste sisältää virtalähteen lisäksi oman lähettimensä. Aktiivinen tunniste voidaan myös kytkeä verkkovirtaan. Tällöin tunniste ei tarvitse sisäistä virtalähdettä lainkaan sähkökatkon varalta varmistukseen jos tunnisteen on ensisijaisen tärkeää pysyä käytössä aina. Erillisen virtalähteen vuoksi aktiiviset tunnistet eivät tarvitse ulkoista sähkömagneettikenttää lähettääkseen tietonsa eteenpäin, vaan voivat lähettää sitä joko jatkuvasti tai tietyn ajan välein. Aktiivinen RFID-tunniste on passiivista ja puolipassiivista huomattavasti suurempi ja kalliimpi, mutta niiden lukuetaisyys on yleensä jopa kymmeniä metrejä.

## **4 RFID-lukija**

Lukija on laite, jolla tunnisteen sisältämä tieto luetaan. Lukijalla tunnisteen tiedot voidaan myös tyhjentää, niitä voidaan muuttaa tai ne voidaan lukita niin, että niitä ei voi enää muuttaa.

Tunniste välittää tietonsa lukijalle joko magneettisesti (lähikenttä) tai sähkömagneettisesti (kaukokenttä). Lähikentässä lukijan luoma kenttä indusoi sähkövirtaa passiiviseen tai puolipassiiviseen tunnisteseen, jolloin tunniste voi lähettää tietonsa lukijalle, kaukokentässä sähkömagneettinen säteily, eli radioaallot, absorboituvat tunnisteseen, joka antaa tunnistelle käskyn lähettää tietonsa.

Lukijoita on kahta tyyppiä; kannettavia ja kiinteitä. Kannettavissa lukijoissa on vain yksi antenni, joten niiden vaikutusalue on rajoitettu mutta kiinteä lukija voi sisältää useita antennia, joka laajentaa sen toiminta-alueen huomattavasti. Esim. suurissa varastohalleissa voidaan käyttää kiinteitä lukijoita joihin on kytketty useita antennia, jotka vastaanottavat varastoitujen tavaroiden tietoja.



Kuva 3: Yhdenlainen RFID-lukija

## 5 Taajuusalueet

RFID-järjestelmiä on neljää eri tyyppiä, jotka eroavat toisistaan siinä, millaisella taajuudella tietoa lähetetään; matalataajuiset (125 – 134 kHz), korkeataajuiset tunnistet (13,56 MHz), UHF-tunnisteteet (868 – 956 MHz) ja mikroaaltotunnisteteet (2,45 - 5,8 GHz). Näistä taajuusalueista kansainvälisessä käytössä on ainostaan 2,45 GHz:n kaista, sillä se sijaitsee ISM-taajuusalueella (Industrial, Scientific and Medical). Tämä on taajuusalue, jonka käyttöön ei vaadita erillistä lupaa.

Yleisellä tasolla on turvallista olettaa, että korkeampi taajuus johtaa parempaan tiedonsiirtonopeuteen ja pidempiin lukuetaisyysksiin, mutta tämän myötä järjestelmä on myös herkempi ulkoisille häiriöille, kun taas matalammalla taajuudella tiedonsiirtonopeus ja lukuetaisyysdet ovat heikompia häiriöalttiuden ollessa huomattavasti pienempi.

## 5.1 Pientaajuusalue

Yleisimmin LF-alueella käytetään 125 kHz:n taajuutta, mutta jotkin sovellukset käyttävät myös 134 kHz:n taajuutta tiedon lukemiseen. LF-aluetta käytetään lähinnä passiivisten tunnisteen kanssa lyhyen kantaman vuoksi.

Matalalla lukutaajuudella tiedonsiirtonopeus ja lukuetaisyys eivät ole niin suuria kuin korkeammalla taajuudella, mutta matala taajuus tarjoaa erinomaisen häiriönsiedon, joten jos tunnistetta pitää lukea objektista, joka koostuu metallista tai sisältää paljon vettä, on LF-taajuinen RFID-järjestelmä paras vaihtoehto.

LF-taajuisilla RFID-järjestelmillä lukuetaisyydet ovat yleensä luokkaa  $< 0,5$  m ja tiedonsiirtonopeus 1 kbit/s. LF-taajuusalueella käytetään yleensä induktiivista kytkeytymistä.

