

Jani Löhönen

RFID-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO JA SEURANTAJÄRJESTELMÄN
TOTEUTTAMINEN

Insinööriö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Tietotekniikka
Kevät 2009



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Jani Löhönen	
Työn nimi RFID-järjestelmän käyttöönotto ja seurantajärjestelmän toteuttaminen	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Mittaustekniikka	Ohjaaja(t) Jukka Heino Toimeksiantaja Kajaanin ammattikorkeakoulu, Kehitysinsinööri Markku Karppinen
Aika Kevät 2009	Sivumäärä ja liitteet 29+9
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Kajaanin ammattikorkeakoulun kehitysinsinöörin Markku Karppisen toimeksiannosta. Hän oli havainnut tarpeen työssä toteutettavalle seurantajärjestelmälle.</p> <p>Insinööri työn tarkoituksena oli ottaa käyttöön RFID-laitteisto ja toteuttaa seurantajärjestelmä, jolla seurataan tekniikan ja liikenteen alan opiskelijoille lainattavia laitteita. Järjestelmällä tarkkaillaan lainattavien logiikka-analysointilaitteiden, oskilloskooppien ja ulkoisten kiintolevyjen liikkumista kahden luokan oviaukoissa. Lainattavat laitteet merkitään tarkoitukseen sopivilla RFID-tunnisteilla. Samalla seurantajärjestelmää voidaan hyödyntää RFID-tekniikan opetuksessa.</p> <p>Seurantajärjestelmä päätettiin toteuttaa jo olemassa olevalla Sirit INfinity 510 RFID-laitteistolla, joka on hankittu tutkimuskäyttöön vuonna 2006. Seurantajärjestelmän keskeisimpänä rakenteena, RFID-järjestelmän lisäksi, toimii tunnistetiedon käsittelyä varten laadittu ohjelma. Ohjelmalla poistetaan tunnistetiedoista kaikki turha data ja poimitaan lukijan tallentamista tiedoista vain kaikkein oleellisin. Samalla ohjelmalla muutetaan myös tunnistetietojen ID-merkkijonot helpommin ymmärrettävään muotoon. Ohjelma toteutettiin National Instrumentsin LabVIEW-ohjelmointiympäristössä.</p> <p>Tämä insinööri työ tarjosi hienon mahdollisuuden perehtyä RFID-tekniikkaan ja sen soveltamiseen käytännössä. Vaikka ensimmäinen RFID-järjestelmä otettiin käyttöön jo toisen maailmansodan aikana, on vasta viime vuosina oivallettu, missä kaikissa käyttökohteissa RFID-tekniikka voidaan hyödyntää. Oli erittäin antoisaa tutustua tähän koko ajan kehittyvään tekniikkaan, joka tarjoaa uskomattoman määrän mahdollisuuksia erilaisille sovellusratkaisuille.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	RFID, tag, tunniste
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Jani Löhönen	
Title Development of a Monitoring System Using the Sirit INfinity 510 RFID Device	
Optional Professional Studies Measurement Technology	Instructor(s) Mr Jukka Heino, Lecturer
	Commissioned by Kajaani University of Applied Sciences Mr Markku Karppinen, Development Engineer
Date Spring 2009	Total Number of Pages and Appendices 29+9
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to use an RFID (Radio Frequency Identification) device to develop a monitoring system. The purpose of the monitoring system is to follow up the devices that the students borrow. The system follows up the movements of the logic analyzers, oscilloscopes and external hard drives by the doorways of two classrooms. The devices are marked by the appropriate RFID tags. At the same time the monitoring system can be used in RFID technology teaching.</p> <p>The monitoring system was implemented with the already existing Sirit INfinity 510 RFID system, which was acquired for research use in 2006. The main structure of the monitoring system, besides the RFID system, will act a program which can process the identification information. The program was developed in the National Instruments' LabVIEW programming environment.</p> <p>The thesis offered a good opportunity to study the RFID technology and its application in practice. Although the first RFID system was used as early as during the Second World War, only in recent years it has been recognized where the various applications of RFID technology can be utilized. It was very rewarding to study this evolving technology, which offers an incredible amount of opportunities for different application resolutions.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	RFID, tag, identifier
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Aluksi haluaisin kiittää kehitysinsinööri Markku Karppista erittäin mielenkiintoisesta ja ajan-kohtaisesta insinööriyön aiheesta. Kiitokset myös lehtori Jukka Heinolle, joka toimi työn valvovana opettajana, sekä LabVIEW-ohjelmoinnin asiantuntijalle yliopettaja Pentti Romppaiselle. Kielellisestä ohjauksesta haluan kiittää lehtori Eero Soinista sekä kielten yliopettajaa Kaisu Korhosta. Lopuksi vielä erityiset kiitokset puolisolleni ja lapsilleni heidän antamastaan tuesta sekä osoittamastaan kärsivällisyydestä.

Sotkamossa 1.4.2009

Jani Löhönen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 RFID-TEKNIIKAN KEHITYS	2
3 RFID-JÄRJESTELMÄN MÄÄRITTELY	4
3.1 RFID-järjestelmän komponentit	4
3.1.1 RFID-lukija	4
3.1.2 Lukijan ja tunnisteen antennit	5
3.2 RFID-tunnisteet	6
3.2.1 Passiivitunnisteet	6
3.2.2 Puoliaktiiviset tunnisteen	8
3.2.3 Aktiivitunnisteet	8
3.3 RFID-tekniikan standardit	9
4 RFID-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO	11
4.1 RFID-järjestelmän kokoonpano	11
4.2 RFID-lukija Sirit INfinity 510	12
4.3 RFID-lukijan antennien asennus	14
4.4 RFID-järjestelmän toimintakuntoon laittaminen	16
4.5 RFID-järjestelmän toiminta	17
4.6 RFID-järjestelmän kokeilu	21
5 TUNNISTETIEDON KÄSITTELY LABVIEW-OHJELMALLA	24
6 TULOSTEN TARKASTELU	25
7 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	28
LIITTEET	

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

EAN	European Article Number, joka on käytetyin viivakoodistandardi Suomessa
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power, suuntateho
EPC	Electronic Product Code, sähköinen tuotekoodi
ERP	Emitted Radiated Power, suuntateho
HF	High Frequency -alue, RFID-tekniikan standarditaajuus 13,56 MHz
IFF	Identify Friend or Foe
LBT	Listen Before Talk, lähettimen käynnistyminen on sallittu vain liikennöinti- protokollan alaisuudessa
LF	Low Frequency -alue, RFID-tekniikassa 125–134 kHz
RCT	Embedded Reader Configuration Tool
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuuksilla tapahtuva etätunnistus
RST	Reader Startup Tool
UHF	Ultra High Frequency -alue, RFID-tekniikassa 860–930 MHz sekä 2,4 GHz:n mikroaaltoalue

1 JOHDANTO

Kajaanin ammattikorkeakoulu on Kajaanin kaupungin omistama liikelaitos, joka on perustettu vuonna 1992 ja vakinaistettu ensimmäisten joukossa vuonna 1996. Työelämän tarpeisiin Kajaanin ammattikorkeakoulusta on valmistunut noin 3500 ammattilaista viideltä eri koulutusosalta; yhteiskuntatieteiden alalta, liiketalouden ja hallinnon alalta, luonnontieteiden alalta, tekniikan ja liikenteen alalta, sosiaali-, terveys- ja liikunta-alalta sekä matkailu-, ravitsemis- ja talousosalta. Koulutusohjelmia koulutusalat pitävät sisällään 11, joista kaksi on englanninkielisiä. Syksyllä 2009 alkaa kolmas englanninkielinen koulutusohjelma. Lisäksi on kolme ylemmän ammattikorkeakoulututkintoon johtavaa koulutusohjelmaa. [1.]

Opiskelijoita Kajaanin ammattikorkeakoulussa on noin 2000 ja työntekijöitä 165, josta opetushenkilöstöä 95. Vuosittain aloittaa 400 uutta perustutkinto-opiskelijaa ja 280 aikuisopiskelijaa. Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon aloituspaikkoja vuosittain on 35. [1.]

Koska ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen alan opiskelijoilla on mahdollisuus lainata opetuksessa käytettäviä laitteita, kuten logiikka-analysaattoreita, oskilloskooppeja ja ulkoisia kiintolevyjä, on henkilöstö havainnut tarpeen näiden laitteiden seurantajärjestelmälle. Tämä seurantajärjestelmä päätettiin toteuttaa jo olemassa olevalla RFID-järjestelmällä (Radio Frequency Identification), joka on hankittu tutkimuskäyttöön vuonna 2006.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on RFID-järjestelmän käyttöönotto, RFID-lukijan ohjelmiston päivittäminen sekä järjestelmän ympärille rakennettavan seurantajärjestelmän toteuttaminen. Jatkossa seurantajärjestelmää voidaan käyttää myös RFID-tekniikan opetuksessa. Keskeisenä osana seurantajärjestelmää toimii ohjelma, jolla tunnistetietoa käsitellään. Ohjelma laaditaan National Instrumentsin LabVIEW-ohjelmointiympäristössä. Seurantajärjestelmällä tarkkailtavat laitteet merkitään tarkoituksenmukaisilla RFID-tunnisteilla. Tunnisteilla merkittyjen laitteiden liikkeitä seurataan kahden luokan oviin asennettavilla antennilla.

