



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

LF RFID -TEKNIIKAN KORVAAMINEN UHF RFID -TEKNIIKALLA

TEKIJÄ: Jarkko Paananen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Elektroniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jarkko Paananen	
Työn nimi LF RFID -tekniikan korvaaminen UHF RFID -tekniikalla	
Päiväys 26.3.2013	Sivumäärä/Liitteet 41/7
Ohjaaja(t) yliopettaja Arto Toppinen ja lehtori Väinö Maksimainen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savon koulutuskuntayhtymä / projektipäällikkö Sami Pekonen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työ toteutettiin automatisoituun pesulaan, jossa vaatteet tunnistetaan matalataajuisella etätunnistuksella. Pesulas- sa oli yritetty korvata matalataajuisen etätunnistusjärjestelmää korkeataajuisella etätunnistusjärjestelmällä. Työn tavoitteena oli ratkaista ongelmat, joita vaihdoksessa ilmenee. Ongelmia olivat vanhan ja uuden järjestelmän rin- nakkain toimiminen, etätunnistettavan tunnistuksen kohdistaminen, etätunnistettavien yhtäaikainen tunnistus ja ettei samaa etätunnistettavaa tunnistettaisi kahdesti. Lisäksi tehtiin hinta-arvio uudesta järjestelmästä sekä vertai- lua eri laitteista.</p> <p>Työssä perehdyttiin korkeataajuisien etätunnistettavien laitteiden standardeihin, selvitettiin mitä laitteita on tarjolla ja miten niitä voi verrata keskenään, sekä testattiin matalataajuisen etätunnistusjärjestelmän ja korkeataajuisen etätunnistusjärjestelmän yhtäaikaista toimintaa. Pesulan tiloissa suoritettiin häiriömittauksia spektrianalysointilla. Puuvillakankaan vaikutus tunnistusetaisyteen selvitettiin mittaamalla kohinajännitteen suuruus jännitemittarilla.</p> <p>Uudessa järjestelmässä on käytettävä ISO18000-6 C ja EPC Class 1 Generation 2 -standardien laitteita. ISO18000-6 C -standardissa on paranneltu yhtäaikainen tunnistus ja EPC Class 1 Generation 2 -standardissa on paranneltu tagien tekniikkaa. Uusi ja vanha järjestelmä saadaan toimimaan rinnakkain virittämällä järjestelmät uudestaan. Saman tagin moninkertainen tunnistaminen ratkaistaan tietokoneohjelmistossa. Etätunnistuksen kohdistamiseen voidaan vaikuttaa antennin sijoittelulla, antennin tyypillä ja lukijan lähetystehoja säättämällä. Tärkeistä paras valinta pesulaympäristöön on kangas-tagit. Kangas-tagien tunnistusetaisyys on suurempi. Kangas-tagin päällä voi olla use- ampi vaatekerros, jolloin yhtäaikainen tunnistus saadaan likasäkiä purkamatta vaatteita. Kosteuden kankaan vaiku- tus on todella suuri tunnistusetaisyteen. Parasta on laittaa vaatteet kuivana likasäkiin. Hinta-arvioksi uudelle järjestelmälle saatiin 15 000 - 65 000 €.</p>	
Avainsanat LF, UHF, RFID, tag, lukija, pesula, etätunnistus	
Luottamuksellisuus Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electronic Engineering			
Author(s) Jarkko Paananen			
Title of Thesis Replacing LF RFID -Technology of by UHF -Technology			
Date	26 March, 2013	Pages/Appendices	41/7
Supervisor(s) Mr Arto Toppinen, Senior Lecture and Mr Väinö Maksimainen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Savo Consortium of education / Mr Sami Pekonen, Project manager			
<p>Abstract</p> <p>The project was done for an automated laundry with low frequency identification devices for clothes. The aim was to solve the problems that occur when replacing the low-frequency RFID identification system by the high-frequency RFID identification system. The problems were the simultaneous functioning of the old and new system placed parallelly, concentration of the remote identification, simultaneous identification of tags and avoiding double identification of tags. This final project was commissioned by Savo consortium of education.</p> <p>A cost estimate for the new system was made. Different high-frequency remote identification systems were compared as well as. The work was carried out by studying the standards of high-frequency remote identification device, by finding out which equipment is available, and how they can be compared to each other, and testing simultaneous functioning of the low-frequency RFID identification system and the high frequency RFID identification system as well as. In addition, interference measurements were carried out in the laundry facilities, and the impact of cotton cloth on the distance of remote identification was also studied.</p> <p>As a result of this project it was found out that the ISO18000-6 Type C and the EPC Class 1 Generation 2 standard equipment have to be used in the new system. Simultaneous remote detection in the ISO18000-6 Type C was improved and tag technology in the EPC Class 1 Generation 2 was enhanced. The new and the old system can be made to operate parallelly by tuning the systems again. Multiple identification of the same tag is solved in the computer software. Placing and the type of the antenna and adjusting transmission power of the reader affect the identification devices. A fabric tag proved to be the most suitable for the laundry environment due to longer detection distance. It is possible that there are several layers of cloth on the fabric tag, in which case simultaneous detection can be made in the laundry basket without taking the clothes out of it. Damp cloth significantly reduces the identification distance. Therefore the best way is to put the clothes dry in the laundry basket. The cost estimate for the new system is 15000-65000 €, depending on which equipment is used and how much the dealers will charge.</p>			
Keywords LF, UHF, RFID, tag, reader, laundry, remote identification			
Confidentiality public			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on tehty vuonna 2013 Kuopiossa. Työ on tehty Savon koulutuskuntayhtymän tilaamana Sakupe-yritykselle. Sakupe on Suomen johtava teollisuuspesula. Huipulla pysyminen edellyttää jatkuvaa toiminnan kehittämistä. Opinnäytetyössä kehitetään teollisuuspesulan vaatteiden tunnistusta. Opinnäytetyö on esitetty Technopoliksella seminaarissa 26.4.2013. Ohjaavana opettajana oli yliopettaja Arto Toppinen ja toisena ohjaavana opettajana lehtori Väinö Maksimainen.

Kiitokset työn tilaajalle opinnäytetyömahdollisuudesta sekä loistavasta yhteistyöstä. Kiitokset ohjaaville opettajille hyvästä ohjauksesta.

Kuopiossa 28.3.2013

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	RFID-TEKNIikka	8
2.1	Toimintaperiaate	8
2.2	RFID-järjestelmät	8
2.2.1	Yhden bitin järjestelmät	9
2.2.2	Usean bitin järjestelmät	9
2.2.3	FDX -, HDX - ja SEQ -järjestelmien vertailu	10
2.3	Digitaalimodulaatio	11
2.4	Antennit	12
2.5	Tagit	13
2.6	Tagien massaluenta	13
2.7	Lukija	14
2.8	Standardit	14
2.8.1	EPC-standardi	15
2.8.2	ISO 18000 -standardi	16
2.8.3	ETSI (EN 302 208)	17
3	AUTOMATISOIDUN PESULAN RFID-JÄRJESTELMÄ	18
3.1	LF RFID -järjestelmä	18
3.2	Antenni	19
3.3	Lukupisteet	20
3.4	Ohjelmistot	20
4	JÄRJESTELMÄVAIHDOKSESSA ILMENNEET ONGELMAT	21
4.1	Luennan kohdistaminen	21
4.2	Luketaisyys	22
4.3	LF RFID -järjestelmän ja UHF RFID -järjestelmien toiminta rinnakkain	24
4.4	Yhtäaikainen ja kertatunnistus	24
5	JÄRJESTELMÄN VALINTA	25
5.1	Antennit	25
5.2	Lukijat	25
5.3	Käsilukijat	26
5.4	Tagit	26

5.5	Hinta-arvio UHF-järjestelmälle	27
6	MITTAUKSET	28
6.1	Rinnakkaintoiminnan testaus	28
6.2	Vaatekerrosten vaikutus lukuetaisyyteen.....	29
7	YHTEENVETO.....	33
	LÄHTEET	34

1 JOHDANTO

Automatisoidussa pesulassa, Sakupe-yrityksessä vaatteet tunnistetaan ja erotellaan matalataajuisella etätunnistuksella. Jokainen vaate sisältää tagin, jonka lukija tunnistaa. Tavoitteena on saada nopeutettua vaatteiden tunnistusta. Uudessa etätunnistusjärjestelmässä ensimmäinen ongelma on siinä, että RFID (radio frequency identification) UHF (ultra high frequency) tunnistaa vaatteiden kauempana ja sellaisista paikoista, jossa tunnistusta ei saa olla. Seuraava ongelma liittyy siihen, että LF (low frequency)- ja UHF-laitteet eivät toimi keskenään. Kolmas ongelma on, että vaatteet pitää nyt tunnistaa yksi kerrallaan, mutta UHF-laitteilla tulisi tunnistaa kaikki kerrallaan. Neljäs ongelma on, että samaa tagia ei saa lukea kahdesti.

Uusi järjestelmä tulee olemaan tehokkaampi, nopeampi ja varmempi. Työn tavoite on kerätä niin paljon tietoa, että uusi järjestelmä voidaan ottaa käyttöön. Työn tulokset tulevat suoraan käyttöön, kun uutta järjestelmää ryhdytään tekemään.

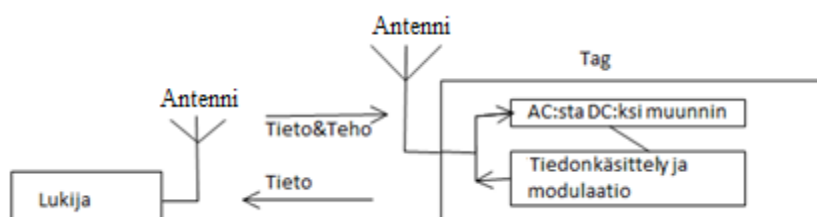
Työ toteutetaan Savonia-ammattikorkeakoulun, Savon kuntayhtymän ja Sakupe Oy:n tiloissa pääsääntöisesti itsenäisesti tietoa etsien ja testauksia tehden Savonian laboratoriossa. Kun on saatu tarpeeksi testaustuloksia, voidaan siirtyä Sakupe Oy:n tiloihin testaamaan. Työn suorittaminen vaatii hyvää perehtymistä RFID-tekniikkaan. Aiheesta löytyy runsaasti materiaalia ja siihen tutustuminen vie paljon aikaa. Työn tekemisen aikana ei tarvita erityislupia. Vanhan järjestelmän suunnitelleen Identoi Oy:n pyynnöstä ohjelmistojen tarkkoja toimintoja ei kuvata.

2 RFID-TEKNIikka

RFID-tekniikalla tarkoitetaan radiotaajuista etätunnistusta. UHF RFID -tekniikka on kehitetty sähköiseen tuotetunnistukseen. Tarkoitus on, että viivakoodeista luovuttaisiin tulevaisuudessa. Sähköistä tuotteen tunnistusta on kehittänyt Electronic Product Code (EPC), joka on luotu Massachusetts Institute Of Technology (MIT). Tällä hetkellä järjestelmää hallinnoi EPCglobal, joka on European Article Number:n (EAN) ja Uniform Code Council:n (UCC) yhteishanke. EPC:ssä Gen2-tageissa on 96-bittinen tuotekoodi, jolla saadaan 79 228 162 514 264 337 593 543 950 336 tuotekoodia. On laskettu, että tuotekoodit riittävät seuraavaksi tuhatvuodeksi. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 2 - 9.)

2.1 Toimintaperiaate

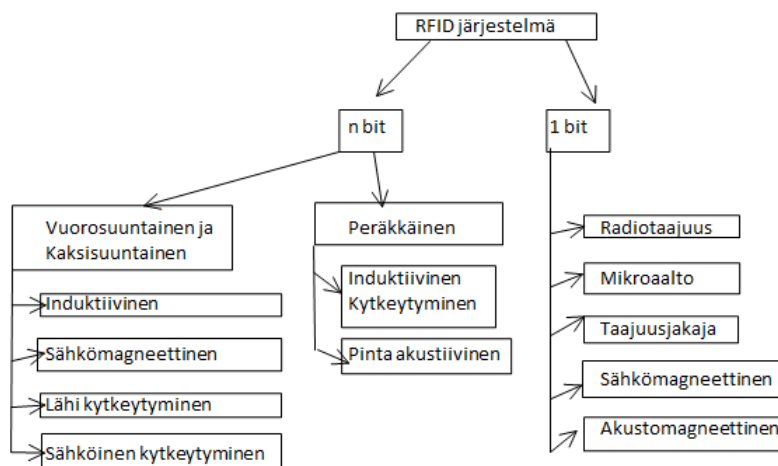
RFID-järjestelmässä on kolme perusosaa: lukija, tagi ja antenni (kuvio 1). Lukija lähettää sähkömagneettista aaltoa antennista tagille, jolloin tagi saa käyttöjännitteen. Lähetettävän sähkömagneettisen aallon mukana voidaan lähettää myös tietoa. Kun tagi on latautunut, se lähettää takaisin tietoa antennista lukijalle. UHF-tagin sisällä on AC:sta DC:ksi muunnin, jossa tieto muunnetaan binariseen muotoon. Binaarinen tieto käsitellään ja tietoa vastaavat toiminnot toteutetaan. Seuraavaksi moduloidaan lähetys takaisin. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 54 - 57.)



KUVIO 1. Kaavio RFID-järjestelmän toiminta

2.2 RFID-järjestelmät

RFID-järjestelmiä on useita erilaisia. Järjestelmät voidaan jakaa omiin luokkiinsa datan, viestinnän ja tiedonsiirron perusteella (kuvio 2). (Finkenzeller ja Waddington 2003, 30.)



KUVIO 2. RFID-järjestelmien jako omiin luokkiinsa

2.2.1 Yhden bitin järjestelmät

Pienin mahdollinen siirrettävä tietomäärä tietoliikenteessä on yksi bitti. Yhden bitin järjestelmissä on vain kaksi tilaa; joko yksi tai nolla. Tämän tyyppin sovellukset ovat usein hälytinjärjestelmiä RFID-tekniikassa.