## 5.2 Suurtaajuusalue

HF-alueella RFID-järjestelmät käyttävät tiedon lukemiseen 13,56 MHz:n taajuutta. Korkeampi taajuus tarjoaa pidemmät lukuetaisyydet ja suuremman siirtonopeuden kuin LF-järjestelmissä ja tunnisteen valmistuskustannukset ovat huomattavasti pienemmät; passiivisten HF-tunnisteen valmistaminen on halvempaa kuin millään muulla taajuusalueella toimivan tunnisteen. HF-alueella käytetään lähinnä passiivisia tunnisteita.

Korkeamman lukutaajuuden käytössä suurin ongelma on se, että järjestelmän häiriönsietokyky kärsii suuresti. Jos luettavan tunnisteen läheisyydessä on paljon metallia, riski virheelliselle lukutulokselle kasvaa.

HF-järjestelmillä lukuetaisyydet ovat yleensä 1-1,5 m ja tiedonsiirtonopeus 100 kbit/s. HF-alueella, kuten LF-alueellakin, käytetään yleensä induktiivista kytkeytymistä.

HF-taajuudella toimiville RFID-järjestelmille on olemassa useita standardeja, kuten ISO-15693, jolla määritellään logistiikan seuranta.

### 5.3 UHF-alue

UHF-alueella RFID-järjestelmät toimivat Euroopassa yleensä 433 tai 865 Mhz:n ja Pohjois-Amerikassa 915 Mhz:n taajuuskaistalla. UHF-tunnisteiden lukuetaisyys on HF-järjestelmiä suurempi, 433 Mhz:n alueella se voi ylittää 3 metriin ja 865 - 915 Mhz:n kaistalla etäisyys voi olla jopa 10 m, ja tiedonsiirtonopeus on HF-järjestelmiä korkeampi, 640 kbit/s. UHF-alueella käytetään yleensä heijastekytkeytymistä.

Edellä mainituista taajuusalueista korkeamman käyttö on kuitenkin ongelmallista, sillä se ei ole kansainvälisesti sovittu taajuusalue, joten sen käyttöä on rajoitettu eri puolilla maailmaa eri lailla.

- Pohjois-Amerikassa taajuusalueen 902 - 928 MHz käyttö on vapaata, mutta lähetysteholle on yläraja.
- Euroopassa RFID:n käyttö taajuusalueella 865 - 868 Mhz on sallittu, mutta lukijan on oltava siten suunniteltu, että se kuuntelee käytettävää taajuutta ennen kuin se voi lähettää.
- Ranskassa taajuusalue on varattu armeijan käyttöön.
- Kiinassa ja Japanissa ei ole vapaita UHF-kaistoja, mutta sellaisen käyttöön RFID-tarkoituksessa voi hakea lupaa, joka myönnetään aluekohtaisesti.
- Australiassa ja Uudessa-Seelannissa taajuusalueen 918 - 926 Mhz käyttö on vapaata, mutta lähetysteholle on yläraja.

UHF-järjestelmän suurin haitta on huono häiriönsieto; tunnisteita, jotka on sijoitettu lähelle suuria metalliesineitä tai veden alle, ei voida lukea kovin kaukaa. Kuitenkin myös tällaisissa tapauksissa UHF-järjestelmiä saatetaan käyttää, koska sen tiedonsiirtonopeus on parempi.

Edellä mainittuja tapauksia varten UHF-alueelle on kehitetty lähikenttäsovelluksia, joiden kanssa käytetään induktiivista kytkeytymistä. Näillä voidaan lukea tunnisteita, jotka ovat esim. veden alla, tiettyyn syvyyteen asti, ja jotka sisältävät paljon tietoa.



## 5.4 Mikroaaltoalue

Mikroaaltoiset RFID-järjestelmät toimivat joko 2,45 tai 5,8 GHz taajuusalueella.

Mikroaaltojärjestelmien tiedonsiirtonopeus on kaikista järjestelmistä suurin, se voi ylittää jopa Megabitin sekuntinopeuteen ja lukuetaisyudet ovat 3 metristä ylöspäin. Kuitenkin koska mikroaaltoalueella häiriösietoisuus on vielä UHF-järjestelmiä huonompi, mikroaaltoalueen RFID:ta ei käytetä kuin hyvin harvassa erikoissovelluksessa.

Korkean tiedonsiirtonopeuden vuoksi sitä voidaan käyttää sellaisissa tilanteissa, missä tunnisteeseen täytyy tallentaa paljon tietoa. Kuitenkin em. ongelmat häiriösietoisuuden kanssa yhdistettynä tunnisteiden sekä lukijan korkeaan hintaan rajoittavat UHF-alueen käyttömahdollisuuksia.