2 RFID-TEKNIIKAN KEHITYS

RFID eli radiotaajuuksilla tapahtuva etätunnistus sai alkunsa Britanniassa jo toisen maailmansodan aikoihin. Niin kuin monet muutkin keksinnöt, syntyi idea RFID-järjestelmän käytöstä suoraan sotateollisuuden tarpeista. Etätunnistuksella saatiin tieto lähestyvien lentokoneiden kansallisuudesta, kun omiin koneisiin oli lisätty lähetin, joka automaattisesti vastasi tutkasignaaliin tunnistussignaalilla. Järjestelmää kutsuttiin IFF-järjestelmäksi (Identify Friend or Foe), ja se oli tiettävästi ensimmäinen RFID-järjestelmä maailmassa. [2.]

Ensimmäinen patentti RFID-tekniikassa myönnettiin aktiivitunnisteelle 1970-luvun alussa. Samoihin aikoihin patentoitiin myös RFID-avain, joka toimintaperiaatteeltaan vastaa nykyisiä kulunvalvonnan RFID-avaimia. Ensimmäiset kaupalliset sovellukset tulivat markkinoille 1980-luvun puolivälissä tietullien käyttöön. Nämä kaupalliset sovellukset saivat alkunsa Yhdysvaltain hallituksen tutkimusohjelmassa Los Alamosissa, missä etsittiin ratkaisua radioaktiivisen materiaalin seurantaan. Los Alamosissa kehitettiin myös passiivitunnistetekniikkaa, jota voitaisiin hyödyntää lehmien ruokinnassa. Sairaille lehmille piti pystyä antamaan oikeaa lääkettä. Tiettyjen lehmien tuli saada vain tietty määrä tiettyä lääkettä. Ratkaisuna lehmien ihon alle kiinnitettiin passiiviset, 125 kHz:n LF-alueen RFID-tunnisteet. Tämä järjestelmä on edelleen käytössä. [2.]

Ajan myötä siirryttiin käyttämään 13,56 MHz:n HF-alueella toimivia RFID-järjestelmiä. Lähietäisyyksien RFID-sovelluksissa, avainkortteissa ja muissa niin sanotuissa älykortteissa ne ovat nykyäänkin yleisesti käytössä. Koska korkeammat taajuudet kuitenkin mahdollistavat suuremman lukuetaisyyden ja nopeamman tiedonsiirron, patentoi IBM 860–930 MHz:n UHF-alueella toimivan RFID-järjestelmän 1990-luvulla. Nykyään UHF-alueella on käytössä myös 2,4 GHz:n mikroaaltoalue. Mikroaaltoja käytetään enimmäkseen aktiivitunnistuksessa, jonka tunnetuimpia sovelluksia on esimerkiksi automaattinen tunnistus tietullissa. [2.]

Vaikka UHF-alueella toimivien järjestelmien taajuudet ovatkin hieman erilaiset eri puolilla maailmaa (Yhdysvallat 902–928 MHz ja Eurooppa 869 MHz:n vaiheilla), on juuri UHF-tekniikka herättänyt eniten kiinnostusta. Kiinnostus on peräisin riittävästä lukuetaisyydestä logistiikan sovellutuksiin. Muun muassa yhdysvaltalaiset Department of Defence ja Wal-Mart, britannialainen Tesco sekä saksalainen Metro Group ovat toteuttaneet logistiikan seurannan UHF-tekniikan RFID-järjestelmillä. Suomessa esimerkiksi Naisten pukutehdas ja Honkarakenne hyödyntävät toiminnassaan RFID-teknologiaa. Lisäksi autoalan logistiikkayri-

tys Assitor seuraa Suomessa vuosittain 370 000 auton toimitusketjua passiivisen RFID:n avulla. Kaiken kaikkiaan RFID-tekniikkaa käytetään jo tuhansien yritysten logistiikassa ja seurannassa. [2.]

Näillä näkymin RFID ei kuitenkaan tule korvaamaan viivakoodia, ainakaan lähitulevaisuudessa. Osittain tämä johtuu siitä, että näiden kahden tekniikan hyödyt ovat osaksi päällekkäisiä ja osaksi erillisiä. Myös taloudellisuus puhuu viivakoodin käytön puolesta, varsinkin niissä kohteissa, jotka eivät erityisesti tarvitse RFID-tekniikan hyötyjä. Toisaalta RFID-tunniste toimii paremmin kohteissa, joissa tunniste halutaan piilottaa tai siihen ei ole näköyhteyttä. RFID-tunnisteen luku voidaan myös suorittaa huomattavasti kauempaa ja lukutapahtumia voidaan tehdä samanaikaisesti useampia. Tällä voidaan saavuttaa huomattavia etuja käsiteltäessä suuria määriä tavaraa, jota kuljetetaan tukkupakkauksissa tai irtotavarana. Lisäksi RFID-tunnisteen sisältöä voidaan haluttaessa muuttaa, kun viivakoodi on tulostamisen jälkeen muuttumaton. Huomioitavaa on myös RFID-tunnisteiden parempi kestävyys likaisia teollisuusolosuhteita vastaan. [2.]

Yleisimpiä RFID-sovellusten käyttökohteita:

- Kohteiden seuranta
- Tilaus-toimituslogistiikka
- Teollisuuden valmistusprosessien seuranta
- Henkilötunnistus ja -seuranta
- Vähittäismyynti
- Maksusovellutukset
- Kulunvalvonta ja turvallisuuden parantaminen [2.]

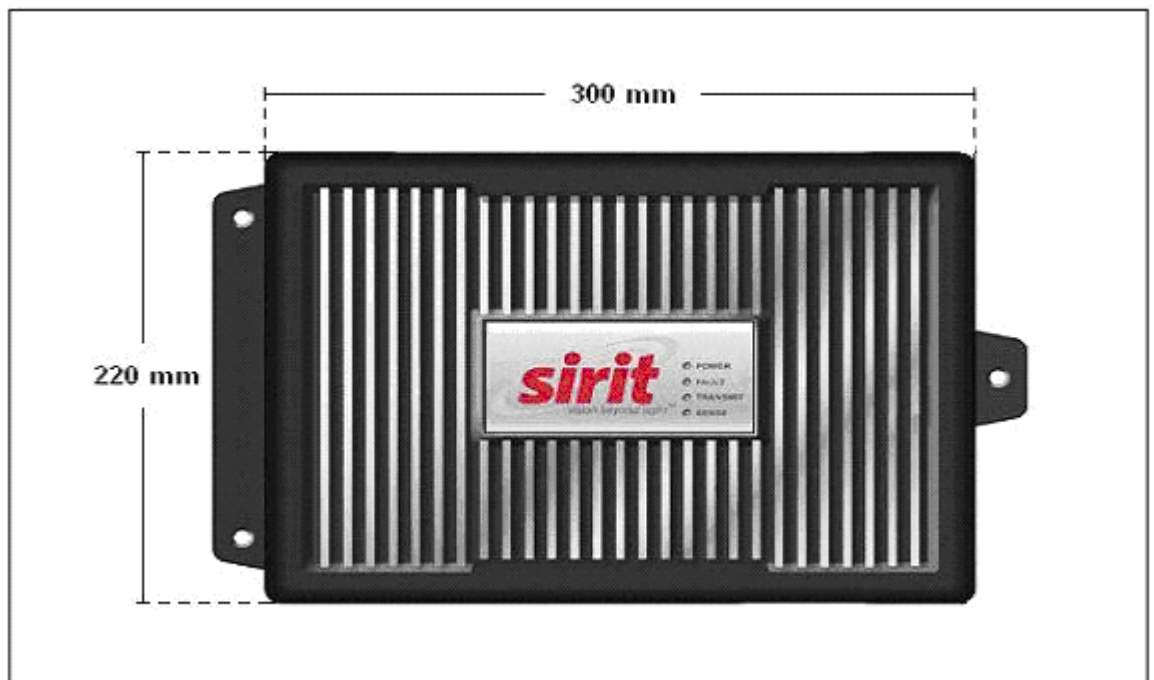
3 RFID-JÄRJESTELMÄN MÄÄRITTELY

3.1 RFID-järjestelmän komponentit

Keskeisimmät RFID-järjestelmän komponenteista ovat RFID-lukija, RFID-tunniste sekä oheisohjelmat, joiden avulla tunnistetietoa hyödynnetään halutulla tavalla. Lisäksi järjestelmään kuuluvat lukijaan tarvittaessa yhdistettävät antennit sekä tietokone oheisohjelmia ja tunnistetiedon käsittelyä varten.