Yhden bitin radiotaajuus ja mikroaaltojärjestelmät toimivat LC (kela kondensaattori) -värähtelijätekniikalla (kuvio 2). Lähetinpiiri lähettää radioaallon, josta tagin LC-piiri saa käyttöjännitteen, jolloin piiri alkaa värähdellä. Vastaanottopiirissä luetaan saapunut radioaalto tagilta. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 30 - 35.)

Yhden bitin taajuusjakajajärjestelmät toimivat samoin kuin mikroaalto- ja radiotaajuusjärjestelmät (kuvio 2). Erona on, että kun tagilta lähetetään radioaalto lukijalle, lähetettävä taajuus joko kerrotaan tai jaetaan kahdella. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 30 - 35.)

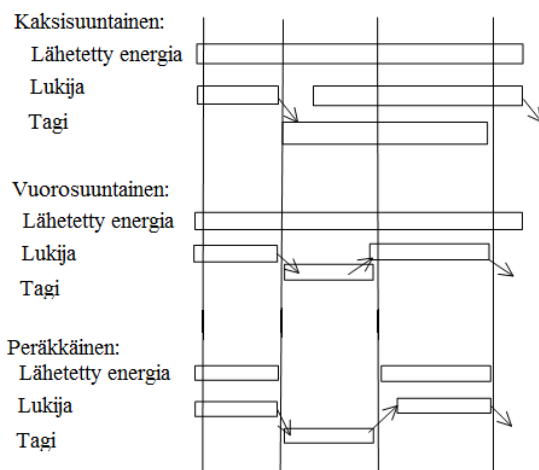
Yhden bitin sähkömagneettisessa järjestelmässä tageissa käytetään vahvoja magneetteja (kuvio 2). Erivahvuuksisilla magneeteilla saadaan aikaan erilaisia taajuuksia, jotka tunnistetaan lukijalla. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 36 - 37.)

Yhden bitin akustomagneettisessa järjestelmässä tutkitaan muuttunutta sähkömagneettista aaltoa (kuvio 2). Lähetin lähettää sähkömagneettisen aallon lukijalle. Kun akustomagneettinen materiaali viedään lähettimen ja lukijan väliin, akustomagneettinen materiaali muuntaa lähetettyä pulssia, mikä havaitaan lukijassa. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 37 - 40.)

2.2.2 Usean bitin järjestelmät

Usean bitin järjestelmillä siirrettävä tietomäärä on suurempi kuin yksi bitti (kuvio 2). Useiden lähetettävien bittien ryhmiä sanotaan merkeiksi. Merkkien suuruus riippuu modulointitavasta. RFID UHF-tekniikassa käytetään yleisesti digitaalista modulointia. Näitä erilaisia modulointitapoja on noin 60.

Usean bitin järjestelmässä lukijan ja tagin kommunikointi voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Niitä ovat vuorosuuntainen, kaksisuuntainen ja peräkkäinen kommunikointi (kuvio 3). Kaksisuuntaisessa tavassa lukija voi kommunikoida tagin kanssa lähes yhtä aikaa. Vuorosuuntaisessa tavassa lukija lähettää tagille viestin ja odottaa vastausta. Peräkkäisessä tavassa lukija lähettää energia-aallon, jossa on komennot mukana. Tagi vastaa hetken kuluttua tähän viestiin.



KUVIO 3. Kommunikointitavat

Usean bitin kaksi- tai vuorosuuruntaisessa induktiivisessa järjestelmässä (kuvio 2) tieto lähetetään induktion avulla. Induktio toteutetaan kelalla lukijassa, jonka välittämä tieto siirtyy tagin kelalle. Sähkömagneettisia järjestelmiä, joissa lukuetaisyys on suurempi kuin yksi metri, sanotaan pitkän matkan järjestelmiksi. Nämä ovat UHF RFID -järjestelmiä. Lähikytkeytymisjärjestelmissä lukuetaisyys on alle 10 mm. Näissä tieto lähetetään induktiivisesti käämillä tai dipoliantennilla heijastaen. Sähköisessä kytkeytymisjärjestelmässä lukija tekee voimakkaan korkeataajuisen kentän lukijan elektrodin ja maan välille. Kun tagi viedään lukijan kenttään, lukijasta korkeataajuinen kenttä kytkeytyy tagiin ja tagista maihin. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 47 - 53.)

Usean bitin peräkkäisessä induktiivisessa järjestelmässä tieto lähetetään induktion avulla (kuvio 2). Induktio toteutetaan kelalla lukijassa, jonka välittämä tieto siirtyy tagin kelalle. Pinta-akustiivisessa järjestelmässä lukija lähettää signaalin tagille. Tagin dipoliantenni välittää signaalin akustiiviselle materiaalille, joka muuntaa signaalin erilaiseksi. Erilainen signaali voidaan havaita lukijassa. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 54 - 59.)

2.2.3 FDX -, HDX - ja SEQ -järjestelmien vertailu

Vertailtaessa FDX (kaksisuuntainen) -, HDX (vuorosuuruntainen) - ja SEQ (peräkkäinen) -järjestelmiä (kuvio 3) kaksisuuntaisessa järjestelmässä tietoa voidaan lähettää samaan aikaan, kun sitä vastaanotetaan. Vastavuoroisessa järjestelmässä tietoa lähetetään ja sitten vastaanotetaan. Kummassakin järjestelmässä lähetetään koko ajan energiaa tagille, jolloin tagin suunnittelussa on tehtävä aina kompromissi tehon ja jännitteen välillä. Tilanne on kokonaan toinen peräkkäisessä järjestelmässä, koska energiaa lähetetään vain silloin, kun tagille annetaan luku- tai kirjoituskäsky. Tagi on lepotilassa tai virransäästötilassa, jolloin tagin tehon ja jännitteen kulutus on pienempi. Peräkkäisessä järjestelmässä lukijan on pysäytettävä tiedon lähetys siksi aikaa, kun tagi lähettää tietoa. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 54 - 61.)

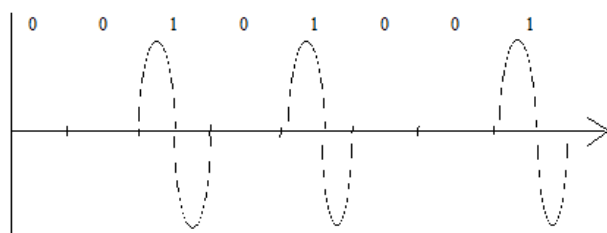
Käytettäessä HDX:ää saadaan kaksinkertainen suorituskyky verrattuna FDX:ään. Tämä johtuu siitä, että yhden bitin lähettämiseen tarvitaan FDX:ltä kaksi kertaa enemmän aikaa. FDX:llä taas voidaan

saavuttaa kaksi kertaa suurempi lukuetäisyys kuin HDX:llä. FDX-järjestelmässä käytetään amplitudimodulaatiota, kun taas HDX-järjestelmässä käytetään taajuusmodulaatiota. Taajuusmodulaation haittapuolia on, että taajuus lukittuu vahvimmin lähtävään tagiin ja taajuusmodulaatio on herkempi ulkopuolisille häiriöille. Amplitudimodulaatiossa haittana on, että lähetyksen on oltava täsmällisen 100 % tai tunnustusta ei tapahdu. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 54 - 65.)

2.3 Digitaalimodulaatio

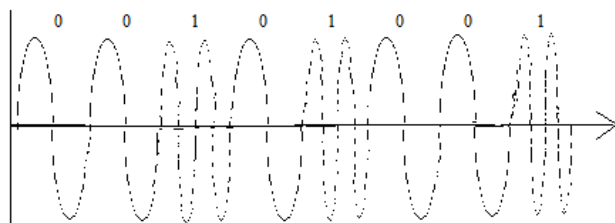
Digitaalimodulaatiossa binaarinen tieto muutetaan analogiseksi signaaliksi. Modulointitapoja on noin 60 erilaista. RFID-tekniikassa käytetään ASK (amplitude shift keying) -, FSK (frequency shift keying) - ja PSK (phase shift keying) -modulointimenetelmiä. On myös huomattava, että näistä eri modulaatitavoista on vielä useita eri variaatioita, esimerkiksi PSK:sta on 2PSK, 4PSK ja 8PSK. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 185 - 193.)

ASK:ssa tehdään amplitudimodulaatio (kuvio 4). Kun digitaalinen data on nolla, analoginen signaali on nolla. Kun digitaalinen data on yksi, analogisessa signaalissa tehdään kaksi huippua, jotka edustavat ykköstä. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 185 - 193.)



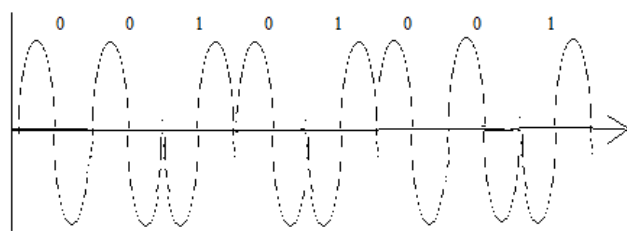
KUVIO 4. Amplitudimodulaatio

FSK:ssa tehdään taajuusmodulaatio (kuvio 5). Kun digitaalinen data on nolla, analoginen signaali muutetaan matalammaksi taajuudeksi, jota kutsutaan välitaajuudeksi. Kun digitaalinen data on yksi, analoginen signaali muutetaan korkeammaksi taajuudeksi, jota kutsutaan merkkitaajuudeksi. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 185 - 193.)



KUVIO 5. Taajuusmodulaatio

PSK:ssa tehdään vaihemodulaatio (kuvio 6). Kun digitaalinen data on nolla, analogisen signaalin vaihe on nolla astetta. Kun digitaalinen data on yksi, analogisen signaalin vaihe on 180 astetta. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 185 - 193.)

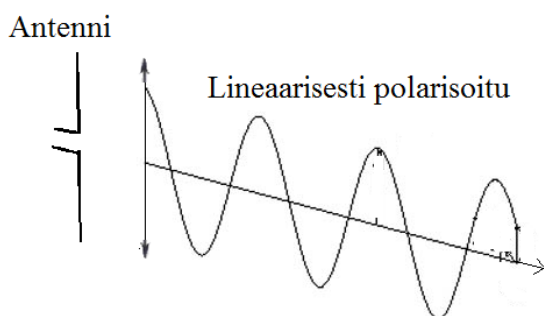


KUVIO 6. Vaihemodulaatio

2.4 Antennit

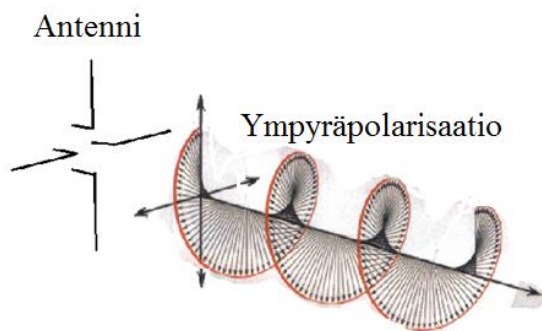
RFID-tekniikassa kaksi yleisintä antennityyppiä ovat lineaarisesti polarisoitu ja ympyräpolarisoidut. Lineaarisesti polarisoidulla saadaan suuri lukuetaisyys, mutta huono luentatarkkuus. Ympyräpolarisoidulla saadaan luenta tarkaksi, mutta lukuetaisyys on huomattavasti pienempi. Ympyräpolarisoiduissa antennit pienentävät 3 dB lähetystehoa. Polarisaatiolla tarkoitetaan sähkömagneettisten kenttien vektorisuureiden tiettyä suuntaa avaruudessa. (Räsänen ja Lehto 1993).

Lineaarisesti polarisoidussa antennissa lähetetään sähkömagneettinen aalto suoraan (kuvio 7). Tällä tavalla saadaan tagin lukuetaisyys kasvatettua maksimiin, mutta tagin on oltava suoraan lukijaan päin. Tällaiset antennit sopivat parhaiten, kun tagin sijainti tiedetään ennalta jolloin antenni voidaan kohdistaa valmiiksi. Lineaarisesti polarisoidut antennit ovat dipoliantenneja. Vahvin lähetys saadaan, kun antenni on puolentoista radioaallonpituinen. Jos antenni on päällystetty vaikkapa muovilla, se heikentää antennin ominaisuuksia, jolloin antennista on tehtävä pidempi.



KUVIO 7. Lineaarisesti polarisoitu

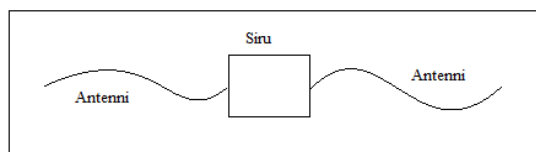
Ympyräpolarisoidussa antennissa lähetetään sähkömagneettinen aalto 90 asteen kulmassa toiseen aaltoon nähden (kuvio 8). Tuloksena on, että lähetettävä aalto saadaan pyörimään, jolloin lukemistarkkuutta saadaan kasvatettua. Tagi voi olla eri kulmissa ja asennoissa lukijaan päin. Tällaiset antennit sopivat parhaiten tilanteisiin, jossa tagin sijaintia ei tunneta ennalta tarkkaan, jolloin antennia ei voida kohdistaa parhaaseen mahdolliseen asentoon.



KUVIO 8. Ympyräpolarisoitu

2.5 Tagit

RFID UHF ja RFID LF -tekniikoissa tagissa on mikrosiru ja antenni (kuvio 9). Mikrosirun valmistajia on tällä hetkellä noin kymmenen. Mikrosirun tekninen toteutus riippuu valmistajasta. Valmistajien mikrosiruissa on paljon eroja: eroja tulee lämmönkestävyydestä, muistista, koosta, virrankulutuksesta, lähetintehosta ja materiaaleista. Lisäksi antennin koolla on merkitystä: mitä suurempi antenni, sitä suurempi tunnistusetäisyys. Myös mikrosirun ja antenni päällä olevat materiaalit vaikuttavat tunnistusetäisyyteen.



KUVIO 9. Tagi

2.6 Tagien massaluenta

Massaluennalla tarkoitetaan useamman tagin tunnistamista samanaikaisesti. Massaluennan perusongelma on, että tagien lähettämät radioaallot sekoittuvat keskenään. UHF RFID -tekniikassa on ISO 18000-6 -standardi, jossa ongelma on ratkaistu kahdella eri tekniikalla. Tyypissä a käytetään binaaripuuhaakua, tyypissä b käytetään alohahakua ja tyyppi c on näiden yhdistelmä.