Mikroaaltoalueella suurin sallittu lähetysteho Euroopassa on 0,5 W, jolla tunnisteiden lukuetaisyys jää turhan pieneksi. Viestintävirasto hyväksyi 4.2.2005 muutoksen tehorojoitukseen, jolloin lähetysteho on Suomessa voitu kasvattaa 2 W:iin ja lukuetaisyudet ovat tämän myötä kasvaneet.

## 6 Radiorajapinta

RFID-lukija ja -tunniste keskustelevat toistensa kanssa radioaalloilla. Se, millaista tekniikkaa yhdistämiseen käytetään, riippuu monesta tekijästä; mm. tarvittavasta kantamasta, käytettävistä taajuuksista ja käyttöiästä. Pääasialliset yhdistämistavat ovat heijasteperiaatteella kytkeytyminen ja induktiivinen kytkeytyminen.

Eri kantaman RFID-järjestelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan:

- Lähikenttä, alle senttimetrin lukuetaisyys
- Kaukokenttä, yli metrin lukuetaisyys

Lähikentässä käytetään yleisimmin sähkömagneettista kytkentää ja kaukokentässä heijastetta.

## 6.1 Induktiivinen kytkeytyminen

Normaalisti langattomaan kommunikointiin tarvitaan lähetin ja vastaanotin jokaiselta osapuolelta, joka haluaa jakaa tietoa. Passiivisissa tunnisteeissa lähetintä ei voida käyttää, koska niissä ei ole omaa virtalähdettä. Sen sijaan tunniste ja lukija yhdistetään toisiinsa käyttäen sähkömagneettista induktiota; tätä menetelmää kutsutaan induktiiviseksi tai sähkömagneettiseksi kytkeytymiseksi.

Sekä lukijan että tunnisteen antennit ovat keloja. Tunnisteen joutuessa lukijan antennin muodostamaan magneettikenttään, tunnisteen antenniin indusoituu jännite, joka tasasuunnataan ja sen jälkeen ohjataan tunnisteele käyttöjännitteeksi.

Kun tunniste on käynnistetty, se alkaa muuttaa oman antenninsa kuormaa tietyllä taajuudella. Tämä aikaansaa lukijan muodostaman kantoaaltotaajuuden ympärille ns. apukantoaallot, jotka ovat kuorman muutostaajuuden verran kantoaallon ylä- ja alapuolella. Koska lukijan ja tunnisteen antennit ovat induktion ansiosta samassa virtapiirissä, lukija havaitsee nämä apukantoaallot ja jompaa kumpaa moduloimalla tunniste lähettää lukijalle muistissaan olevan tiedon.

Induktiivinen kytkentä toimii sitä paremmin, mitä lähempänä tunnisteen ja lukijan antennit ovat toisiaan. Yleensä välimatkaksi suositellaan alle 0,15 aallonpituutta.

## 6.3 Heijastekytkeytyminen

Kun liikutaan riittävän kauaksi lukijan antennista, sen muodostama magneettikenttä hajoaa ja muodostaa radioaallon. Tämä aalto säteilee joka suuntaan, ja osuessaan tunnisteen antenniin herättää tunnisteen lähettämään tietoaan.

Heijastekytkeytyminen perustuu siihen fysikaaliseen ilmiöön, että aina kun radioaalto osuu kohteeseen, joka ei ole ko. taajuudelle ideaalinen antenni, osa aallon tehosta heijastuu takaisin. Tämän heijastuvan radioaallon ominaisuuksia muuttamalla, eli moduloimalla, tunniste voi lähettää tietoa. Modulointi voi tapahtua esim. muuttamalla antennin kuormaa, jolloin kyseessä on taajuusmodulointi, koska signaalin taajuutta muutetaan.

Jotta lukija voi saman antennin kautta sekä lähettää että vastaanottaa radiosignaalia, lähtevä ja saapuva signaali on erotettava toisistaan lukijassa. Yleensä tämä on tehty niin, että antennin perään on kytketty suuntakytkin, jolla erottaminen tapahtuu. Lisäksi, siltä varalta että lukijan ympäristössä on jokin toinen laite joka lähettää tai heijastaa sopivalla taajuudella moduloitua signaalia, lukijan on tiedettävä miten tunniste moduloi heijastunutta signaalia.