3.1.1 RFID-lukija

RFID-lukija on koko järjestelmän ydin (kuva 1). Sen avulla luetaan sekä kirjoitetaan tunnistetietoa. Lukijan asetuksia muokkaamalla voidaan myös räätälöidä RFID-järjestelmän ominaisuudet kunkin käyttäjäryhmän tarpeita vastaaviksi, jolloin järjestelmästä saatu hyöty on paras mahdollinen.

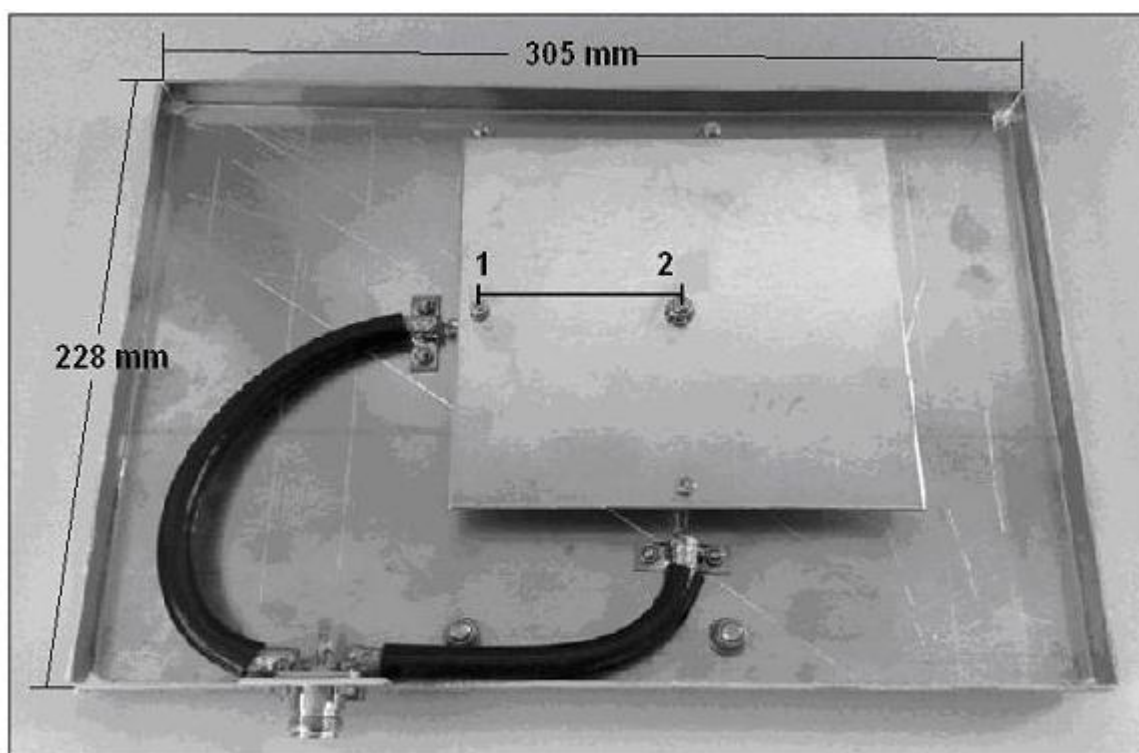


Kuva 1. UHF-alueen RFID-lukija Sirit INfinity 510 [3].

3.1.2 Lukijan ja tunnisteen antennit

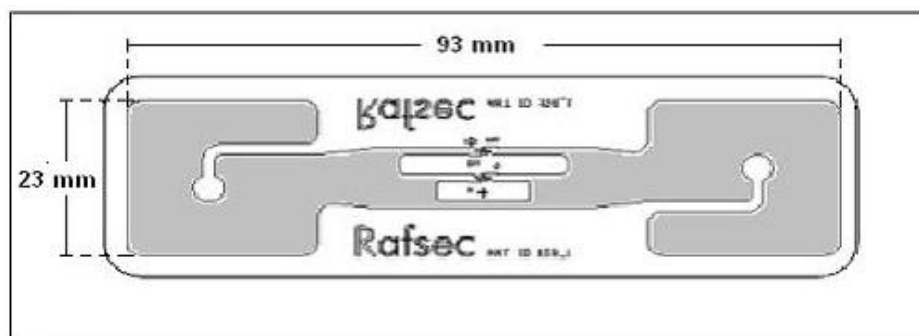
Antenni on lukijan tai tunnisteen osa, joka välittää tiedon joko lukijalle tai tunnisteesa olevalle mikrosirulle. LF- ja HF-alueilla antennin rakenne vastaa induktiosilmukkaa, kun taas UHF- ja mikroaaltoalueilla perinteistä dipoliantennia tai sen johdannaista. [2.]

Kuvassa 2 on RFID-lukijaan liitettävä vasenkätisesti ympyräpolarisoitu dipoliantenni. Kuvaan merkittyjen pisteiden 1 ja 2 välisen etäisyyden ollessa $\lambda/2$ on antennielementin virta pisteessä 1 maksimissaan ja pisteessä 2 minimissään. Tästä johtuen antennielementti on voitu kiinnittää pisteestä 2 maatasona toimivaan taustaelementtiin. Antennin tekniset tiedot ovat liitteenä 1.



Kuva 2. UHF-alueen dipoliantenni Aerial AV2100-CP, jonka lasikuituinen suojakuori on poistettu.

Tunnisteen dipoliantenni on ohut metallikalvo tunnisteen pintamateriaalien välissä (kuva 3). Tunnisteen tekniset tiedot ovat liitteenä 2.



Kuva 3. Passiivisen Rafsec DogBone -paperitunnisteen dipoliantennin rakenne [4].

Koska RFID-lukijoiden lähettämät radioaallot voivat olla polarisoituja, on tunnisteen antennin asennolla merkitystä. Linearipolarisoidut antennit vaativat tunnisteen antennin olevan vastaavasti suunnattu. Ympyräpolarisoidut antennit kuitenkin sallivat tunnisteiden vapaamman sijoittelun, mutta kumpikaan tyyppi ei voi lukea kunnolla pitkittäin, radioaaltojen kulkuun vasten sijoitettuja tunnisteita. [2.]

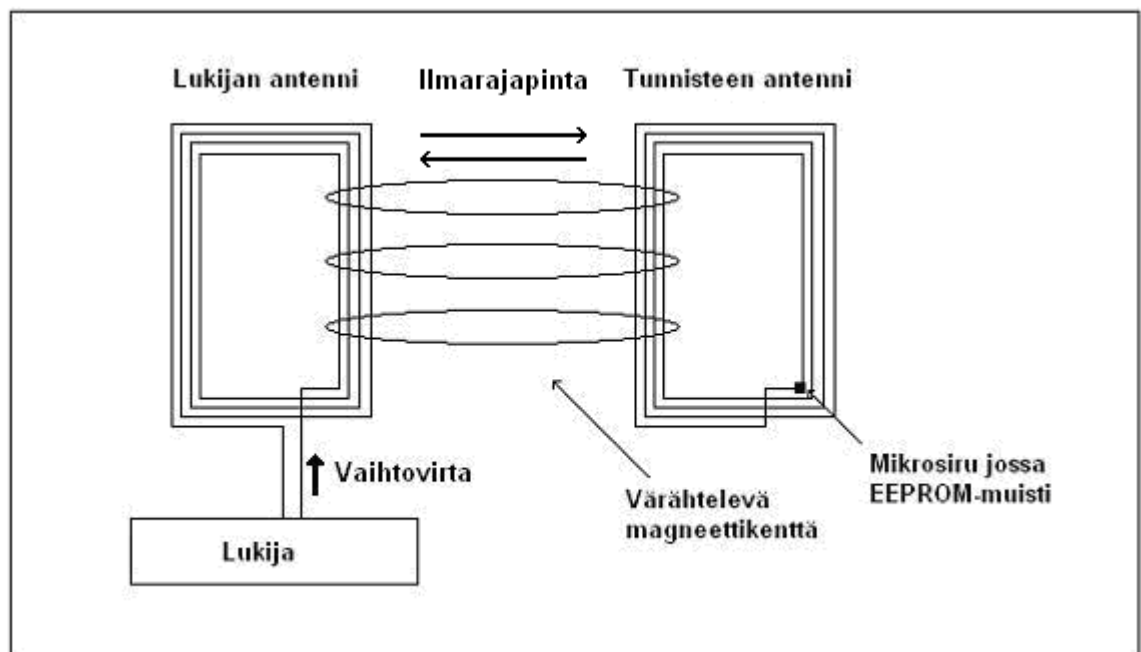
3.2 RFID-tunnisteet

RFID-tunnisteet on jaettu kahteen erilaiseen ryhmään tunnisteiden toimintatavan mukaan. Jos tunnisteessa on mukana oma virtalähde (paristo tai akku), on kyseessä aktiivitunniste. Muussa tapauksessa kyseessä on passiivitunniste, jonka tarvitsema käyttöjännite siirretään tunnisteeseen lukijalaitteelta lukutapahtuman yhteydessä. [2.]