Binaaripuuhauksessa lukija lähettää aluksi pyynnön kaikille tageille, jolloin kaikki vastaavat yhtäaikaan (kuvio 10). Lukijalle vastaa neljä tagia, joista huomataan, että kolme merkkiä vain muuttuu. Näitä kolmea merkkiä tutkimalla voidaan saada selville, mitkä tagit ovat kyseessä. Seuraavaksi lukija lähettää pyynnön, jossa muutetaan yhtä merkkiä näistä kolmesta. Toisessa lajittelussa huomataan, että enää on jäljellä kolme tagia, joista kaksi merkkiä vain muuttuu. Kolmannessa lajittelussa muutetaan yhtä merkkiä näistä kahdesta. Tuloksena on enää yksi tagi, jolloin tagi voidaan valita ja se voidaan lukea tai siihen voidaan kirjoittaa. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 213 - 215.)

	Pyyntö <11111111	1 Lajittelu	Pyyntö <10111111	2 Lajittelu	Pyyntö <10101111	3 Lajittelu	Valinta 10100011	Lue/kirjoita
Saapunut		1x1x001x		101x001x		10100011		↕
Tag1		10110010		10110010				
Tag2		10100011		10100011		10100011		10100011
Tag3		10110011		10110011				
Tag4		11100011						

KUVIO 10. Binaaripuuhaku

Alohahaussa jokaista tagia tarkastellaan eri ajassa (kuvio 11). Alohaun ongelma on samaan aikaan lähetettävien tagien lähetysten yhteentörmäys. Kuten kuvasta huomataan, ensimmäisessä ja toisessa on tapahtunut yhteentörmäys. Vain viides tagi pääsi läpi. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 206 - 211.)

	Pyyntö	1	2	3	Valittu
Saapunut		Error	Error	10111010	10111010
Tag1			10110010		
Tag2		10100011			
Tag3		10110011			
Tag4			11110101		
Tag5				10111010	

KUVIO 11. Alohaaku

2.7 Lukija

RFID LF ja RFID UHF -tekniikassa lukija on laite, joka käsittelee kaiken tiedon. Lukijassa voi olla itsessään antenni tai siihen voidaan liittää antenni. Lukija käsittelee lähetettävän tiedon tagille oikeaan muotoon ja purkaa tagilta tulevan tiedon tietokoneen ymmärtämään muotoon. Lukijan ja tietokoneen liittymistapoja toisiinsa on useita: tietoliikenneportina voi olla USB (universal serial bus), ethernet, RS232, RS485, wlan ja digitaalinen portti. Lukija saa käyttöjännitteensä verkkovirrasta.

2.8 Standardit

RFID-järjestelmistä on olemassa muutamia standardeja. Ongelma on, että ei ole maailmanlaajuisesti hyväksyttyä yhtä standardia. Kilpailu eri standardien välillä on johtanut suljettuihin RFID-järjestelmiin, jotka eivät noudata välttämättä mitään standardeja.

ISO (International Standards Organization) ja EPC (Electronic Product Code) ovat kummatkin johtavia RFID-standardien tuottajia. ISO:lla on 18000 standardi ja EPCglobal:lla on EPC-standardi. Näiden kahden kilpailevan standardin tuottajien kehitystä on ohjannut kaksi yritystä: Wal-Mart ja Department Of Defense's (DOD). EPC-standardien kehitystä on ohjannut Wal-Mart yritys. DOD käyttää EPC:tä vain omiin sovelluksiinsa ja yleensä käyttää ISO-standardeja. Tästä johtuen EPC- ja ISO-standardit ovat kehittyneet samanlaisiksi. ISO 18000 sisältää ilmaliittymisprotokollia, kun taas EPC sisältää myös tietorakenteet. Nämä kaksi standardia eivät ole toisiaan pois sulkevia. (Finkenzeller ja Waddington 2003, 160 - 170 ; Piasecki 2012.)

2.8.1 EPC-standardi

EPC-standardissa tagit luokitellaan taulukon 1 mukaisesti. Luokan 1 ja 2 tagit voidaan ohjelmoida vain valmistettaessa. Lisäksi ne käyttävät eri ilmarajapintaprotokollia. UHF RFID -järjestelmissä käytetään yleensä ensimmäiseen luokkaan kuuluvia tageja. Luokkaa 3 ja 4 käytetään lentoliikenteen tunnistamiseen.

TAULUKKO 1. EPC-Luokkatyypit

Luokkatyyppi	Sisältää	Tag-tyyppi
Luokka 0	Lue vain	Passiivinen (64 Bit)
Luokka 1	Kirjoita kerran, Lue monesti.	Passiivinen (96 Bit)
Luokka 2	Lue / Kirjoita	Passiivinen (96 Bit)
Luokka 3	Lue / Kirjoita pariston kanssa	Puoliaktiivinen
Luokka 4	Lue / Kirjoita aktiivinen lähetin	Aktiivinen

EPC-standardeissa muistin rakenne luokitellaan taulukon 2 mukaisesti. EPC tukee yksilöllistä tuotteen tunnistusta. EPC-koodiin on sisällytetty versio, tekijä, tuote ja tuotteen sarjanumero, mikä tekee tuotteen tunnistuksesta erittäin tarkan. Esimerkiksi versiossa GID-96-bit Header sisältää 8 bitin numerosarjan, joka kertoo koodin pituuden, tyyppin, rakenteen ja version. EPC Managerissa on 28 bitin numerotunniste yritykselle. Object Class sisältää 24 bitin tuotteen määrittelyn. Serial number sisältää 36 bitin tuotteen sarjanumeron. (Siemens AG 2013, 268.)

TAULUKKO 2. Muistin rakenne

Tunniste	Selitys	Koodi (Esimerkki koodi)
Header	Versio EPC (8 bit Otsikko)	01
EPC Manager	Tekijän määrittely (28 bit)	115A1D7
Object Class	Tuotteen määrittely (24 bit)	28A1E6
Serial Number	Tuotteen sarjanumero (36 bit)	421CBA30A

Lisäksi ovat olemassa Gen1 ja Gen2 -protokollat, jotka tarkemmin määrittelevät tagin tiedonsiirtoa (taulukko 3). Erona on, että Gen2:ssa voidaan kirjoittaa 5 tagia sekunnissa ja lukea 450 tagia sekunnissa, kun taas Gen1:ssä voidaan kirjoittaa 3 tagia sekunnissa ja lukea vain 115 tagia sekunnissa.

TAULUKKO 3. Gen 1:n ja 2:n vertailu.

Ominaisuus:	Luokka 1 Gen 2	Luokka 1 Gen 1
Lukunopeus	- 880 tagia (US FCC) - 450 tagia (EU ETSI)	- 230 (US FCC) - 115 (EU ETSI)
Kirjoitusnopeus	- 5 tagia sekunnissa minimi - Monta kirjoituskertaa	- 3 tagia sekunnissa - Monta kirjoituskertaa
Tag lajitteluprotokolla	- "Q" protokola: satunnainen numero alorytmi ja kaksi tilaa	- Binaripuu alorytmi, nukku- mis ja heräämisominaisuudella
Tag tiedon vahvistus	- 16 bit CRC-luku ja kirjoitus	- 16 bit CRC-luku
Monilukuominaisuus	- Taajuushyppiminen (US FCC) - Kuuntele-ennen-puhetta (EU CEPT) - Neljä lukijaa voi kommunikoida yhtä aikaa saman tagin kanssa	- Taajuus hyppiminen (US FCC) - Kuuntele-ennen-puhetta (EU CEPT)
Turvallisuus	- 32 bit lukko- ja tapposalasana - Asetuksista voi säätää kommunikointia	- 8 bit lukko- ja tapposalasana
Laajennettavuus	- 512 bit tuote ID - Rajoittamaton käyttäjämuisti - Ennakoiva luokka 2 ja 3 järjestelmät	- 96 bit tuote ID

2.8.2 ISO 18000 -standardi

ISO-standardit on laadittu kansainvälisiksi ohjeiksi, jotta ostajien ei tarvitse miettiä, toimivatko heidän järjestelmänsä uuden laitteen kanssa. ISO 18000 -standardi sisältää eri sovellukset kattaen taajuusalueet 135 KHz, 13,56 MHz, 860 - 930 MHz ja 2,45 GHz (taulukko 4).

TAULUKKO 4. ISO 18000

ISO:	Sisältää:
18000-Osa 1:	Kansainvälisesti hyväksytyt taajuusalueet
18000-Osa 2:	Määrittelyt alle 135 KHz
18000-Osa 3:	Määrittelyt 13,56 MHz
18000-Osa 4:	Määrittelyt alle 2,45 GHz
18000-Osa 5:	Määrittelyt 5,8 GHz
18000-Osa 6:	Määrittelyt 860 - 930 MHz
18000-Osa 7:	Määrittelyt 433,92 MHz

Tässä ISO 18000-6 -standardissa on määritelty ilmarajapintaprotokollat (taulukko 5). Tässä standardissa on kolme versiota, tyyppi A, tyyppi B ja tyyppi C. Vertailtaessa mansester- ja PIE (pulse interval encoding)- koodausta, lähetystehoilla on eroa. PIE-koodatun nollan lähettämiseen kuuluu saman verran lähetystehoa kuin mansesterin nollan lähettämiseen. PIE-koodatun ykkösen lähettämiseen

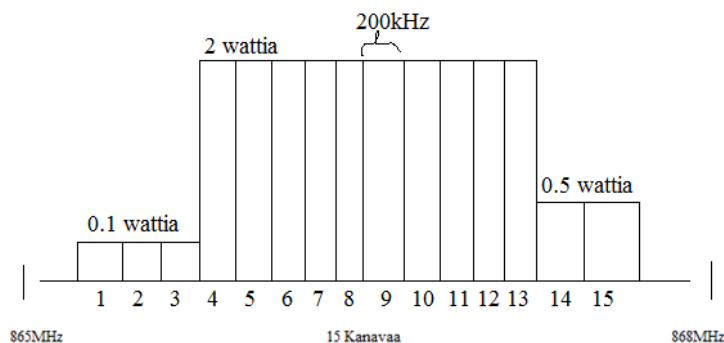
kuluu enemmän energiaa kuin manchesterin ykkösen, joten PIE:lla on oltava suurempi lähetysteho. Tällä on merkitystä tagin latauksen kanssa. Binaaripuu- ja aloha-hakutekniikkaa vertailtaessa binaaripuuhaulla tunnistetaan tarkemmin. Tyypissä C on yhdistelmä A:ta ja B:tä, ja lisäksi tyyppi C tukee taajuushyppelyä.

TAULUKKO 5. ISO 18000-6 -tyyppien vertailu

	Tyyppi A	Tyyppi B	Tyyppi C
Taajuus	860 - 960 MHz	860 - 960 MHz	860 - 960 MHz
Lähetystapa	Vaihemodulaatio ja manchesterin enkoodaus	PIE	PIE
Yhteentörmäys esto	Binaaripuuhaku	Aloha haku	Paranneltu aloha ja binaaripuu tekniikka.
Varmistus	Lue ensiksi	Lue ensiksi	Lue ensiksi

2.8.3 ETSI (EN 302 208)

ETSI (European Telecommunications standards institute) EN 302 208 -standardia käytetään Euroopassa RFID UHF -järjestelmissä. EN 302 208:ssa on ohjeet taajuuskaistan käytölle. UHF RFID -taajuuskaista Euroopassa on 865 - 868 MHz ja lähetysteho ERP:ssä (effective radiated power) on maksimissaan 2 wattia (kuvio 12).



KUVIO 12. Taajuuskaista EN 302 208 -standardissa

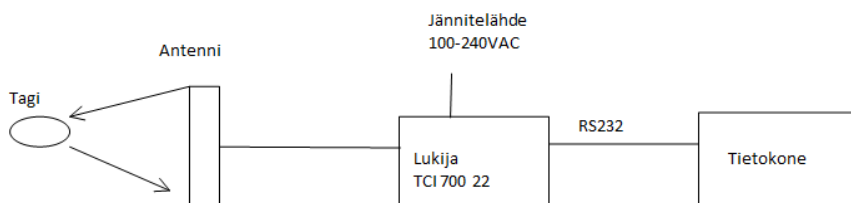
EN 302 208:n lähetysteho eri kanavoilla on jaettu kolmen nippuihin (kuvio 12): ensimmäiset kolme kanavaa ovat 0,1 wattia, seuraavat kymmenen kanavaa ovat 2 wattia ja viimeiset kaksi ovat 0,5 wattia. Kuuntele-ennen-puhetta-tekniikassa lukija tarkastaa, millä kanavalla lähetys kuullaan. Lukija ei aloita lähetystä, ennen kuin kanava on vapaa. Lukija voi lähettää neljä sekuntia yhtäjaksoisesti, minkä jälkeen sen on odotettava sata millisekuntia tai välittömästi vaihdettava käyttämättömälle kanavalle, jossa se voi taas lähettää neljä sekuntia. (Siemens AG 2013, 256.)

3 AUTOMATISOIDUN PESULAN RFID-JÄRJESTELMÄ

Sakupe Oy tuottaa yrityksille ja yhteisöille turvallisia ja toimivia tekstiilihuollon ratkaisuja. Yhtiö tuotantotilat sijaitsevat Siilinjärvellä, Harjamäessä. Pesula- ja tekstiilihuoltotoiminta aloitettiin jo vuonna 1983. Alusta lähtien yritys on kasvanut tasaisesti ja hallitusti koko ajan palveluitaan ja prosessejaan kehittäen. Sakupe Oy pesee ja huoltaa päivittäin yli 15 000 kiloa tekstiiliä. Neljän miljoonan kilon vuotuinen vesipesumäärä kuvastaa toiminnan laajuutta. Toimialueeseen kuuluu Pohjois-Savon lisäksi Keski-Suomen ja Pirkanmaan alueet. Lisäksi Sakupe Oy kuuluu valtakunnalliseen Puhdaspalvelu Fi Oy -pesulaketjuun, jonka kautta voi tarjota myös valtakunnallisia kokonaisratkaisuja. (Sakupe Oy.)