## 7 Tietoturva

RFID-tekniikan yleistyminen maksuvälineenä ja avaimien korvikkeena on aiheuttanut tarpeen kehittää tehokkaita tapoja salata tunnisteiden ja lukijan välinen kommunikaatio.

RFID:n tietoturvakysymykset nousevat esiin monilla tavoilla, mm.

- Tunnisteissa on yksilöllistä tietoa. Voiko joku haluta käyttää tätä tietoa hyväkseen, esim. kartoittaakseen kuluttajan ostotottumuksia tämän tietämättä?
- Onko satunnaisella ohikulkijalla mukanaan lukija, jolla hän voi saada selville esim. kulkukorttisi tiedot?
- Onko jäljitettävässä tavarassa vain se tunniste, joka on kiinnitetty siihen luvallisesti?

Näiden ongelmien ratkaisemiseksi voidaan esim. käyttää häirintätunnisteita, jotka tukkivat luvattomien lukijoiden vastaanoton estäen näin sitä lukemasta minkään lähellä olevan tunnisteiden tietoja.

Tunnisteet voidaan myös varustaa ns. "tappokytkimellä", joka väärinkäytösten sattuessa, tai kaupan tapauksessa kun RFID-tunnisteella merkitty tuote ostetaan, sulkee tunnisteiden toiminnan kokonaan. Vaikka tämä käytäntö voi estää tunnisteiden luvattoman lukemisen, ei se kuitenkaan estä ylimääräisten, luvattomien tunnisteiden käyttämistä.

Kulunvalvonnan sovelluksissa suurin ongelma on tunnisteiden kopiointi. Jos pääsyä johonkin tilaan halutaan rajoittaa siten, että mahdollisimman pienellä vaivalla saadaan esim. uudelle työntekijälle pääsy tilaan, on RFID-periaatteella toimiva sähköinen avain hyvä vaihtoehto. Kuitenkin tämän järjestelmän pitää olla siten toteutettu, että jos

kulkuoikeuden omaavan tunnisteiden tiedot luetaan ja tunniste kloonataan jonkun ulkopuolisen toimesta, tätä ylimääräistä tunnistetta ei saa pystyä käyttämään.

Tällöin järjestelmä voidaan varustaa jonkinlaisella salaustekniikalla. Yleisimmin käytettyjä tekniikoita ovat rullaava koodi tai kysymys-vastaus.

Rullaavalla koodilla salatuissa järjestelmissä lukija ja tunniste käyttävät tiettyä yhteistä algoritmiä laskeakseen lyhyen bittijonon, jonka perusteella lukija tietää tunnisteiden olevan sallittu. Tämä koodi muuttuu jokaisella lukukerralla. Jos järjestelmässä on useita lukijoita, niiden pitää olla yhteydessä toisiinsa, jotta järjestelmä toimisi.

Kysymys-vastaus -periaatteella salatuissa järjestelmissä tunnisteiden tietoja ei lähetetä missään vaiheessa radiorajapintaan. Lukija lähettää satunnaisen kyselykoodin, jonka tunniste ajaa algoritmin läpi saaden tuloksena lähetettävän vastauksen. Vastauksen saavuttua lukijalle, tämä ajaa sen oman algoritminsa lävitse ja tuloksen perusteella joko sallii tai hylkää pääsyn. Tällainen salaustapa estää myös tunnisteiden kopioimisen, koska käytettävä algoritmi on aina tietylle järjestelmälle yksilöllinen ja sitä ei voi lukea tunnisteesta tai lukijasta.

Koska salattu järjestelmä vaatii tunnisteilta enemmän tiedon käsittelyä ja sitä kautta enemmän tietojen käsittelevää elektroniikkaa, niiden hinta on selkeästi korkeampi sekä ne kuluttavat huomattavasti enemmän virtaa. Siksi suojattuja järjestelmiä ei yleensä käytetä muualla kuin sellaisissa sovelluksissa, missä turvallisuus on kustannustehokkuutta tärkeämpää.