3.2.1 Passiivitunnisteet

Passiivitunnisteet eritellään kahteen ryhmään jännitteen- ja tiedonkirjoitustekniikan suhteen: matalan (LF) ja korkean (HF) taajuuden tunnisteet käyttävät sähkömagneettista induktiota, kun korkeampien taajuuksien tunnisteet (UHF) käyttävät sähkökentän heijastumista tiedon ja käyttöjännitteen siirtämiseen. [2.]

LF- ja HF-alueilla lukija ja tunnistus muodostavat keskenään induktiivisen kytkennän muuntajan tapaan (kuva 4). Yleensä tunnistuksessa on nähtävissä kuparisia silmukoita, jotka muodostavat kelan ja toimivat tunnistuksen antennina. Vastaavanlaisia silmukoita on myös lukijan antennissa. Johtamalla antennisilmukkaansa vaihtovirtaa lukija saa aikaan värähtelevän magneettikentän. Tämä magneettikenttä indusoi vastaavan vaihtovirran tunnistuksen kelaan sen sijaitessa lukijan tunnistusetäisyydellä. Tällöin tunnistuksessa oleva mikrosiru saa käyttöjännitteensä indusoituneesta virrasta. Mikrosirun käynnistyessä sen EEPROM-muistissa olevalla datalla moduloidaan tunnistuksen kelan virtaa, joka näkyy magneettikentän yli lukijan antennisilmukan jännitteessä. [2].



Kuva 4. RFID-lukijan ja tunnisteen välinen induktiivinen kytkentä.

UHF-alueella, LF- ja HF-alueista poiketen, tunnistus ja lukija keskustelivat pääasiassa sähkömagneettisen säteilyn eli radioaaltojen avulla, kuten esimerkiksi matkapuhelimet. Lukijan lähettäessä antenninsa kautta radioaaltoja vastaanottaa tunnistuksen dipoliantenni nämä aallot ja heijastaa ne takaisin. Heijastamiinsa aaltoihin tunnistus moduloi mikrosirun sisältämät tiedot. Moduloinnilla voidaan joko nostaa heijastuneen signaalin amplitudia, siirtää sen vaihetta tai muuttaa sen taajuutta. [2].

Radioaaltojen avulla toimivan tunnistuksen lisäksi voidaan myös UHF-alueella hyödyntää magneettikenttää. Tämä niin sanottu lähikenttä, jossa magneettikenttä on riittävän voimakas tunnistamiseen, ulottuu 7–10 aallonpituuden eli tässä noin kahdenkymmenen sentin päähän antennista. Tällä lähikenttätunnistamisella voidaan huomattavasti parantaa lukuvarmuutta nesteiden ja metallien lähellä. Lähikenttä-UHF toimii tavallisella UHF-lukijalla ja erityisellä lähikenttäantennilla. Lähikenttätunnisteissa on poikkeuksellisesti vain yksi antennisilmukka. Monet suuret yritykset näkevät lähikenttä-UHF-tekniikassa ratkaisun yksittäistuotteiden tunnistamiseen. [2.]

3.2.2 Puoliaktiiviset tunnistet

Puoliaktiivisissa tunnisteteissa on sisäinen virtalähde, josta tunnisteen mikrosiru saa käyttöjännitteensä myös silloin, kun se ei ole lukijan aikaansaamassa kentässä. Tämän virtalähteen avulla tunnistete voi lukea ja tallentaa muistiinsa esimerkiksi lämpötila-anturin antamia arvoja kylmäkuljetuksen aikana. Kun tunnistete sitten aikanaan tulee lukijan kentän alueelle, aktivoituu sen lähetyspiiri ja tunnisteen muistiin tallentuneet tiedot siirtyvät lukijaan. Sisäistä virtalähdettä ei siis käytetä lähetykseen, vaan ainoastaan mikrosirun käyttöjännitteen tuottamiseen. [5.]

3.2.3 Aktiivitunnistet

Myös aktiivitunnistet sisältävät oman virtalähteen. Puoliaktiivisista tunnisteteista poiketen aktiivitunnisteissa virtalähdettä käytetään myös lähetyspiirin jännitteen tuottamiseen. Aktiivitunniste siis kuuntelee koko ajan mahdollista lukijan signaalia ja vastaa siihen tarvittaessa. Keskustelu aktiivitunnisteen ja lukijan välillä tapahtuu kuten kahden radion tai matkapuhelimen välillä. Kyseinen rakenne mahdollistaakin huomattavan pitkät lukuetaisyudet (jopa 100 m), mutta kalliin hinnan takia niitä käytetään vain erikoiskäyttötarkoituksiin. [5.]

Aiemmin mainitun IFF-järjestelmän toiminta toisen maailmansodan aikana perustui juuri aktiivitunnisteisiin. Lentokoneisiin kiinnitetty aktiivitunniste vastasi tutkasignaaliin automaattisesti tunnistussignaalilla, ja näin voitiin erottaa oma kone viholliskoneista.

3.3 RFID-tekniikan standardit

RFID-tekniikan keskeisimmät standardit määrittävät tiedonvälitysprotokollan ja tunnisteen tietosisällön. Ensiarvoisen tärkeitä RFID-tekniikan standardit ovat logistiikkaan liittyvissä sovelluksissa, joissa rakennetaan avoimia kuljetusketjuja. Standardoinnilla saavutettu ihanne-tilannehan olisi, jos eri valmistajien järjestelmät pystyisivät lukemaan toistensa tunnisteita. Erittäin tärkeää olisi myös valmistajariippumattomuuden takaaminen, jolloin jo järjestelmää rakennettaessa olisi tiedossa laitteiden saatavuus myös jatkossa, ilman sitoutumista yhteen ja tiettyyn toimittajaan. Vaikka standardi itsessään ei takaa valmistajariippumattomuutta, on osa niistä niin sanottuja vapaita standardeja, joiden mukaisia laitteistoja voi halutessaan valmistaa kuka tahansa. [2.]

LF-alueella ei ole vapaita standardeja. Useimmat LF-alueen sovellukset, kuten eri kulunvalvontajärjestelmät, on toteutettu suljettuina järjestelminä 125 kHz:n taajuudella. Karjan tunnistukseen määritelty standardi ISO 11784 määrää tunnisteen tietosisällön ja 134 kHz:n taajuudella standardi ISO 11785 määrittelee tiedonsiirtoprotokollan. [2.]

HF-alueella 13,56 MHz:n taajuudella on olemassa sovittuja standardeja. Standardi ISO 14443 ei ole valmistajariippumaton, mutta käytännössä Philips Mifare -tekniikka on saavuttanut taajuusalueen de facto -standardin aseman. Sen lukuetaisyys on rajattu 3–4 senttimetriin ja sitä käytetään paljon erilaisissa maksusovellutuksissa. HF-alueen toinen standardi ISO 15693 on valmistajariippumaton, ja sitä noudattava tunnetuin siru Suomessa on Philips I-CODE SLI. [2.]

UHF-alueen tämän hetken olennaisin standardi on ISO18000-6C eli Gen2. Se on EPCglobal-järjestön kehittämä standardi, joka määrää tiedonvälitysprotokollan. Tämän standardin myötä UHF-alueen tunnistus on saatu varmemmaksi ja toiminta varsinkin monilukija-ympäristössä on parantunut. [2.]

UHF-alueeseen liittyen vuonna 1999 perustettiin Auto-ID Center kehittämään kansainvälistä, avoimiin kuljetusketjuihin tarkoitettua EPC-standardia sekä siihen liittyvää teknologiaa. Lähtökohtana kehitystyölle oli tunnisteen halpa hinta, kertakäyttöisyyden takia, sekä UHF-alueen hyödyntäminen logistiikkasovelluksiin soveltuvan lukuetaisyuden takia. Auto-ID Center kehittikin EPC-standardin, joka kattaa sekä tiedonsiirtoprotokollan että tunnisteen tietosisällön. Auto-ID Center kehitti myös verkkoinfrastruktuurin palvelemaan tiedon säilyttämistä ja siirtoa maailmanlaajuisesti eri toimijoiden välillä. [2.]

Alkuperäisestä ajatuksesta poiketen Auto-ID Center ei kuitenkaan kehittänyt vain yhtä tiedonsiirtoprotokollaa, vaan EPC-tunnisteita kehitettiin useampia, tietyn luokkajaon mukaan. Ylemmän luokan tunnisteet tarjosivat enemmän mahdollisuuksia mutta olivat hinnaltaan kalliimpia. Alkuperäisen luokkajaon mukaan esimerkiksi Class 1 -luokan tunnisteet olivat passiivisia ja pelkästään luettavia. Class 5 -luokan aktiivitunnisteet taas pystyivät keskustelemaan jopa keskenään. Lopulta kuitenkin päädyttiin ratkaisuun, jossa kehitettiin ainoastaan Class 0 -luokan ja Class 1 -luokan EPC-tunnisteet, jotka ovat olennaisimmat logistiikan sovellutuksissa. Ongelmana näiden tunnisteiden välillä kuitenkin on se, että ne käyttävät keskenään eri tiedonsiirtoprotokollaa ja kummankin tunnisteiden lukemiseen vaaditaan multiprotokollalukija. [2.]