3.1 LF RFID -järjestelmä

Pesulan LF RFID -järjestelmässä on lukija ja antenni. Lukija yhdistyy tietokoneeseen RS232-kaapelilla ja se saa käyttöjännitteensä sähköverkosta. Antenni yhdistetään lukijaan kaapelilla. Antenni lähettää tagille 125 kHz tai 145 kHz taajuisen magneettisen aallon. Kun tagi on kentässä, se vastaa lukijalle tagin tunnistetiedon.



KUVIO 13. LF RFID -järjestelmä

Sarjaliikenteessä voidaan käyttää nopeuksia 9 600 kbit/s tai 19 200 kbit/s. Sarjaliikenteessä on 8 databittiä, ei pariteettia, eikä pysähdysbittiä. Tagissa tieto on 40-bittisenä. Tagin koodi esitetään HEX-koodina, jolloin yksi merkki on 4 bittiä. Näin saadaan 10 merkkiä. HEX-koodilla saadaan käyttöön 1 - 9 ja A - F merkit. Kymmenen merkin jonosta ensimmäinen on MSD ja viimeinen on LSB. (Jensen AG Burgdorf 1998, 16.)

TAULUKKO 6. Lukijan komennot

Lähetys lukijalle	Lukija vastaa	Toiminto
	INIT DONE	Lukija vastaa, kun virta on päällä tai vahtikoira on alustettu
	HHHHHHHHHH	Lukija vastaa saapuvaan viestiin
C	A/B/D/Exx/Fxx/X	Käynnistä lukija ja laita normaalitila
A	A	Luetaan kerran
B	B	Jatkuva luenta
D	D	Luetaan kerran, jos eri kuin edellinen
E	Exx	Luetaan kerran viimeisen tagin aikaan
F	Fxx	Luetaan kerran jonkun tagin aikaan

P	P	Parametriasetukset, ei lukua
P	A/B/D/Exx/Fxx/X	Laitettu lukijan tila ennen parametriasetuksia
X	X	Ei tagia luettu
exx	exx	Parametriasetus, viimeisen tagin aika
fxx	fxx	Parametriasetus, laita jonkun tagin aika
R	R	PNP-ulostulo on päällä
r	r	PNP-ulostulo pois päältä
L	L	Tagin tunnistus valo päällä
l	l	Tagin tunnistus valo pois päältä
Z	Z	Summeri päällä
z	z	Summeri pois päältä
?	A/B/D/Exx/Fxx/X	Kerro mikä tila on päällä
V	Eyy-nnnRxx	Lukijan tehdasnumero
S		Kiellä lukijan vastaus
s	s	Salli lukijan vastaus
Q	QHH	Bitin leveys
Muut merkit		Lukija ei vastaa mitään

Lukijassa on varmistus, jossa luetaan tagi kahdesti. Tällä varmistetaan, että tieto on varmasti oikea. Yksittäisessä luennassa luku kestää 9 600 kbit/s-nopeudella 110 ms ja varmistusluennassa 180 ms. On suositeltavaa käyttää varmistusluentaa. Lukijalla voidaan valita viisi erilaista luentatilaa, jotka on esitetty taulukossa 6. Lukijassa löytyy kuusi paikkaa, josta jumperilla valitaan käynnistysasetus. Asetuksista voidaan säätää (Jensen AG Burgdorf 1998, 17.)

- aloitustila, kun virrat on kytketty
- aika, jonka tagi on lukijan kentässä ja kentän ulkopuolella
- sarjaliikenteen yksityiskohtaiset asetukset
- taajuus 125 Khz tai 144 Khz
- antennin synkronointi joko lukijan sisäinen kello tai sarjaliikenteestä saatava ulkoinen kello
- summeri kytketty tai pois kytketty.

3.2 Antenni

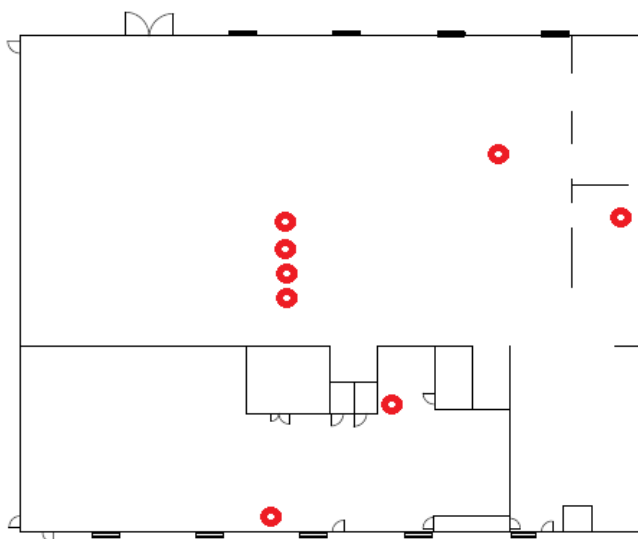
Antennissa käytetään LC-värähtelypiiriä, joka säädetään valmiiksi tehtaalla, mutta sitä voidaan säätää itsekin. LC-värähtelypiirin uudelleen säätäminen on tarpeen, jos antennin lähelle tuodaan suuria määriä metallia. Säädettäessä antennia mitataan jännitemittarilla testipisteestä "SIGNAL". Säädettävällä trimmerillä etsitään maksimi-jännitearvoa. Jännitearvo on tyypillisesti 50 - 70 VDC. (Jensen AG Burgdorf 1998, 14.)

Antenni on herkkä häiriöille, joita voivat aiheuttaa sähkömoottorit, matkapuhelimet ja muut radiolähettimet. Mikäli häiriötä vastaanotetaan, se nähdään lukijassa olevasta merkkivalosta. Jos merkkivalo palaa ja tagi ei ole lukijan kentässä, on häiriölähde havaittu. Jos tagi on lukijan kentässä ja merk-

kivalo palaa, antennin signaalin voimakkuuden kanssa on ongelmia. Paras tapa varmistaa, tuleeko antennin häiriötä, on mitata jännitemittarilla testipisteestä ”NOISE”. Ilman tagia tyypillinen arvo on 25 mVDC. Kun mittaus on suoritettu, jännitemittari on poistettava, sillä se vaikuttaa kytkettynä antennin lukuetaisyyteen. (Jensen AG Burgdorf 1998, 14.)

3.3 Lukupisteet

Pesulassa on kymmenen luentapaikkaa (kuvio 14). Ensimmäisessä paikassa lajitellaan vaatteet. Toisessa paikassa vaatteet ripustetaan henkariin. Vaate jatkaa matkaansa kattoradalle, jossa vaatteet lajitellaan. Tässä kohdassa on neljä lukupaikkaa. Seuraavassa lukupisteessä vaatteet laitetaan tilattuihin nippuihin asiakasta varten. Viimeinen lukupiste on vaatteiden varastointikohdassa. Yhteensä antenneja ja lukijoita on kymmenen.



KUVIO 14. Pesulan pohjapiirustus, johon on merkitty punaisella etätunnistuspaikat

3.4 Ohjelmistot

LF RFID -järjestelmän ohjelmistot on toimittanut Tietokari Oy, joka toimii nykyisin nimellä Identoi Oy. Identoi Oy:n pyynnöstä ohjelmistojen tarkkaa toimintaa ei kuvata, koska ohjelmistot ovat liikesalaisuuksia. Yleisesti ohjelmistossa on rekisteri, jossa ovat asiakkaat ja vaatteet. Pesulaan tulevat vaatteet lisätään lukupisteellä rekisteriin. Tämän jälkeen rekisteriin ilmoitetaan jokaisen lukupisteen kohdalla, missä vaate on menossa ja mitä sille ollaan tekemässä. Rekisterissä olevia tietoja käytetään laskutuksen, vuokraamiseen, pesemiseen ja varastointiin.

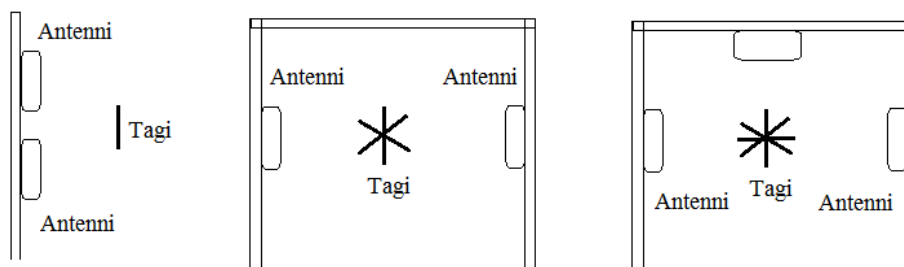
4 JÄRJESTELMÄVAIHDOKSESSA ILMENNEET ONGELMAT

Tutkimus aloitettiin tutustumalla Sakupe Oy:n tiloihin. Kierroksen aikana työntilaaajat esittivät ongelmia, joita liittyi UHF RFID -järjestelmään siirtymisessä. Ensimmäinen ongelma liittyi UHF-luketaisyyteen ja luennan kohdistamiseen. UHF-lukija tunnistaa paikoista, joista tunnistusta ei saa tapahtua. Toiseksi LF RFID ja UHF RFID -lukijat eivät toimi keskenään. Kolmas ongelma oli, että vaatteet on luettava kerralla eikä yksitellen. Neljänneksi samaa tagia ei saa lukea kahdesti. Seuraavissa luvuissa perehdytään näiden ongelmien ratkaisuun.

4.1 Luennan kohdistaminen

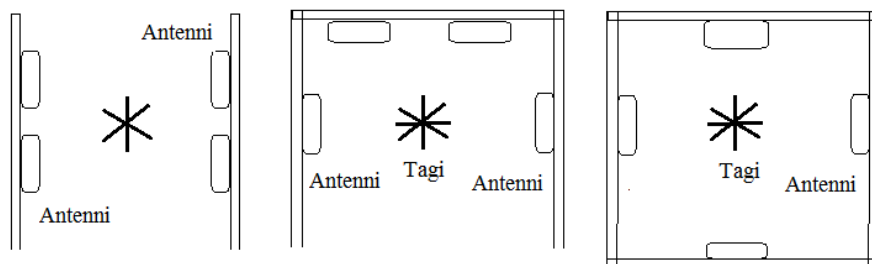
Antennin sijainti on tärkeä lukemisen onnistumisessa. Antennin sijoittelulla voidaan valita, mistä kohde tunnistettava kohde tunnistetaan. Valmistajat antavat suosituksia antennin sijoittamisesta ympäristöön ohjekirjoissaan. Yleisesti antennin ympärillä pitää olla puoli metriä tilaa. Lisäksi kaksi vierekkäin olevaa antennia eivät saa olla 20 - 50 senttimetriä lähempänä toisiaan. Vastakkain asetettujen antennien suositusetaisyys on 3,5 metriä.

Kuviossa 15 vasemmalla on kaksi antennia sijoitettu vierekkäin. Tällainen sijoittelu sopii, kun kohde tunnistetaan vain yhdestä kohtaa. Keskimmäisessä on kaksi antennia sijoitettu vastakkain. Tällainen sijoittelu sopii, kun kohde luetaan useammalta puolelta. Antennit eivät voi tunnistaa 90 asteen kulmassa olevaa tagia. Oikealla olevassa kuviossa on sijoitettu kaksi antennia vastakkain ja yksi näiden yläpuolelle. Tällainen sijoittelu sopii, kun kohde on tunnistettava monesta suunnasta.



KUVIO 15. Kahden antenni sijoittaminen

Kuviossa 16 on sijoitettu kaksi antennia rinnakkain ja kaksi vastakkain, jolloin voidaan lukea useampi kohde kerralla. Keskellä on kaksi antennia vastakkain ja kaksi antennia yläpuolella. Tällaisessa sijoittelussa tunnistettavan kohteen asennon ei tarvitse olla niin tarkka. Oikealla neljä antennia on laitettu kehään, mikä on hyvä, jos tunnistettava kohde on liikkeessä. Lisäksi se tuo korkean lukutarkkuuden. Jos käytetään useampaa kuin yhtä antennia, vaarana on, että sama tagi voidaan lukea monesta antennista. Tämän vältämiseksi laadukkaissa lukijoissa on taajuushyppely. Taajuushyppelyssä vaihdetaan taajuutta, jolloin eri antennit eivät lue samalla taajuudella.



KUVIO 16. Kahden antenni sijoittaminen

4.2 Lukuetaisyys

Lukuetaisyyteen vaikuttaa kuusi asiaa. Suuremmalla lähetysteholla saadaan suurempi tunnistusetaisyys. Suurempi tagin antenni voi ottaa vastaan enemmän lähetystehoa, jolloin lukuetaisyys kasvaa. Lukijoiden lähellä olevat eristemateriaalit pienentävät lukuetaisyyttä, myös tagien laadulla on merkitystä. Mitä paremmin tagi on valmistuksen aikana sovitettu lukutaajuuteen, sitä suurempi lukuetaisyys tagilla on. Ympäristön materiaalit, jotka heijastavat lukijan radioaaltoa, voivat kasvattaa huomattavasti lukuetaisyyttä. Lukuetaisyyteen vaikuttaa siis:

- lähetysteho lukijasta
- tagin koko ja tyyppi
- ympäristön eristeellisen materiaalin vaikutus
- tagin laatu
- ympäristön heijastukset
- tagin sijainti.