## **8 RFID:n edut ja haitat**

Verrattuna viivakoodilla tunnistamiseen, RFID:n suurin etu on se, ettei tunnisteeseen tarvita suoraa näköyhteyttä ja tunniste voidaan lukea suhteellisen pitkänkin matkan päästä. Lisäksi aktiivisella RFID-järjestelmällä voidaan varaston inventaario tehdä nopeasti ilman valtavaa työmäärää. Jos järjestelmä on rakennettu siten, että koko varaston pinta-ala on katettu lukijoiden antennilla, voidaan kaikki siellä olevat tunnisteet pyytää ilmoittamaan itsestään ja näin saadaan ajantasainen tieto varastosaldoista ilman inhimillisen virheen vaaraa. Lisäksi tuotteen matkaa

valmistuksesta varastoon ja edelleen esim. myymälään voidaan seurata lähes reaaliaikaisesti, joten selvittämättömien varkauksien, ja sitä myötä turhan hävikin, todennäköisyys pienenee huomattavasti.

RFID-järjestelmää käyttäen myös mm. varastojen ylläpito- ja henkilöstökulut alenevat, kun työntekijöiden tarvitsee nähdä vähemmän vaivaa inventointiin ja itse tuottavalle työlle jää enemmän aikaa. Myös saldojen ylläpito on helpompaa: jos jokin tuote on loppumassa, varaston saldoja tarkkaileva tietokone voi hoitaa tilauksen automaattisesti.

RFID-tekniikan suurimmat rajoitukset liittyvät itse järjestelmän kustannuksiin ja turvallisuuteen. Vaikka varsinkin passiivisten RFID-tunnisteiden hinta on pudonnut todella paljon, ne ovat silti huomattavasti kalliimpia kuin perinteiset viivakooditarrat. RFID-tunnisteen hankintahinta voi alhaisimmillaan olla hieman alle 0,10 \$ kappaleelta, kun tunnisteita tilataan 10 000 000 kpl tai enemmän. Keskimäärin tunnisteiden hinnat pyörivät muutaman kymmenen sentin tienoilla, ja mitä enemmän tunniste kuluttaa virtaa, sitä enemmän se maksaa. Viivakooditarrat maksavat vain muutamia senttejä kappaleelta, ja RFID-tunnisteita käytettäessä kustannuksia aiheuttavat myös huolto, esim. aktiivisten tunnisteiden tapauksessa virtalähteen uusiminen/lataaminen. Lisäksi RFID-lukijat ovat huomattavasti kalliimpia kuin viivakoodilukijat.

RFID-järjestelmän toimintaperiaate altistaa sen helposti luvattomalle käytölle. Jotkin aktiiviset tunnisteet lähettävät tietoaan automaattisesti ja niiden kantama on kohtuullisen suuri, joten niiden tietoja voi lukea helposti kauempaakin, eikä siihen välttämättä tarvitse varsinaista RFID-lukijaa. Myös jotkin passiiviset tunnisteet toimivat kohtuullisen matkan päästä. Ne vaativat oikealla taajuusalueella toimivan RFID-lukijan, mutta ilman erityisiä turvaominaisuuksia niitä voi lukea millä tahansa lukijalla. Näitä ongelmia voidaan kiertää erilaisilla lisäominaisuuksilla, mutta ne kuitenkin lisäävät tunnisteiden virrankulutusta ja hintaa huomattavasti.

## 9 Käytännön esimerkki

Yksi esimerkki, jossa RFID-järjestelmää voisi käyttää, on sairaalan hoitovälineistön jäljittäminen. Hoitovälineet ovat laitteita, joiden sijainti tarvitsee tietää koko ajan ja RFID olisi hyvä tapa pitää kirjaa missä mikäkin laite on.

Kaikkiin laitteisiin kiinnitetään tunniste ja oviin asennetaan lukijat. Aina kun tunnisteella varustettu laite kulkee lukijalla varustetusta ovesta, tietokantaan lisätään tieto tästä. Myös viimeistä edeltävä ovi tarvitsee olla tiedossa, jotta voidaan tietää kumpaan suuntaan ovesta on kuljettu.

Tunnisteen lukeminen voidaan hoitaa joko niin, että kuljettava henkilö käyttää käsilukijaa joka kerran tai lukeminen tapahtuu automaattisesti.

Käsilukijan käyttämisessä suurin ongelma on se, että ei ole mitään keinoa valvoa, käyttääkö jokainen lukijaa joka kerta. Automaattisen lukemisen suurin ongelma on se, että se tulee kalliimmaksi, koska lukijan antenniin tarvitsee syöttää suurempi teho ja antennin on oltava suurempi.