Vuonna 2003 Auto-ID Center sitten lisensoi EPC Class 0- ja Class 1 -protokollat EPCglobal-järjestölle ehdolla, että standardi on vapaasti ja ilmaiseksi kaikkien saatavilla. EPC Class 0 ja Class 1 eivät kuitenkaan ole yhteensopivia ISO-standardien kanssa. Lisäksi niiden maailmanlaajuisessa käytössä on ongelmia, koska ne eivät ole kaikkien määräyksien mukaisia, esimerkiksi Euroopassa. [2.]

Käytössä on myös ISO 18000 -ilmarajapintastandardisarja, johon myös jo aiemmin mainittu EPC Gen2 kuuluu:

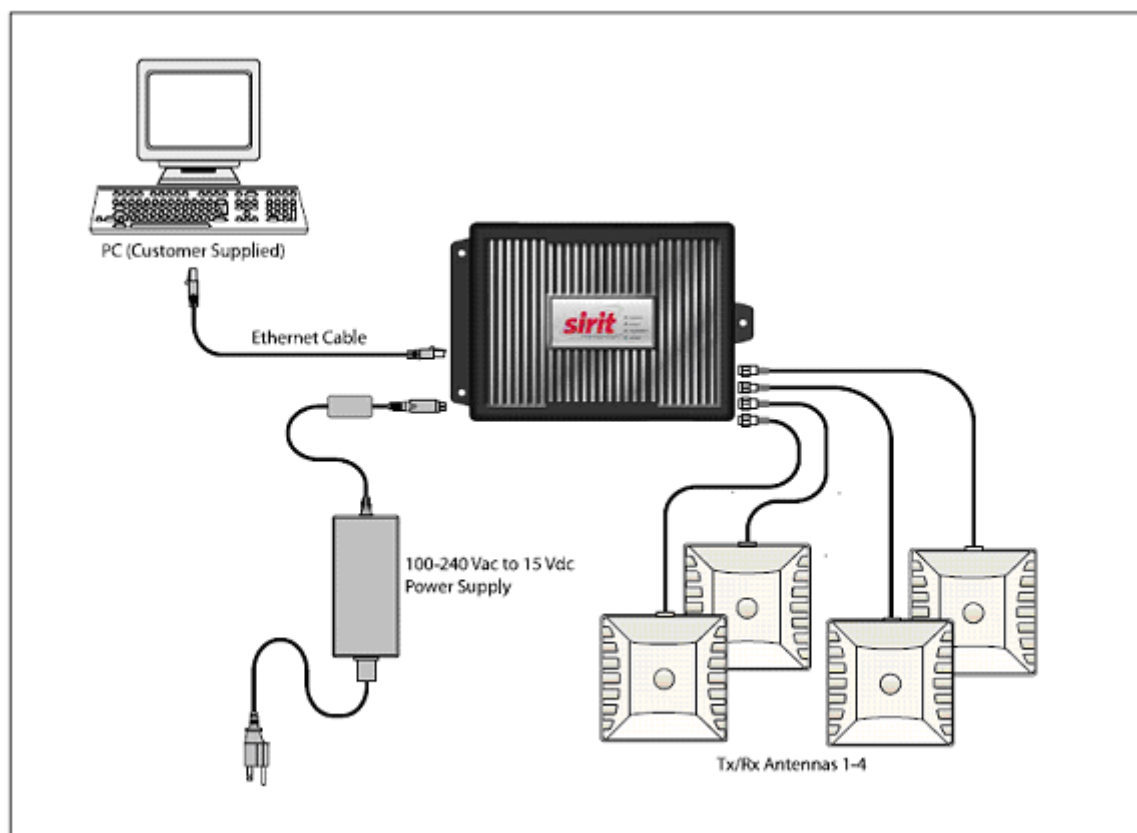
- 18000-1: Kansainvälisille taajuuksille hyväksytyt ilmarajapinnan parametrit.
- 18000-2: Ilmarajapinta alle 135 kHz:n taajuuksille.
- 18000-3: Ilmarajapinta 13,56 MHz:n taajuudelle.
- 18000-4: Ilmarajapinta 2,45 GHz:n taajuudelle.
- 18000-5: Ilmarajapinta 5,8 GHz:n taajuudelle.
- 18000-6: Ilmarajapinta 860–930 MHz:n taajuuksille.
- 18000-7: Ilmarajapinta 433,92 MHz:n taajuudelle.

Missä vaiheessa RFID-alan standardointi sitten loppujen lopuksi on? Vaikka osa standardeista ja tekniikoista ovatkin jokseenkin vakiintuneita, ovat esimerkiksi tulevaisuuden lukija- ja ohjelmistostandardit vielä jossain määrin arvoituksia. Eri tunnisteiden standardit ovat kuitenkin viimein vakiintuneet UHF-alueen Gen2 -standardin myötä. [2.]

4 RFID-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

4.1 RFID-järjestelmän kokoonpano

RFID-järjestelmään, johon tämä insinööriyö perustuu, kuuluu RFID-lukija Sirit INfinity 510, neljä RFID-lukijan dipoliantennia Aerial AV2100-CP, antennikaapelit (4 kpl x 4 m), Ethernet-kaapeli (3 m) sekä verkkovirtamuuntaja (kuva 5). Lisäksi laitteen mukana olevalla CD-levyllä on ohjelma, jonka asentamisen jälkeen käytössä on RST-ohjelma (Reader Startup Tool), jonka työkaluilla voidaan testata lukijan toimintaa ja muuttaa sen asetuksia, sekä RCT-ohjelma (Embedded Reader Configuration Tool), jolla testaaminen ja asetusten muuttaminen onnistuu internetin välityksellä. [3.] RCT-ohjelma avautuu syöttämällä laitteen IP-osoite selaimen osoiteriville tai painamalla Configure-painiketta RST-ohjelman aloitusikkunassa RST-ohjelman painikkeiden käyttö on esitelty myöhemmin kohdassa 4.5.

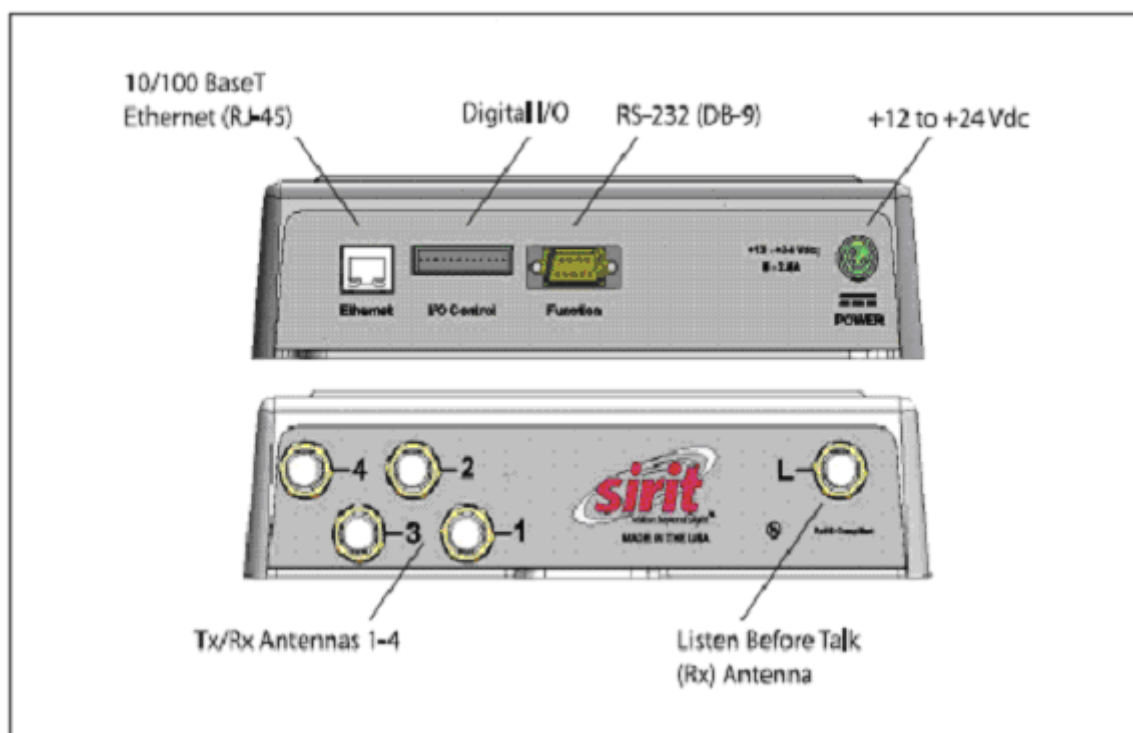


Kuva 5. RFID-järjestelmän kytkentäkaavio [3]

4.2 RFID-lukija Sirit INfinity 510

Työssä käytetty Sirit INfinity 510 (kuva 1) on UHF-alueen multiprotokollalukija, joka toimii 860–960 MHz:n taajuusalueella. Se tukee Gen2- eli ISO 18000-6C -standardia, ja sillä voidaan lukea samanaikaisesti jopa satoja tunnisteita. Lukijaan voidaan enimmillään liittää neljä Tx/Rx-antennia ja yksi LBT-antenni (Listen Before Talk). Käyttöjännite on +12 – +24 volttia. [3.]