Lukuetaisyys riippuu lähetystehosta. Kokonaislähetysteho riippuu lukijan lähetystehosta ja antennivahvistuksesta. Kokonaislähetysteho voidaan laskea ERP tehosäteilynä. Tehosäteily saadaan laskettua kaavalla

$$\text{ERP (dBm)} = \text{Lukija (dBm)} + \text{Antennivahvistus (dBi)} - 2.15\text{dB} \quad (1)$$

Tulokseksi saadaan kokonaislähetysteho. Kokonaislähetysteho voidaan muuttaa tehoksi kaavalla

$$P = \frac{1}{1000} 10^{\frac{x}{10}} \quad (2)$$

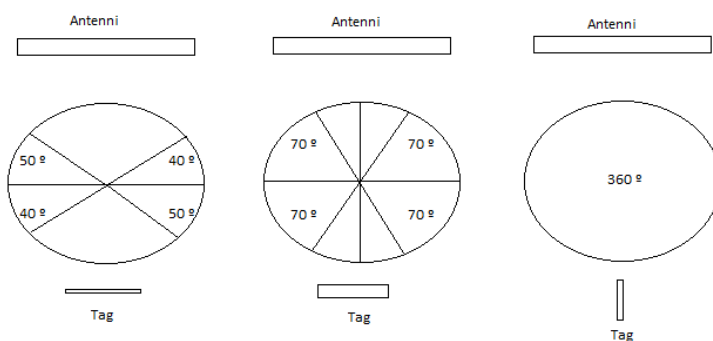
Valmistajat ilmoittavat lähetystehon joko kokonaislähetystehona tai tehona.

Tagin antennin koolla on merkitystä. Suuremmat antennit keräävät sähkömagneettista aaltoa paremmin, jolloin lukuetaisyys kasvaa. Myös ympyräpolarisoidut tagit toimivat paremmin kuin lineaarisesti polarisoidut. Tagin on oltava ISO 18000-6 C, sillä se tukee parhaiten massaluentaa. Myös tagien laadulla on merkitystä: mitä paremmin tagi on valmistuksen aikana sovitettu lukutaajuuteen, sitä suurempi lukuetaisyys tagilla on.

Eri materiaalit läpäisevät erilaisilla sähkömagneettisilla aalloilla. Materiaalin permittiivisyys kertoo sähkömagneettisen aallon läpäisykyvyn. Ympäristössä sähkömagneettinen säteily käyttäytyy UHF-

taajuuksilla kuin valon aallot. Isot pinnat kuten katot, lattiat, seinät ja ikkunat voivat heijastaa UHF-taajuuksia, joka puolestaan lisää lukijan lukuetaisyyttä. Pahimmassa tapauksessa heijastuneet taajuudet voivat kumota lähetettävän taajuuden, josta syntyy aukkoja lukualueeseen. Heijastuksia voidaan käyttää myös kiertämään halutun kohteen ympäri, jolloin lukutarkkuus paranee. Heijastuksien ehkäisemisessä on käytettävä pienintä mahdollista lähetystehoä.

Tagien sijainti suhteessa antenniin vaikuttaa lukuetaisyyteen. Mikäli tagi on antennien suuntaisesti, tagi voidaan tunnistaa maksimi lukuetaisyydeltä. Mikäli tagi on poikittain antenneihin nähden, tagi pitää tunnistaa minimi etäisyydeltä. Joitakin tageja ei pysty tunnistamaan edes minimi etäisyydellä. ETSI-standardin mukaan taajuudella 865 MHz saapuvalla lähetyksellä on pystyttävä tunnistamaan vielä -3 dB rajataajuudella. Optimaalinen tunnistuskulma tagille on ± 30 astetta. Antennin polarisatio vaikuttaa tagin tunnistuskulmaan. Pystypolarisoidulla antennilla tagin on oltava myös pystysuunnassa antenniin päin, muutoin tunnistus ei ole tehokasta. Vaakapolarisoidulla antennilla tagin on oltava myös vaakasuunnassa antenniin päin, muutoin tunnistus ei ole tehokasta. Ympyräpolarisoidulla antennilla tagi voi olla sekä pysty että vaakasuunnassa antenniin päin. Ympyräpolarisoidulla antennilla tagin asento ei ole niin kriittinen. Kuviossa 17 on esitetty tagin tunnistuskulmia. Jos ympyräpolarisoidulla antennilla tagi laitetaan antenniin päin niin, että tagin antennit ovat peräkkäin, tagia ei voida tunnistaa. Tagi voidaan tunnistaa, jos tagi on pystysuorassa lukijaan päin. Tagi voi silloin olla 360 asteen kulmassa antenniin päin. Tagi voidaan tunnistaa, jos tagi on vaakasuorassa lukijaan päin. Tällöin tagi voi olla 70 asteen kulmassa lukijaan päin. Tagi voidaan tunnistaa jos tagi käännetään vaakasuorasta toiselle sivulle lukijaan päin. Tällöin tagi voidaan tunnistaa 40 ja 50 asteen kulmista.



KUVIO 17. Tagien tunnistuskulma ympyräpolarisoidulla antennilla

4.3 LF RFID -järjestelmän ja UHF RFID -järjestelmien toiminta rinnakkain

LF RFID -tekniikassa manuaaleista käy ilmi, että LF-antenni on erittäin herkkä häiriöille. Matkapuhelimet, sähkömoottorit ja loisteputkivalaisimet saattavat häiritä lukijaa. Tämän takia voi olla hyvinkin mahdollista, että niitä ei saada toimimaan keskenään. UHF-antenniksi on valittava mahdollisimman pienikokoinen ja pienitehoinen antenni. LF-antenni manuaalissa kerrotaan, että suuret metallikappaleet häiritsevät lukijaa. Järjestelmien toimintaa testataan luvussa 6.

4.4 Yhtäaikainen ja kertatunnistus

Massaluennassa on käytettävä ISO 18000-6 C lukijoita ja tageja. Standardissa on kuvattu, miten yhtäaikainen tunnistus tapahtuu. Tyypissä C on paranneltu tagejen yhteentörmäysestä ja nopeutettu tagien luentaa.

Massaluenta alkaa, kun antennista lähetetään tageille merkin "Q". Seuraavaksi tagi tunnistaa "Q"-numeron. Mikäli numero on nolla, tagi arpoo 16-bittisen "Q"-numeron takaisin antennille. Tällä "Q"-numerolla lukija on yhteydessä tagiin. "Q"-numerolla tagit jaetaan omiin lähetysaikoihinsa. Kukin tagi lähettää vuorollaan paketin tietoa lukijalle. Mikäli lukija huomaa, että tagit sekoittuvat keskenään, lukija jatkaa "Q"-numeron arpomista näille tageille, kunnes ne eivät sekoitu enää keskenään. Jos vielä tapahtuu yhteentörmäys, se lajitellaan binaaripuulla. Kaikki tämä tapahtuu lukijassa automaattisesti. (Siemens AG 2013, 160.)

Tunnistuksen luotettavuutta voidaan lisätä taajuushyppelyllä, jolloin on otettava käyttöön useampi antenni. Aluksi yksi antenni lähettää ja muut kuuntelevat. Kuuntelu kestää niin pitkään, kunnes tagi on luettu. Mikäli tagia ei löydy tai tagi on jo luettu, siirrytään seuraavaan taajuuteen. Tyypin C lukijat ja tagit tukevat taajuushyppelyä. (Siemens AG 2013, 200.)

Tagia luetaan niin monta kertaa kuin se on antennin edessä. Jos halutaan, että tagia ei tunnistetta montaa kertaa, on se tehtävä tietokonepuolen ohjelmistokoodissa. Myös joissakin lukijoissa voi olla asetuksissa säädettävä tunnistuskerta tietyn ajan sisällä.

5 JÄRJESTELMÄN VALINTA

Järjestelmän valinnassa käytetään standardin mukaisia laitteita: ISO 18000-6 C:tä ja EPC Class 1 Gen 2:ta. Näin voidaan olla varmoja, että laitteet toimivat keskenään ja ne ovat hyvälaatuisia.

Hintojen vertailussa on käytetty internetkauppojen valikoimaa. Internetkauppoja olivat GAOrfid, Barcodemegastore, TheRFIDshop, RFIDshop, Barcodesinc, SecurityStoreUSA, RFIDnet, TOPtunniste, FINN-ID, PLChardware, AtlasRFIDstore, Immediasystems, NordiID, SensorID, RFembedded, Zotei, Directindustry ja Alibaba. Hinnat on otettu suoraan internetkauppojen sivuilta, joten ne ovat suuntaa antavia. Liitteissä olevien listojen kaikki tuotteet käyvät UHF RFID -järjestelmäksi. Kun on päätetty, mitä laitteita halutaan käyttää, voidaan tuotteista kysyä tarkemmat hintatarjoukset.

5.1 Antennit

Liitteessä 7 on vertailtu eri antennoja. Antenneja voidaan vertailla niiden polaarisaation, koon, vahvistuksen, lukuetaisyyden ja hinnan puolesta. Antennin ominaisuuksista merkittävin vertailukohde on polaarisaatio. Yhtäaikaiseen tunnistukseen sopii ympyräpolarisoidut ja kohdistettuun kertaluuntaan lineaarisesti polaarisoit. Halvin antenni oli 165 € ja kallein 424 € (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Antennien suurimmat ja pienimmät arvot

Polarisaatio	Pienin Koko	Suurin Koko	Pienin Teho	Suurin Teho	Lu- ketai- syy	Halvin	Kallein
Lineaarinen	75 x 75 x 20	245 x 235 x 40	8 dBic	8 dBic	10 m	165 €	424 €
Ympyrä	r30 x 60	555 x 262 x 59	-8 dBic	11 dBic	12 m	165 €	498 €

5.2 Lukijat

Liitteissä 5 ja 6 on vertailtu eri lukijoita. Suurimmat erot huomataan lukijoiden tietoliikenneporttejen kesken. Tietoliikenneväyliä ovat USB, Ethernet, RS232, RS485 ja WLAN. Joissakin lukijoissa on myös digitaalisia liitäntöjä, joihin voidaan liittää esimerkiksi liikesensori tai merkkivalo. Kaikissa lukijoissa ei voi säätää tehoa; suurin tehon säätö on 0 - 30 dBm. Halvin lukija oli 475 € ja kallein 3 500 € (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Lukijoiden suurimmat ja pienimmät arvot

Pienin Teho	Suurin Teho	Pienin säätö	Suurin Säätö	Halvin	Kallein
1 dBm	33 dBm	0	0 - 30	475 €	3 500 €

5.3 Käsilukijat

Liitteessä 4 on vertailtu eri käsilukijoita ja pöytälukijoita. Käsilukijoiden merkittävin ero on akunkestossa. On myös huomattava, että mitä suurempi lähetysteho lukijassa on, sitä enemmän se kuluttaa akkua. Käsilukijoissa on erilailla polarisoidut antennit, jotka vaikuttavat tunnistusetäisyyteen ja tunnistuskulmaan. Käsilukijoiden tunnistusetäisyys on 0,5 - 9 m. Halvin käsilukija on 1 158,8 € ja kallein 2 467 € (taulukko 10). Pöytälukijaksi löytyy USB-liitettäviä tikkuja, halvin on 167 € ja tunnistusetäisyys on 5 - 30 cm. Pöytälukijana voidaan käyttää myös lukijaa, johon on integroitu antenni. Halvimmat olivat 500 € ja tunnistusetäisyys 50 cm (liite 5 ja liite 6).

TAULUKKO 10. Käsilukijoiden suurimmat ja pienimmät arvot

Akunkesto pienin	Akunkesto suurin	Teho Pienin	Teho Suurin	Lukuetäi- syys Pienin	Lukuetäi- syys Suurin	Halvin	Kallein
22 000 mAh	5 2000 mAh	30 mW	1 W	0,5 m	9 m	1 158,8 €	2 467 €

5.4 Tagit

Liitteessä 3 on vertailtu eri tageja. Pesunkestäviä tageja ovat epoxy, kangas, muovi ja silikoni. Tagien lukuetaisyys riippuu antennin koosta. Liitteessä 3 voidaan huomata, että suuremmilla tageilla on suurempi lukuetaisyys. On kuitenkin muistettava, että mikäli suuremman tagin päällä on liikaa eristemateriaalia, pienenee tunnistusetäisyys. Liitteessä 1 on vertailtu UHF-tagin sirujen valmistajien ominaisuuksia. Listasta voidaan nähdä, että kaikki sirut kestävät -40...+85°C lämpöä. Tagivalmistajat taas ilmoittavat tagien kestävän -40...+200°C hetkellisesti. Ero johtuu siitä, että tagisirut on suunniteltu kestämään hetkellisesti piiriladontakoneen kuumuutta, joka vaihtelee +200...+300°C. Tagi-sirujen valmistajat eivät takaa, että sirut kestäisivät suurta kuumuutta useita kertoja.

TAULUKKO 11. Tagien suurimmat ja pienimmät arvot

Tagit	Koko	Lukuetäisyys	Käyttölämpö	Hinta
Epoxy	Φ 24 x 2,5	1,5 m	-25°C +120°C	0,08 €
Muovi	80 x 30 x 0,5	12 m	-40°C +150°C	0,3 €
Silikoni	50 x 15 x 1,8	8 m	-20°C +80°C	0,5 €
Kangas	59 x 20 x 1,8	3 m	-40°C +80°C	0,3 €

5.5 Hinta-arvio UHF-järjestelmälle

Hinta-arvio laskettiin kymmenelle tunnistuspisteelle, johon jokaiseen tarvitaan antenni, lukija ja 10 metriä kaapelia (taulukko 12). Tagit laskettiin sadalletuhannelle vaatekappaleelle. Lukijoiden hinnaksi tuli halvimmillaan 5 151 € ja kalleimmillaan 10 500 €, antenneille halvimmillaan 1 650 € ja kalleimmillaan 2 480 €, kaapeleille halvimmillaan 455 € ja kalleimmillaan 1 080 €, sekä tageilla halvimmillaan 8 000 € ja kalleimmillaan 50 000 €. Yhteensä uuden järjestelmän hinnaksi tulee halvimmillaan 15 256 € ja kalleimmillaan 64 060 €.