Paras tapa toteuttaa tunnisteen lukeminen automaattisesti olisi asentaa oviaukkoihin porttimaiset antennit, joiden lävitse kulkeminen saa lukijan lukemaan tunnisteen. Tunniste kirjataan tietokantaan, joka sisältää tiedot kaikista tunnisteista ja siitä oviaukosta mistä se edellisen kerran on kulkenut sekä jonkinmittaisen historian aiemmista liikkeistä. Näin toimimalla kun tarvitaan tieto siitä, missä jokin laite on, voidaan tarkistaa tietokannasta mistä ovesta laite on viimeksi kulkenut. Historian avulla saataisiin myös tieto siitä, mihin suuntaan laite on kulkenut koska tiedettäisiin mistä ovesta laite on edellisen kerran mennyt.

Järjestelmän rakenteeseen voitaisiin myös lisätä toiminto, joka aiheuttaa jonkinlaisen hälytyksen tai ilmoituksen jos halutaan rajata jokin tai jotkin laitteet tietylle alueelle. Jos ko. laite kuljetetaan määrätyn alueen ulkopuolelle, voisi esim. lähimmällä hoitajien pisteellä ilmestyä tietokoneen ruudulle ilmoitus tapahtuneesta, jotta siihen voidaan reagoida.

Tietokantamerkinnot voisivat sisältää esim. seuraavat tiedot:

- mikä laite on kyseessä
- laitteen sarjanumero
- osasto, johon laite kuuluu
- mahdollinen rajattu alue, jossa laitetta voi liikuttaa
- kaksi tai enemmän viimeistä merkintää, missä laite on havaittu.

Tällaisen järjestelmän suurin etu olisi se, että sen käyttäminen vähentäisi merkittävästi hoitolaitteiden etsimisestä aiheutuvaa vaivaa. Kun tiedetään jatkuvasti missä mikäkin laite on, ei pääse syntymään tilannetta, jossa jotakin tiettyä laitetta tarvitaan mutta ei tiedetä missä se on, koska joku on siirtänyt sitä eikä esim. ole paikalla juuri silloin.

Suunnittelu ja rakentaminen kuitenkin maksavat ja järjestelmän toteuttaminen, testaaminen ja käyttöönotto veisivät aikaa ja aiheuttaisivat vaivaa. Näin ollen sairaalat eivät todennäköisesti ole kovin halukkaita rakentamaan tällaista järjestelmää huolimatta siitä, kuinka paljon siitä olisi pitkällä aikavälillä hyötyä.

## Lähteet

SFS 301-1 Osa 1: Opas. Johdatus tekniikkaan 2010. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

RFIDLab Finland ry - Viestintävirasto hyväksynyt muutoksen UHF-taajuusalueen RFID-lukijoiden tehorojoitukseen Suomessa [www-uutinen] [viitattu 10.12.2010].  
*<http://www.rfidlab.fi/artikkelit/viestintävirasto-hyväksynyt-muutoksen-uhf-taajuusalueen-rfid-lukijoiden-tehorojoitukseen/>*

RFIDLab Finland ry - RFID-tekniikan historia [www-artikkeli] [viitattu 15.1.2011].  
*[http://www.rfidfinland.com/drupal-6.12/RFID-tekniikan\\_historia.html](http://www.rfidfinland.com/drupal-6.12/RFID-tekniikan_historia.html)*

RFID Journal - The Basics of RFID Technology [www-artikkeli] [viitattu 15.1.2011].  
*[http://www.rfidfinland.com/drupal-6.12/RFID-tekniikan\\_historia.html](http://www.rfidfinland.com/drupal-6.12/RFID-tekniikan_historia.html)*

Radio-Electronics.com - RFID coupling techniques - backscatter, capacitive, inductive [www-artikkeli] [viitattu 20.2.2011].  
*<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/coupling-backscatter-inductive-capacitive.php/>*

Radio-Electronics.com - RFID Frequencies and Frequency Bands [www-artikkeli] [viitattu 21.2.2011].  
*<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/low-high-frequency-bands-frequencies.php>*

Radio-Electronics.com - RFID Security & Privacy [www-artikkeli] [viitattu 21.2.2011].  
*<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/security-privacy.php>*

Tietokone-lehti - Rfid tunnistaa kaiken [www-artikkeli] [viitattu 1.3.2011].  
*[http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone\\_3\\_2004/rfid\\_tunnistaa\\_kaiken\\_3126](http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_3_2004/rfid_tunnistaa_kaiken_3126)*

Scienceprog.com - How does RFID tag technology work [www-artikkeli] [viitattu 26.3.2011].  
*<http://www.scienceprog.com/how-does-rfid-tag-technology-works/>*