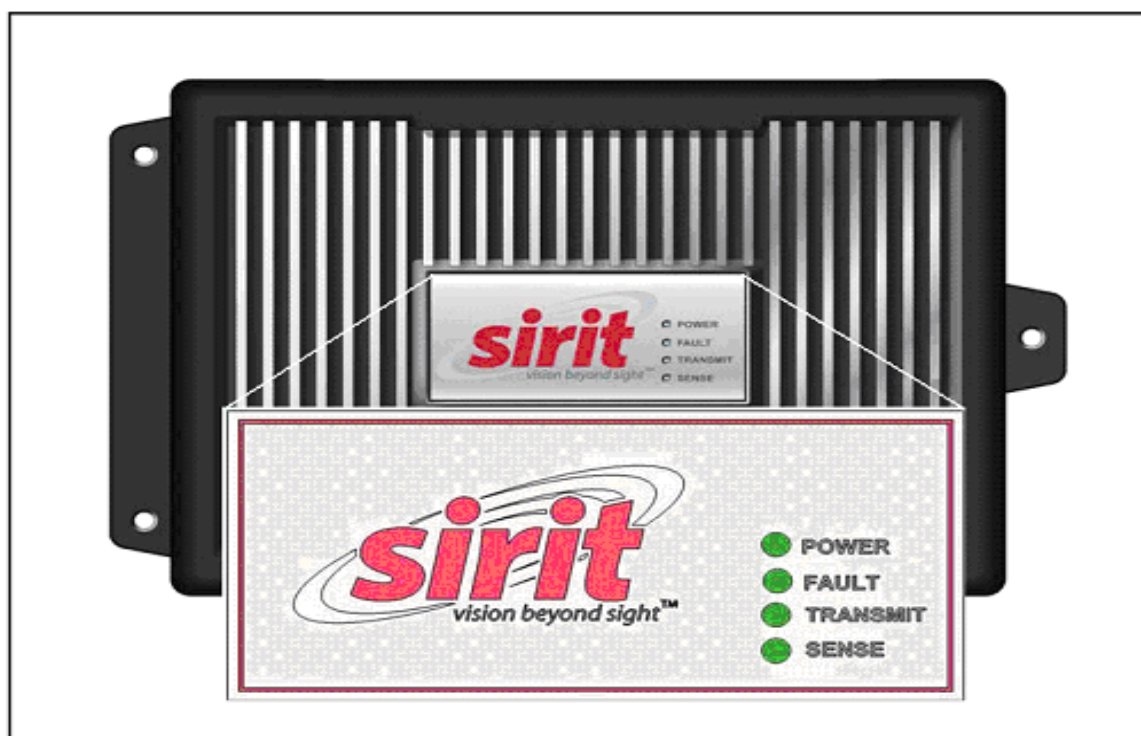
Tiedonsiirtoa varten lukijassa on Ethernet- ja RS-232-liitännät. Lisäksi lukijassa on digitaalinen I/O-linja, jossa on neljä optoeristettyä 5–24 voltin tuloa, joita voidaan käyttää esimerkiksi lukutoiminnon käynnistämiseen. Tulojen kautta voidaan välittää lukijalle ulkoinen lukukäsky lähestymisanturilta, valokytkimeltä tai muulta vastaavalta laitteelta. I/O-linjassa on myös neljä open-collector-lähtöä. Lähdoillä voidaan ilmaista lukutoiminto tai tiedonsiirtotahtuma, joten niillä voidaan ohjata esimerkiksi kuljettimen porttien tai muiden valvonta- ja lajittelulaitteiden toimintaa. Lukijan liitännät on esitelty kuvassa 6. [3.]



Kuva 6. Sirit INfinity 510 RFID-lukijan liitännät [3].

Lukijan toiminnan seuraamisen helpottamiseksi on sen kotelon yläpintaan sijoitettu neljä LEDiä ilmaisemaan laitteen toimintaa. (kuva 7). LEDien merkitykset ovat seuraavanlaiset:

- POWER – Ilmaisee, että lukijaan on kytketty käyttöjännite.
- FAULT – Ilmaisee tapahtuneesta virheestä.
- TRANSMIT – Ilmaisee, että lukijan lähetin on toiminnassa.
- SENSE – Ilmaisee, että lukija on havainnut tunnisteeseen. [3.]



Kuva 7. RFID-lukijan Sirit INfinity 510 toimintaa ilmaisevat LEDit [3]

Kappaleen alussa mainitun laajan taajuusalueen (860–960 MHz) tarkoituksena on mahdollistaa yhden ja saman laitteen maailmanlaajuinen käyttö. Koska eri maiden lainsäädännöt kuitenkin rajoittavat taajuusalueiden käyttöä, esimerkiksi Suomessa viestintäviraston määräyksissä 15W/2006 M ja 15Y/2008 M (liite 3) sallittu alue ilmoitetaan välille 865–868 MHz, on lukijan käyttämä taajuusalue ohjelmallisesti rajattu vastaamaan Suomen lainsäädäntöä.

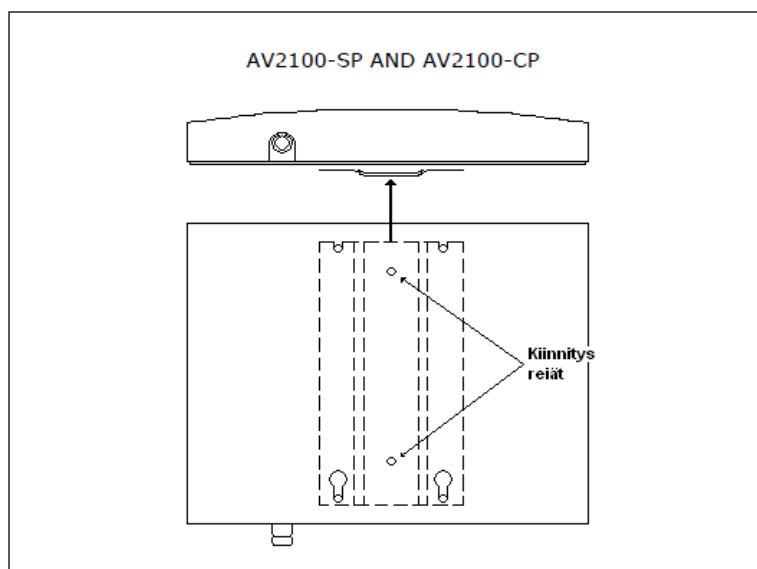
4.3 RFID-lukijan antennien asennus

Työssä käytettävät antennit on tarkoitettu ainoastaan sisäkäyttöön, mutta niiden asentaminen paikkaan, jossa ne ovat kahtakymmentä senttimetriä lähempänä ihmistä, on kielletty. Asennuspaikan oikealla valinnalla voidaan estää myös antennien rikkoontuminen, joten asennuspaikan tulee olla suojattu ja riittävän tukeva. Tarvittaessa antennit voidaan suojata kehyksellä. Asennustavan tulisi silti mahdollistaa helppo antennien korkeuden ja suuntauksen säätö, jolloin on mahdollista yksinkertaisesti saavuttaa järjestelmän optimaalisin toiminta. [3.]

Varsin tärkeää on huomioida se, että käytettäessä järjestelmää yhdellä, kahdella tai kolmella antennilla on varaamattomat antenniportit päätettävä 50 ohmin kuormalla laitteen vahingoittumisen estämiseksi. Lisäksi antenniportteihin koskemista tulisi välttää, koska ne ovat herkkiä staattiselle sähkölle. Antennikaapeleille annettu maksimipituus on 10 metriä. [3.]