TAULUKKO 12. Hinta-arvio UHF-järjestelmälle

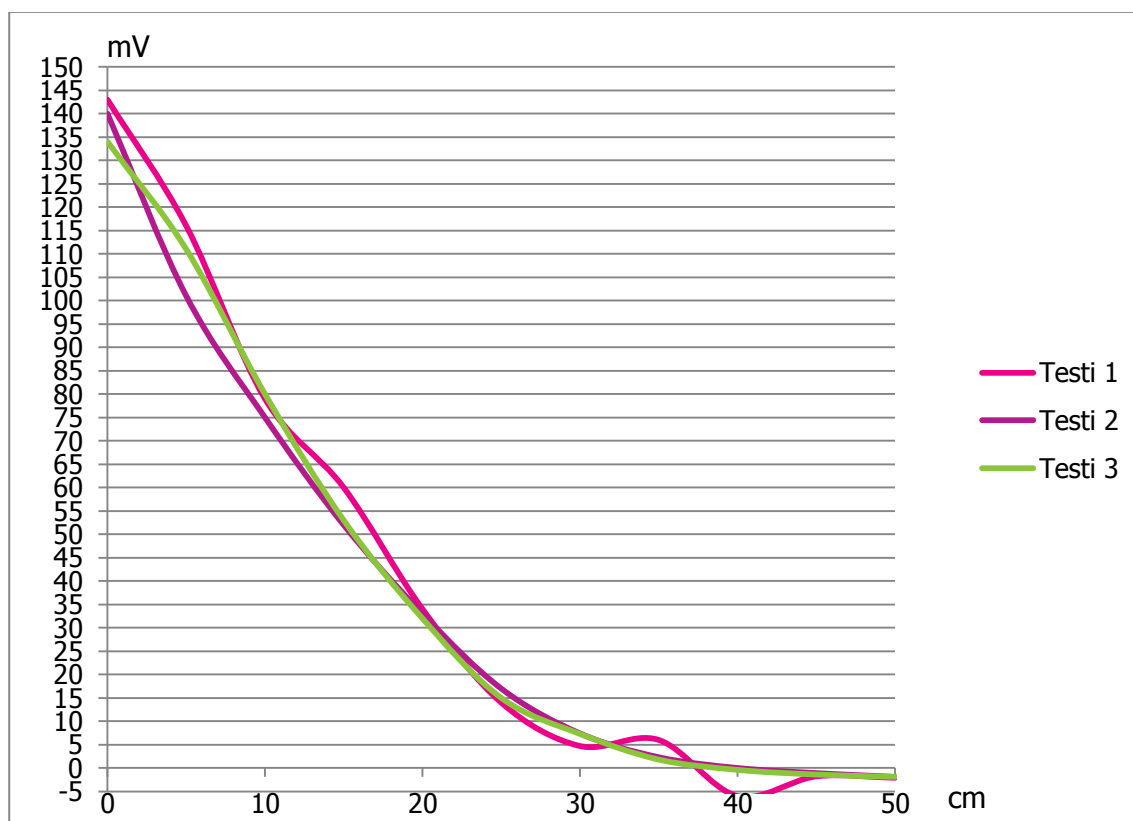
Tuote	Halvin hinta	Kallein hinta
Lukijat	5 151 €	10 500 €
Antennit	1 650 €	2 480 €
Kaapelit	455 €	1 080 €
Tagit	8 000 €	50 000 €
Yhteensä	15 256 €	64 060 €

6 MITTAUKSET

Mittauksissa käytettiin seuraavia laitteita: Simatic RF660R, Simatic RF660A, Jentag RFID Reader TCI 700 22, Jentag RFID Antenna TCI 200 50 ja MASTECH MS8201. UHF-antenneja oli kaksi kappaletta ja LF-antenneja yksi. UHF-tagina käytettiin LinTRAK UHF Tag TL640E01:tä. LF-tagina käytettiin LOGI Tag 160:tä.

6.1 Rinnakkaintoiminnan testaus

LF RFID -tekniikan ja UHF RFID -tekniikan rinnakkaintoimintaa testattiin LF-lukijan kohinajännitteellä. LF-lukijasta pystyy mittaamaan kohinajännitteen suuruuden, josta selviää tagin tunnistusetäisyys. Kohinajännitteen aleneminen pienentää tunnistusetäisyyttä. LF- ja UHF-rinnakkaintoimintaa testattiin kolmella tavalla (kuvio 18): Ensimmäiseksi testattiin LF-lukijan lukuetaisyyttä. Tulokseksi saatiin, että 2 mV kohinajännitteellä tagin luenta onnistui. Lukuetäisyys oli noin 40 cm. Kahdessa seuraavassa testissä UHF-lukija käynnistettiin 2 W teholla ja UHF-antennit laitettiin LF-antennin viereen 10 cm etäisyydelle. Toisessa testissä saatiin tulokseksi 4 mV:n kohinajännite ja lukuetaisyydeksi 35 cm. Kolmannessa testissä laitettiin UHF-antennin eteen tageja luettavaksi. Kohinajännitteeksi mitattiin 4 mV ja lukuetaisyydeksi 35 cm. Tästä voidaan päätellä, että UHF-lukijan käynnistäminen heikensi lukuetaisyyttä 5 cm. Eli mikäli LF-laitteet on viritetty tunnistamaan 5cm etäisyydeltä, UHF-laitteiden käynnissä oleminen estää LF-laitteen toiminnan. Tämä tulos vahvistettiin virittämällä LF-antenni tunnistamaan 5 cm:n etäisyydeltä, jolloin UHF-lukijan käynnistäminen esti LF-lukijaa toimimasta. UHF-laitteiden sammutuksesta huolimatta LF-antenni on viritettävä uudelleen.



KUVIO 18. Kohinajännite etäisyyden funktiona

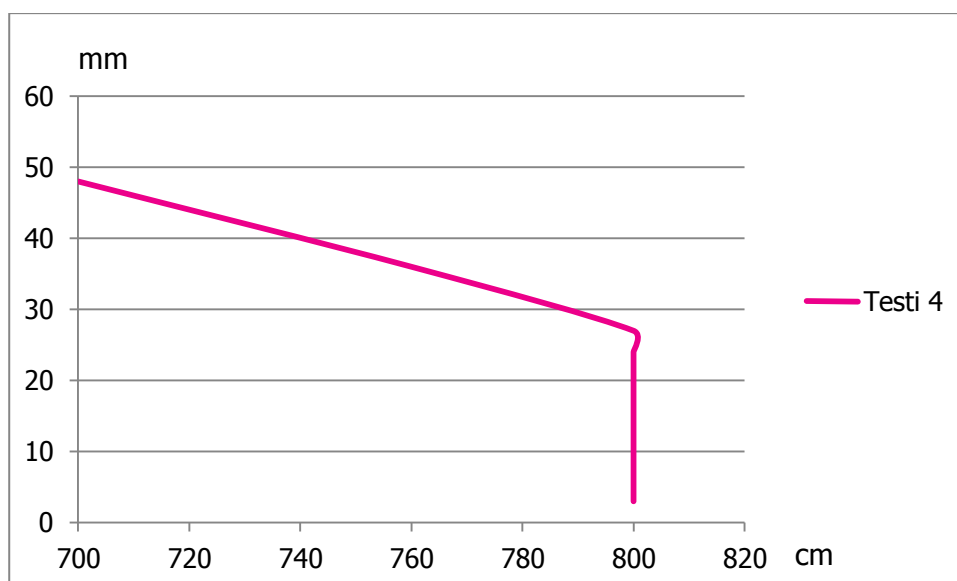
6.2 Vaatekerrosten vaikutus lukuetaisyyteen

Testissä neljä testattiin vaatekerroksen paksuutta lukuetaisyyteen (kuvio 19). UHF-lukija laitettiin täydelle teholle, jolloin lukuetaisyys on 8m. Tagin päälle kierrettiin puuvillapyyhkeitä. Tulokseksi saatiin, että 25 mm kerros huokoista puuvillapyhettä ei vaikuta lukuetaisyyteen. Vasta tämän jälkeen lisätyt kerrokset vaikuttivat lukuetaisyyteen. Suoran yhtälöksi saatiin

$$y = -0,2092x + 194,61 \quad (3)$$

Yhtälöstä voidaan laskea, millä paksuudella lukuetaisyys on nolla. Kun x :n arvoksi sijoitetaan nolla ja ratkaistaan y , paksuudeksi saadaan 194,61 mm. Tällä kaavalla voidaan arvioida huokoisen puuvillapyhkeen vaikutus lukuetaisyyteen.

Kaavasta saadaan selville, kuinka monta vaatekerrosta tagin päällä voi olla, että sitä ei voida enää tunnistaa. Jos tuo 194,61 mm jaetaan yhdellä 3 mm:n kerroksella, sen päällä ei saa olla 64:ää puuvillapyyhettä. Mikäli tagin molemmilla puolilla on puuvillakerros, sen päällä ei saa olla 32:ta puuvillapyhettä. Voidaan myös laskea, että metrin lukuetaisyydeltä voidaan tunnistaa 28 pyyhettä korista edellyttäen, että tagit ovat kohdistettu lukijaan päin. Muussa tapauksessa luennassa käytetään useampaa antennia tai kohdetta on liikuteltava.

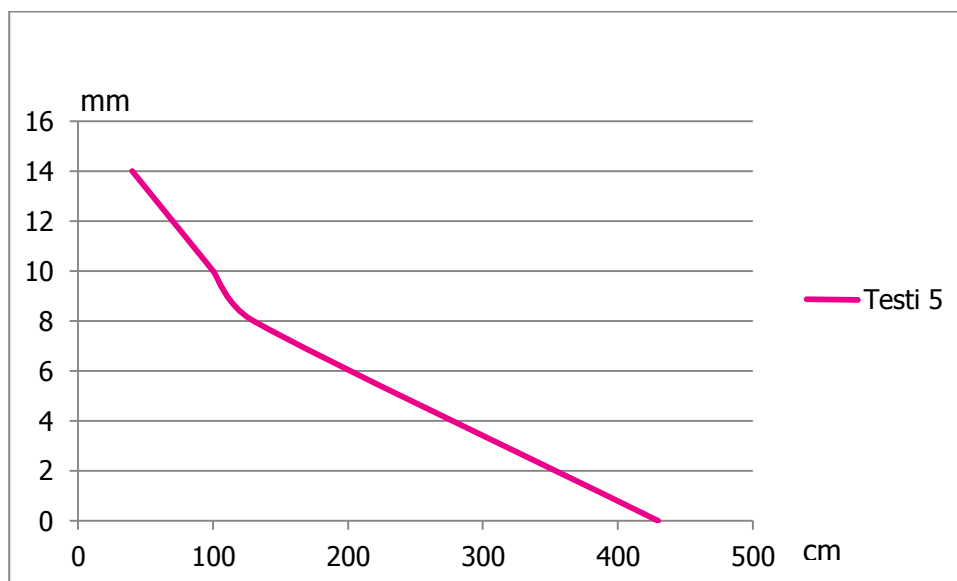


KUVIO 19. Paksuus etäisyyden funktiona

Testissä 5 jatkettiin testiä 4 (kuvio 20). Testissä 5 testattiin kosteitten puuvillapyyhkekerrosten vaikutusta lukuetaisyyteen. Jo pelkkä tagin kostuttaminen vedellä alensi tagin lukuetaisyyttä 4,5 m. Kuvan käyrän muuttumista voidaan selittää sillä, että pyyhkeen jatkoksi oli otettu erilainen pyyhke.

Testistä 5 nähdään, että käyrä jatkaa lukuetaisyydellä nolla pyyhkeen paksuuden arvoon 16 mm. Kostean pyyhkeen paksuus on 2 mm, eli kahdeksan kosteaa pyyhettä estää tagin luennan viimeisetä tagista. Jos kahdeksan kosteaa pyyhettä on taitettu pyykkikoriin, lukeminen estyy täysin. Käyrästä nähdään, että metrin lukuetaisyydeltä voidaan tunnistaa 5 kosteaa pyyhettä. Mikäli tagin ympärillä

on kummallakin puolella pyyhettä, voidaan tunnistaa vain 2 kostea pyyhettä edellyttäen, että tagit on kohdistettu lukijaan päin. Muussa tapauksessa luennassa on käytettävä useampaa antennia tai kohdetta on liikuteltava.



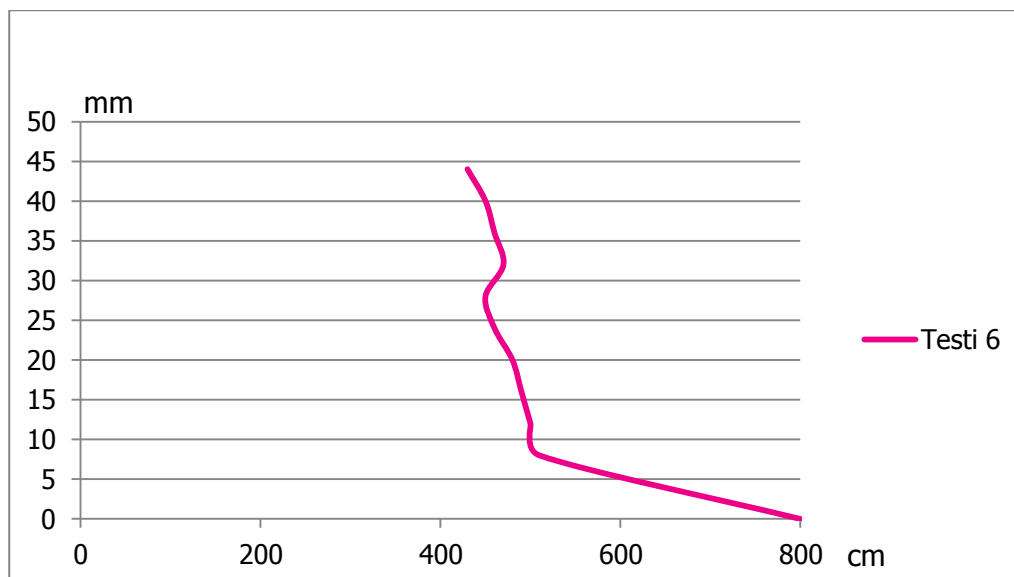
KUVIO 20. Paksuus etäisyyden funktiona

Testissä 6 testattiin kuivien puuvillalakanakerrosten vaikutusta lukuetaisyyteen (kuvio 21). Tagin päälle kierrettiin puuvillalakanaa, jonka paksuus on noin 0,5 mm. Tuloksena saatiin, että 7 mm kerros pienentää lukuetaisyyttä 1,5 metriä. Tämän jälkeen lisätyt kerrokset tottelevat suoran yhtälöä

$$y = -0,45x + 237,5 \quad (4)$$

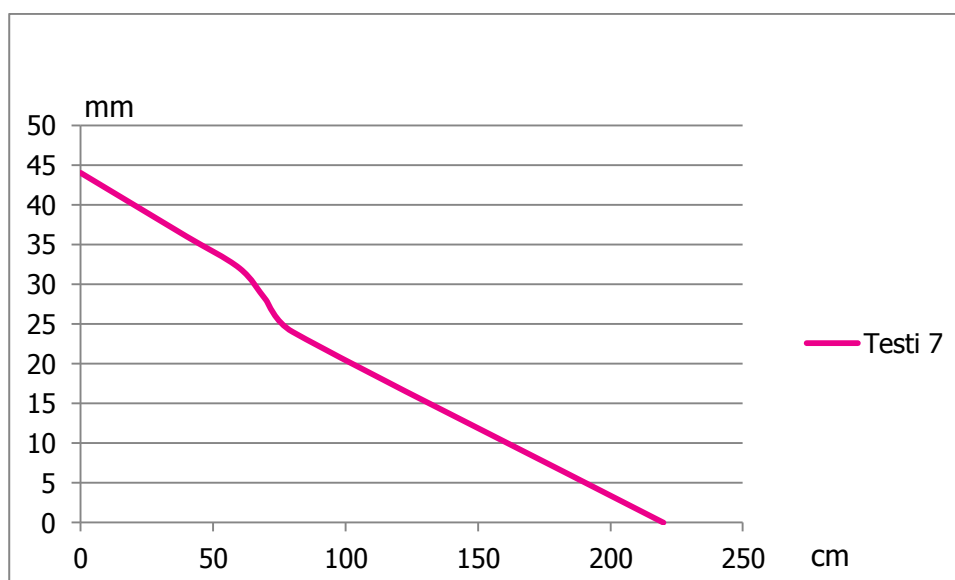
Jos käyrän nousu jatkuu samalla tavalla, tästä voidaan laskea, millä paksuudella lukuetaisyys olisi nolla. Tällöin x:n arvoksi sijoitetaan nolla ja ratkaistaan y, jolloin paksuudeksi saadaan 237,5 mm. Tällä kaavalla voidaan arvioida puuvillalakanan vaikutusta lukuetaisyyteen.