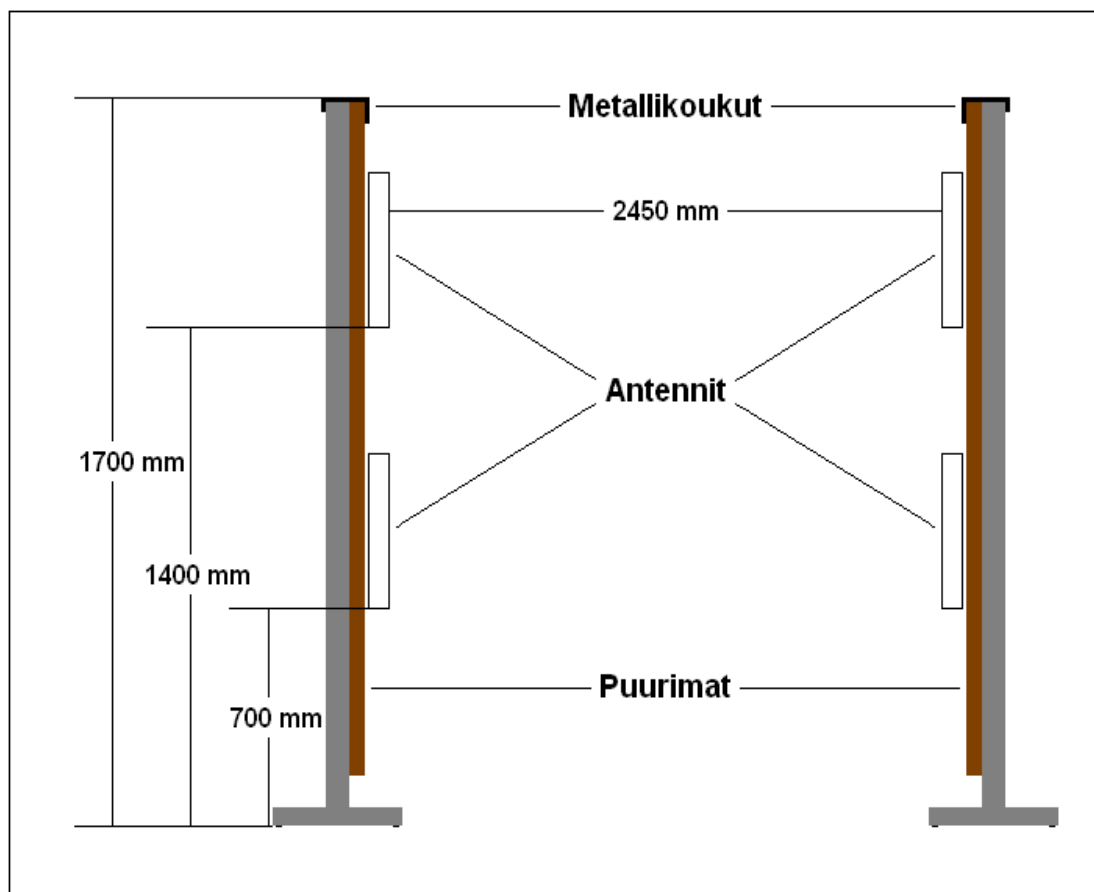
Antennien asennus insinööriyön tässä vaiheessa, oli vain väliaikainen ratkaisu. Siksi niiden kiinnityksessä päädyttiin, edellisestä ohjeesta poiketen, mahdollisimman yksinkertaiseen ratkaisuun, joka mahdollisti antennien korkeuden säätämisen ja helpon liikuttelun.

Antennien kiinnitys toteutettiin käyttäen antennin mukana tulevaa asennuslevyä, joka on esitelty katkoviivalla erotettuna kuvassa 8.



Kuva 8. Antennin Aerial AV2100-CP asennuslevy [liite 1]

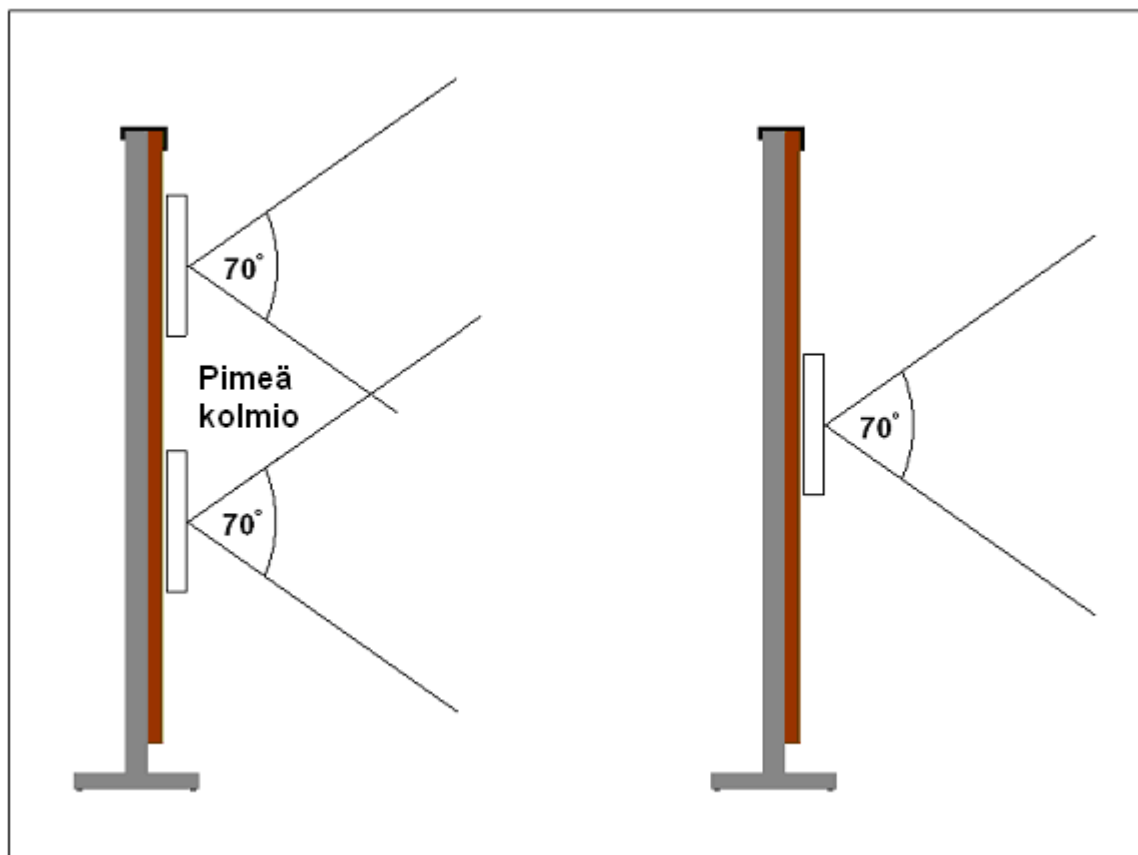
Antennit asennettiin (50 mm x 20 mm x 1600 mm) puurimoihin, joiden yläpäihin kiinnitettiin metallikoukut. Näiden metallikoukkujen avulla rimat saatiin ripustettua sermeihin, joista väliaikainen RF-portti muodostettiin (kuva 9).



Kuva 9. Aerial AV2100-CP -antenneista rakennettu RF-portti

Tutustuttaessa antennien teknisiin tietoihin huomattiin niiden vertikaalisen säteilykeilan olevan 70° . Tämän johdosta päädyttiin porteissa käyttämään neljää antennaa kahden sijasta. Myöhemmin lukijan toimintaa kokeiltaessa huomattiin päätöksen neljästä antennista olleen oikean. Lukuvarmuus parani esimerkiksi silloin, kun tunnisteiden lukeminen jonkin esteen takia oli mahdollista vain toisen puolen antennilla. Huomioitavaa tässä on se, että tunnisteiden ollessa lähellä antennaa tunnistaminen onnistuu myös paljon suuremmalla kulmalla kuin 70° , joten kahden antennin väliin jäävä pimeä kolmio on todellisuudessa paljon pienempi (kuva 10).

Kuvassa 10 on esitelty säteilykeilojen peittoalue neljän ja kahden antennin porteissa.



Kuva 10. Neljäantennisen portin ja kaksiantennisen portin säteilykeilojen peittoalue