Yhtälöstä saadaan selville, kuinka monta vaatekerrosta tagin päällä voi olla, niin että sitä ei voida tunnistaa. Jos saatu 237,5 mm jaetaan yhdellä 0,5 mm:n kerroksella, sen päällä ei saa olla 475 puuvillalakanakerrosta. Mikäli tagin molemmilla puolilla on puuvillakerros, sen päällä ei saa olla 237 puuvillalakanaa. Voidaan myös laskea, että metrin lukuetaisyydeltä voidaan tunnistaa 192 lakanaa korista edellyttäen että tagit on kohdistettu lukijaan päin. Muussa tapauksessa on luennassa käytettävä useampaa antennia tai kohdetta on liikuteltava.



KUVIO 21. Paksuus etäisyyden funktiona

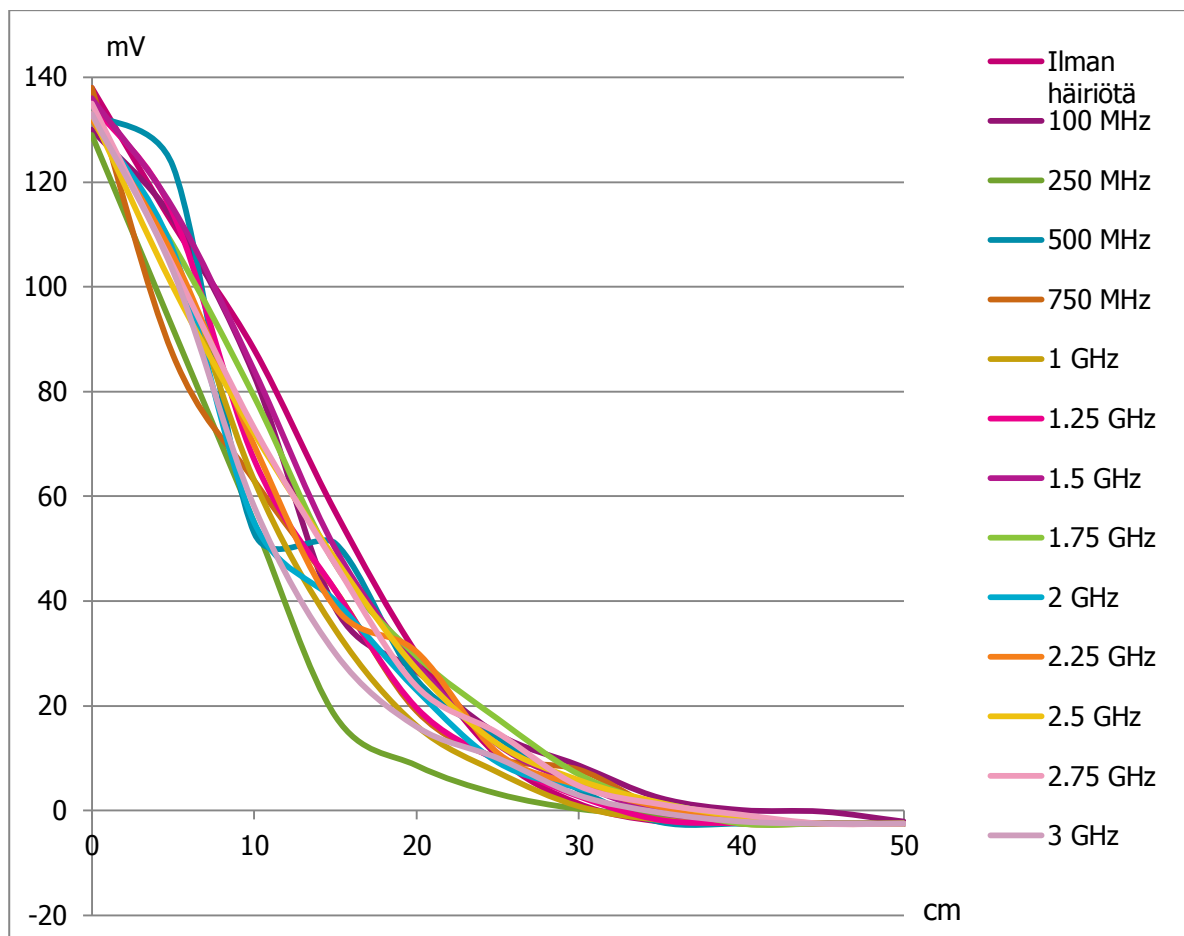
Testissä 7 on jatkettu testiä 6 (kuvio 22). Testissä 7 on käytetty kostutettua puuvillalakanaa. Käyrästä nähdään, että pelkän märän tagin luontaetäisyys muuttui noin 6 metriä verrattuna kuivaan. Luontaetäisyys nolla saavutetaan 44 mm:n kerroksella kostutettua puuvillalakanaa. Lakanoita voi tällöin tagin päällä olla 88. Mikäli tagin molemmilla puolilla on puuvillalakanakerros, kosteita lakanoita voi olla vain 44 tagin päällä. Metrini lukuetaisyydeltä voi olla vain 40 kostutettua puuvillalakanaa. Mikäli tagin molemmilla puolilla on puuvillalakanakerros, lakanoita voi olla vain 20 edellyttäen, että tagit on kohdistettu lukijaan päin. Muussa tapauksessa, on luennassa käytettävä useampaa antennia tai kohdetta on liikuteltava.



KUVIO 22. Paksuus etäisyyden funktiona

Testissä 8 testattiin eri taajuuksien vaikutusta tunnistusetäisyyteen (kuvio 23). Signaaligeneraattorista laitettiin 100 MHz:ä, jonka jälkeen taajuutta nostettiin 250 MHz:n välein 3 GHz:iin asti. Tehona käytettiin 20 dBm:ä. Häiriölähde oli 2 metrin etäisyydellä lukijasta. Tulokseksi saatiin,

että häiriölähde pienensi tunnistusetäisyyttä 10 cm 250 MHz taajuudella, kun taas 1,75 GHz taajuudella lisäsi tunnistusetäisyyttä 5 cm:llä. Häiriölähteiden vaikutus vaihtelee tagin etäisyyden mukaan.



KUVIO 23. Kohinajännite etäisyyden funktiona

7 YHTEENVETO

Työ toteutettiin automatisoituun pesulaan, jossa vaatteet tunnistetaan matalataajuisella etätunnistuksella. Pesulaan oli yritetty korvata LF RFID -järjestelmää UHF RFID -järjestelmällä. Työn tavoitteena oli ratkaista ongelmat, joita vaihdoksessa ilmenee. Ongelmia olivat vanhan ja uuden järjestelmän rinnakkain toimiminen, etätunnistettavan tunnistuksen kohdistaminen, etätunnistettavien yhtäaikainen tunnistus ja ettei samaa etätunnistettavaa tunnistettaisi kahdesti.

Suurin osa ongelmista ratkeaa oikeilla laitevalinnoilla. Uudessa järjestelmässä on käytettävä ISO18000-6 C ja EPC Class 1 Generation 2 -standardien laitteita. ISO18000-6 C:ssä on paranneltu massaluenta ja EPC Class 1 Generation 2:ssa on paranneltu tagien tekniikkaa. Uusi ja vanha järjestelmä saadaan toimimaan rinnakkain virittämällä järjestelmät uudestaan. Saman tagin moninkertainen tunnistaminen ratkaistaan tietokoneohjelmistossa. Etätunnistuksen kohdistamiseen voidaan vaikuttaa antennisijoittelulla, antennin tyypillä ja säätämällä lukijan lähetystehoja. Paras tagi pesulaympäristöön on kangastagi, jonka tunnistusetäisyys on suurempi. Kangastagin päällä voi olla useampi vaatekerros, jolloin massaluenta voidaan tehdä likasäkistä purkamatta vaatteita. Kosteuden vaikutus on todella suuri tunnistusetäisyyteen, joten parasta on laittaa vaatteet kuivana likasäkkiin.

Uuden järjestelmän hinta-arvioksi tuli 15 000 - 65 000 € sen mukaan, mitä laitteita käytetään ja kuinka paljon jälleenmyyjät ottavat itselleen. Uuden järjestelmän laitevalinnat tekee lopulta yritys, joka tekee tietokoneohjelmiston laitteille. Tietokoneohjelmiston tekevä yritys voi valita, mitä ohjelmointitapaa ja tietoliikenneväylää käyttää. Tästä riippuu uuden järjestelmän lopullinen hinta.

LÄHTEET

FINKENZELLER, Klaus, WADDINGTON, Rachel 2003. RFID Handbook Second edition, Englanti: Wiley & Sons Ltd.

RÄSÄNEN, Antti, LEHTO, Arto 1993. Radiotekniikka, Suomi: Otatieto Oy.

SYSTEM MANUAL EDITION 02/2013 SIMATIC RF 600 RFID-Systems 2013. Saksa: Siemens AG.

USER MANUAL RFID READER TCI70022 1998. Sveitsi: Jensen AG Burgdorf.

INFORMATION TECHNOLOGY, Radio frequency identification for item management. Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz. ISO 18000-6. Vahvistettu 2004. International Organization for Standardization.

ELECTRONIC PRODUCT CODE GLOBAL, Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz – 960 MHz Version 1.2.0 . Vahvistettu 2008. Yhdysvallat: EPCglobal Inc.

PIASECKI, Dave 2012, RFID basics [verkkoaineisto]. Dave Piasecki on Inventory Operations Consulting LLC: Wal-mart RFID Mandate [viitattu 1-3-2013]. Saatavissa <http://www.inventoryops.com/RFIDupdate.htm>

LIITE 1

TAGI-SIRUJEN VERTAILU

Valmistaja	Tuote	Lämpö	Taajuus	Luku herkkyys 1 portti	Luku herkkyys 2 portti	Ohjelmointi Kerrat	Sisään tulo kapasitanssi	Muistia
Impinj	Monza 5	-40+80	860-960	-20dBm	-20dBm	100 000	?	128
	Monza 4D	-40+85	860-960	-17.4dBm	-19.9dBm	100 000	1000fF	32
	Monza 4E	-40+85	860-960	-17.4dBm	-19.9dBm	100 000	1000fF	128
	Monza 4QT	-40+85	860-960	-17.4dBm	-19.9dBm	100 000	1000fF	512
Alien	Higgs 4	-20+93	860-960	-18.5dBm	-18.5dBm	100 000	0.85pF	128
	Higgs 3	-50+85	860-960	-18dBm	-18dBm	100 000	0.85pF	96-480
NXP Semiconductors	SL3S4011_4021	-40+85	860-960	-18dBm	-21dBm	50 000	?	3328
EM	EM4325	-40+85	860-960	?	?	?	?	4096
microelectronic Quanray Electronics	Qstar-35	-40+85	840-960	-15dBm	-15dBm	100 000	0.7pF	96-496
	Qstar-2A	-40+85	840-960	-14dBm	-14dBm	100 000	1.3pF	64k
Fujitsu	Qstar-3W	-40+85	840-960	-15dBm	-15dBm	100 000	0.7pF	64k
	MB97R803A	-40+85	860-960	-6dBm	-6dBm	10 ¹⁰	0.47pF	4k
	MB97R803B	-40+85	860-960	-6dBm	-6dBm	10 ¹⁰	0.69pF	4k
Ramtron	MB97R7051	-40+85	860-960	-6dBm	-6dBm	10 ¹⁰	0.96pF	64k
	WMM72016	-40+85	860-960	-6dBm	-6dBm	10 ¹⁴	?	96-192
Celtec S.A.	CTC13001	?	915	-14dBm	-14dBm	?	?	512
Kiloway	KE2002	-40+70	860-960	-15dBm	-15dBm	100 000	?	512
Oridao	B-E-ACHIP-02	-40+85	860-960	?	?	100 000	?	?

Kaikki vertailtavat sirut tukevat ISO 18000 6-c-ja EPC class 1 Gen 2. Texas instruments tekee 132kHz ja 13.56MHz siruja joihin mitään ei oteta vertailuun mukaan. Alien sirujen kahdesta mallista on vielä useampi eri versio. Inteliflex siruja ei oteta vertailuun mukaan sillä heiltä ei löydy vain 132kHz ja 13.56MHz siruja. ST Microelectronics ei otettu mukaan vertailuun sillä käytetään pääasiallisesti konteissa. Atmel ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei löydy mitään tietoa. Motorola ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei löydy tag siruja. Tycos ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei löydy tag siruja. Renesas Technology ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei löydy tag siruja. Mstar ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei löydy tag siruja. Ep Microelectronics ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei löydy tag siruja. LSI's ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei löydy tag siruja. CEAN Rfid ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei ole tag siruja. Productivity Engineering vertailuun sillä heiltä ei löydy tag siruja. STS ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei ole tag siruja. Federal Electric Corp otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei ole tag siruja. ON Semiconductor ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei ole tag siruja. Tegodat ei otettu mukaan vertailuun sillä heidän tagit eivät sovellu pesula tarkoituksiin. CPA Werthner von Braun ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei ole tag siruja. Trancore ei otettu mukaan vertailuun sillä heiltä ei löydy tag siruja. Nantone ei löydy tag siruja. Ivergo löydy vain HF tageja.

LIITE 2

TAGI-SIRUJEN VALMISTAJAT

Yritys	Tunnus 08h=0 (no XTID)	Tunnus 08h=1 (with XTID)	Tuote
Impinj	001	801	Impinj
Texas Instruments	002	802	Texas Instruments
Alien Technology	003	803	Alien Technology
Intelleflex	004	804	Intelleflex
Atmel	005	805	Atmel
NXP Semiconductors	006	806	NXP Semiconductors
ST Microelectronics	007	807	ST Microelectronics
EP Microelectronics	008	808	
Motorola (formerly Symbol Technologies)	009	809	Motorola
Sentech Snd Bhd	00A	80A	
EM Microelectronics	00B	80B	EM Microelectronics
Renesas Technology Corp.	00C	80C	Renesas Technology Corp.
Mstar	00D	80D	
Tyco International	00E	80E	
Quantum Electronics	00F	80F	Quantum Electronics
Fujitsu	010	810	
LSIS	011	811	
CAEN RFID srl	012	812	CAEN
Productivity Engineering Gesellschaft fuer IC Design mbH	013	813	
Federal Electric Corp.	014	814	
ON Semiconductor	015	815	
Ramtron	016	816	
Tego	017	817	
Ceitec S.A.	018	818	
CPA Werner von Braun	019	819	
TransCore	01A	81A	
Nationz	01B	81B	Link to data sheet forthcoming
Invengo	01C	81C	
Kiloway	01D	81D	
Longjing Microelectronics Co. Ltd.	01E	81E	
Chipus Microelectronics	01F	81F	
ORIDAO	020	820	ORIDAO
Maintag	021	821	
Yangzhou Daoyuan Microelectronics Co. Ltd	022	822	
Gate Elektronik	023	823	

LIITE 3

TAGIEN VERTAILU

Tagi Epox	Tyyppi	EPC	Lämpö	Käyttökertaa	Lukuaetäisyys	Kestää vettä	Taajuus(Mhz)	Koko(mm)	Hinta	Mistä
ZT-DEV-lauD2	C	C1G2	-25°C+120°C	200	5-8cm	Kyllä	860-960	Φ20x4	0.08-0.5	zotei
Senrob	?	C1G2	-20°C+110°C	?	1.5m	Kyllä	860-960	24x2.5	0.08-0.5	zotei
Tagi Silicon	Tyyppi	EPC	Lämpö	Käyttökertaa	Lukuaetäisyys	Kestää vettä	Taajuus(Mhz)	Koko(mm)	Hinta	Mistä
Alien H3	C	C1G2	-20°C+80°C	200	2-5m	Kyllä	860-960	80x24x2.5	0.08-0.5	zotei
Alien H3	C	C1G2	-20°C+80°C	200	2-4m	Kyllä	860-960	45x30x1.5	0.08-0.5	zotei
Alien H3	C	C1G2	-20°C+80°C	200	2-4m	Kyllä	860-960	50x15x1.8	0.08-0.5	zotei
Alien H3	C	C1G2	-20°C+80°C	200	5-8m	Kyllä	860-960	100x15x1.8	0.08-0.5	zotei
Tagi Kangas	Tyyppi	EPC	Lämpö	Käyttökertaa	Lukuaetäisyys	Kestää vettä	Taajuus(Mhz)	Koko(mm)	Hinta	Mistä
Monza 5	C	C1G2	+200°C.15s	200	3m	Kyllä	868-960	59x20x1.8	0.08-0.5	directindustry
Monza 4	C	C1G2	+200°C.15s	200	3m	Kyllä	860-960	72x22x1.8	0.08-0.5	directindustry
Tagi Muovi	Tyyppi	EPC	Lämpö	Käyttökertaa	Lukuaetäisyys	Kestää vettä	Taajuus(Mhz)	Koko(mm)	Hinta	Mistä
115001	C	C1G2	-25°C+75°C	?	3m	Kyllä	865-868	180x83x15	0.08-0.5	GAO
115004	C	C1G2	-40°C+80°C	200?	12m	Kyllä	860-960	93x11x?	0.08-0.5	GAO
115002	C	C1G2	-40°C+80°C	200?	3D	Kyllä	860-960	50x50x?	0.08-0.5	GAO
Laundry tag	C	C1G2	-40°C+130°C	?	3m	Kyllä	860-960	80x30x0.5	0.08-0.5	allibaba
Sunyo	C	C1G2	-40°C+150°C	?	5m	Kyllä	860-960	?	0.08-0.5	allibaba

LIITE 4

KÄSILUKIOIDEN VERTAILU

Käsilukija	Akunkesto	CI G1	CI G2	Luettävisyys	Teho	Antenni	Taajuus Mhz	Tyyppi B	Tyyppi C	Hinta	Mistä
GAO 246003	6h	Kyllä	Kyllä	1.5m	1W	Circular	902-928	?	?	Kysy	gaorfid
GAO 246004	?	Kyllä	Kyllä	1m	?	?	902-928	Kyllä	Ei	Kysy	gaorfid
GAO 246008	?	Ei	Kyllä	?	1W	?	860-860	Ei	Kyllä	Kysy	gaorfid
A828BT	?	Ei	Kyllä	?	30mW	Linear	869-525	Kyllä	Kyllä	1158,8€	therfidshop
ALH-90xx	3000mah	Ei	Kyllä	1.5m	?	?	?	?	?	2033€	atlasfidstore
Bluebox	Johto	Ei	Kyllä	15cm	?	?	865-867	Ei	Kyllä	402€	therfidshop
CS101	1.5-20h	Ei	Kyllä	7-11m	?	?	865-868	Ei	Kyllä	1855€	immediasystems
NordicMerlin	8h	Ei	Kyllä	1.5-3m	?	Circular /Linear	?	Ei	Kyllä	2467€	NordicID
DeskID	Johto	Ei	Kyllä	10-30cm	50mW	Circular	868	?	?	167€	therfidshop
SensorID	Johto	Ei	Kyllä	50cm	?	Linear	865-867	Kyllä	Kyllä	Kysy	SensorID
Pur-MR.250W	Johto	Ei	Kyllä	1m	19dBm	Circular	865-868	Ei	Kyllä	Kysy	RFembedded
MCG190-Z	4400mah	Ei	Kyllä	1.2m	0.5W	Circular?	865-868	Ei?	Ei?	2112€	barcodesinc
MCG090-Z	2200mah	Ei	Kyllä	12m	100mW	Linear	865-868	Ei?	Ei?	Kysy	barcodesinc
MCG190-Z	2200mah	Ei	Kyllä	9m	100mW	Linear	865-868	Ei?	Ei?	2583€	barcodesinc
PR-110	?	Ei	Kyllä	2.5m	17dB	Circular	862-955	Ei	Kyllä	-----	-----
PR-510	?	Ei	Kyllä	7.5m	17dB	Circular	862-955	Ei	Kyllä	-----	-----
CK70 RFID	5200mah	Ei	Kyllä	1.8m	1W	Circular	865-868	Ei	Kyllä	2335€	barcodesinc
Workabout pro	4000mah	Ei	Kyllä	1.5m	?	?	868	Ei?	Ei?	Kysy	therfidshop
USB pen	-----	Ei	Kyllä	15cm	100mW	Linear	865-868	Ei	Kyllä	222,9€	therfidshop

LIITE 5

LUKIJOIDEN VERTAILU 1

Lukija:	Luku	Ant.	EPC	EPC	RS232	RS485	Enthemet	Digi/I/O	ISO	ISO	USB	WiFi	Out	Hinta	Mistä
	Etal-	paikkoja	C1G1	C1G2					18000-	18000-			dBm		
	syys								6B	6C					
Gao 216002	2m	1	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,2out	Kyllä	Ei	Ei	Ei	20-30	-----	gaorfid
Gao 216010	15m	1	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in	Ei	Ei	Ei	Ei	0-30	-----	gaorfid
Gao 216011	8m	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,1out	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	0-30	-----	gaorfid
Gao 216022	8m	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,1out	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	0-30	-----	gaorfid
Gao 216023	6m	1	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	0-30	-----	gaorfid
Gao 236012	9m	3	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei?	Ei	Kyllä	Ei	Ei	5-30	-----	gaorfid
Gao 236015	?	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	10-32	-----	gaorfid
Gao 236030	?	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	4in,4out	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	+32	-----	gaorfid
ALR9900+Ema	?	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	4in,8out	Ei	Kyllä	Ei	Ei	31.6	1263€	barcodemegastore
BlueBox 1CH	1m	1	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,1out	Ei	Kyllä	Ei	Ei	+20	595€	therfidshop
BlueBox 4CH	10m	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,1out	Ei	Kyllä	Ei	Ei	+32	1717€	therfidshop
BlueBox IntAnt	0.5m	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,1out	Ei	Kyllä	Ei	Ei	+20	624€	therfidshop
BlueBox MR 1CH	4m	1	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,1out	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	+27	1002€	therfidshop
BlueBox MR 4CH	6m	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,1out	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	+30	1281€	therfidshop
BlueBox MR LA	3m	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1in,1out	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	+27	1045€	therfidshop
R126011 Slate	?	0	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	-----	-----	-----
CS203ETHER	9m	0	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	-----	781€	rfidshop
CS461	6m	4	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	15-30	1500€	rfidshop
CS468	12m	16	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	27	1426€	rfidshop
PulsarMX	5m	1	Ei	Kyllä	Ei,p	Ei,p	Kyllä	Ei	Ei	Ei?	Ei,p	Ei,p	-----	-----	-----
DL6840A	10m	?	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	20-30	-----	-----
DL6840B	10m	?	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	20-30	-----	-----
DL6840C	10m	?	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	20-30	-----	-----
Motorola FX7400	?	4	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	2in,2out	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	15-30	756€	Barcodesinc
Motorola FX9500	?	8	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	4in,4out	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	10-33	998€	Barcodesinc
Intermec IF2	?	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	1-30	814€	Barcodesinc
Intermec IF61	?	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	4in,4out	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	28-30	2951€	Barcodesinc
uPass Reach	4m	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	?	787€	securiTystoreusa
Advanced ST-110	2.5m	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	20	-----	-----
Advanced ST-510	7.5m	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	27	-----	-----
Thinkify TR-200	3m	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	15-27	475€	rfid.net
Thinkify TR-301	5m	0	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei	15-30	-----	-----

LIITE 6

LUKIJOIDEN VERTAILU 2

Lukija:	Luku Etäi- syys	Ant. paikkoja	EPC C1G1	EPC C1G2	RS232	RS485	Ethernet	Digi I/O	ISO 18000- 6B	ISO 18000- 6C	USB	WIFI	Hinta	myyjä
ID ISCLR3500	16m	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	3090€	TOPturniste
ID ISCLR3000	12m	4	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	2350€	TOPturniste
ISC.MRU200i- USB	?	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	1in,1out	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	1435€	TOPturniste
ISC.MRU200i-E USB	?	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	1in,1out	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	1435€	TOPturniste
ISC.MRU200- USB	2,5m	2	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	1595€	TOPturniste
ISC.MRU200-E	2,5m	2	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	1595€	TOPturniste
Infinity 610	?	8	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	4in,4out	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	1300-3000€?	FINN-ID
Infinity 510	?	4	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	4in,4out	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	1300-3000€?	FINN-ID
RFU 81 SL 100	1m	0	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	1in,1out	?	?	Ei	Ei	5000€?	SKS-automaatio
Simatic RF660R	6m	4	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	?	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	3500€?	plcharware
Simatic RF670R	5m	4	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä	4in,4out	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	3300€?	plcharware
Simatic RF630R	2m	2	Kyllä	Kyllä	Kyllä?	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	3100€?	plcharware
Simatic RF620R	2m	0	Kyllä	Kyllä	Kyllä?	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	3300€?	plcharware

LIITE 7

ANTENNIEN VERTAILU

Antenni	Taajuus	Lukuetaisyys	Liitin	Mitat (mm)	IP	Polar	bw	Gain	Hinta	Myyjä
RF660A	865-868MHz	4m	RTNC	185 x 185 x 45	65	Linear			424€	plchardware
RF640A	865-928MHz	4m	RTNC	185 x 185 x 45	65	Linear			275€	plchardware
RF620A	865-868MHz	0,5m	RTNC	75 x 75 x 20	67	Linear			248€	plchardware
Bluebox Basic	865-960MHz	10m		245 x 235 x 40	65	Circular	67°	7 dbic	165€	thefishshop
Bluebox Basic	865-960MHz	10m		245 x 235 x 40	65	Linear	74°	8 dbic	165€	thefishshop
Bluebox Cylinder	865-960MHz	0,2m	TNC-f	130 x 60	65	R.H.Circular	170°	-8dbic	315€	thefishshop
Bluebox HighGain	865-960MHz	10m	TNC-f	555 x 262 x 59	65	Circular	70°	11dbic	498€	thefishshop
Bluebox Long	865-960MHz	12m	TNC-f	270 x 270 x 45	65	Circular	69°	8.5dbic	281€	thefishshop
Bluebox Mid	865-960MHz	2m	TNC-f	154 x 126 x 36	67	Circular	70°	11dbic	265€	thefishshop