4.4 RFID-järjestelmän toimintakuntoon laittaminen

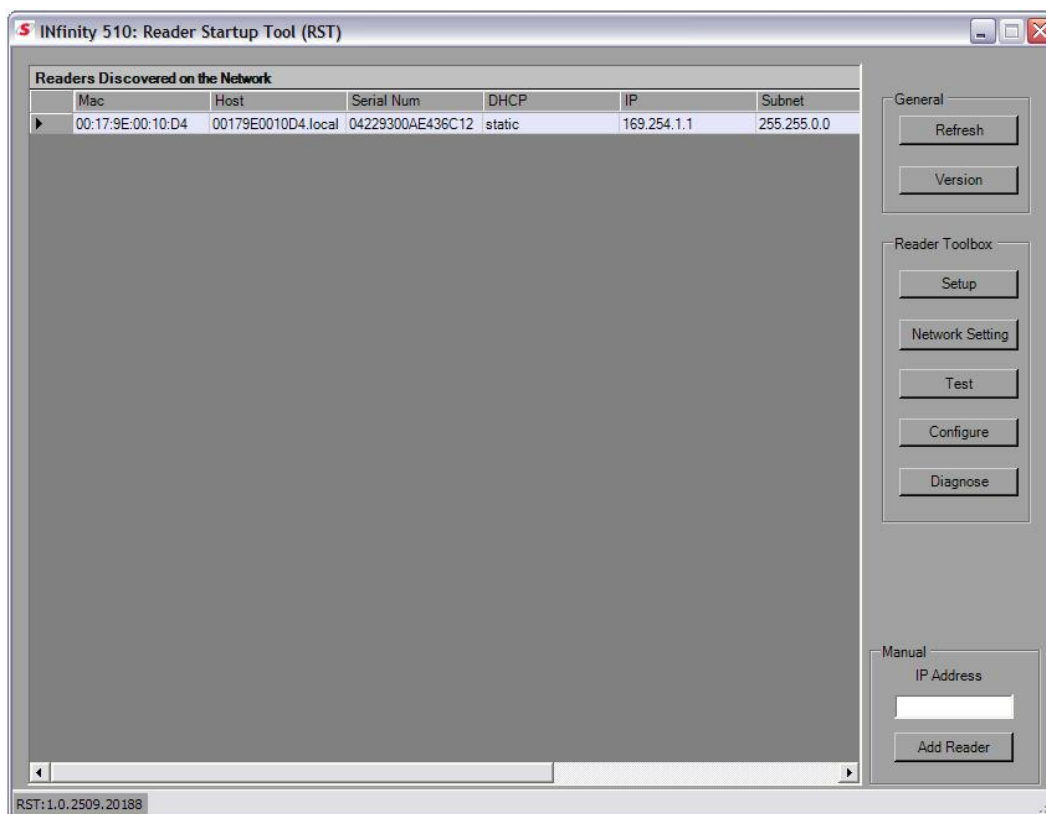
Järjestelmän toimintakuntoon laittaminen aloitetaan ohjelman asentamisella. Järjestelmän käyttöön varatulle tietokoneelle asennetaan laitteen mukana tulleelta CD-levyltä lukijan hallintaan tarkoitettu ohjelma INfinity510RST.msi. Ohjelman asennus vaihe vaiheelta on esitelty liitteessä 4. Jotta asennetut ohjelmat toimisivat, tulee varmistaa, että tietokoneeseen on asennettu DOTNET 2.0 -alusta [3].

Ohjelman asentamisen jälkeen kytketään lukijan antennit, Ethernet-kaapeli sekä virtalähde (kuvat 5 ja 6). Kytettäessä lukija suoraan tietokoneeseen tulee käyttää ristiinkytkettyä Ethernet-kaapelia. Lähiverkkoon lukija voidaan yhdistää keskittimen tai reitittimen kautta käyttäen RJ-45-liitäntää. Valmistajan antama Ethernet-kaapelin maksimipituus on 30 metriä. [3.]

Kun edellä mainitut kytkennät ja toimenpiteet on suoritettu, voidaan lukijan virtalähde kytkeä pistorasiaan. Tällöin kohdassa 4.2 esitetyt LEDit vilkkuvat muutaman sekunnin. Tämän jälkeen lukijalle annetaan kolmekymmentä sekuntia aikaa käynnistyä, jonka jälkeen se on valmis asetuksien konfigurointiin. [3.]

4.5 RFID-järjestelmän toiminta

RFID-järjestelmän toiminnan toteamista varten avataan aiemmin asennettu RST-ohjelma, polusta Start→Programs→Sirit→INfinity510→Reader Startup Tool, jolloin työpöydälle avautuu kuvan 11 mukainen ikkuna. Riippuen tietokoneen lähiverkkoyhteyden TCP/IP-asetuksista, RST-ohjelma tunnistaa lukijan ja näyttää sen tunnistetiedot aloitusikkunassa. Jos palomuuuri estää yhteyden, sallitaan yhteys ja painetaan Refresh-painiketta.



Kuva 11. RST-ohjelman aloitusikkuna

Jos RST-ohjelma ei tunnista lukijaa, on lähiverkkoyhteyden TCP/IP-asetuksia muutettava liitteen 5 mukaisesti. Asetuksista määritetään IP-osoitteen automaattinen haku päälle.

Tarvittaessa lukijan IP-osoite voidaan syöttää myös manuaalisesti RST-ohjelman oikeassa alakulmassa olevaan IP Address -kenttään.

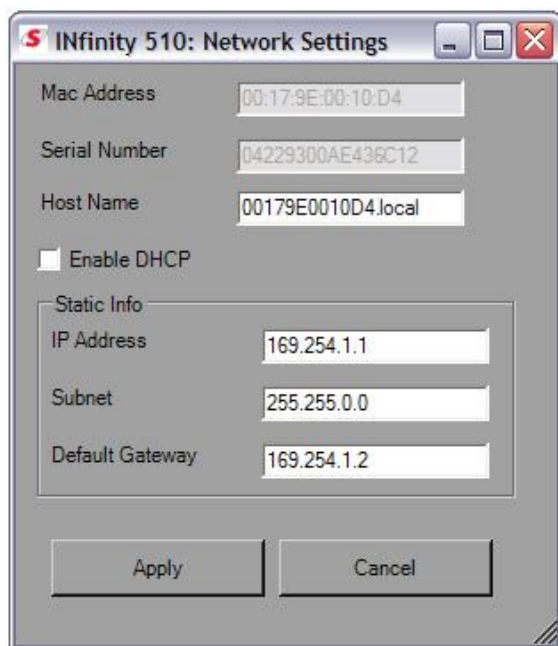
Kun ohjelma on tunnistanut lukijan, voidaan halutulla RST-ohjelman työkalulla konfiguroida tai testata lukijaa. Jos lukijoita on useampia, tulee sen lukijan tunnistetietorivi aktivoida, johon toimenpiteet halutaan kohdistaa.

Reader Startup Tool -ohjelman työkalut

Seuraavaksi käsitellään lukijan hallintaan tarkoitettuja työkaluja, jotka saadaan käyttöön RST-ohjelman oikeassa reunassa sijaitsevasta Reader Toolbox -valikosta (kuva 11).

Setup-painikkeella avataan Reader Setup Wizard, jolla voidaan nopeasti konfiguroida lukijan perusasetukset kohdalleen. Työkalun käyttö on esitelty vaihe vaiheelta liitteessä 6.

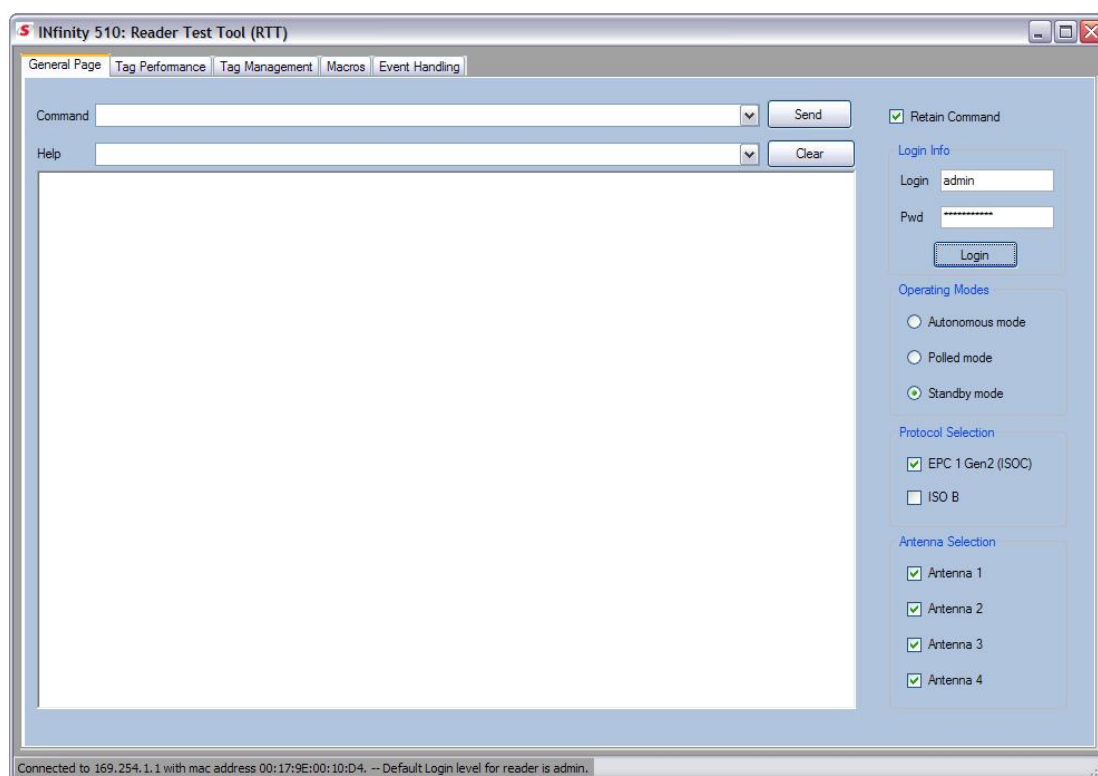
Network Setting -painikkeella muutetaan lukijan verkkoasetuksia (kuva 12).



Kuva 12. Network Settings -työkalu

Verkkoasetuksia muutettaessa on otettava huomioon, että jos DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) on aktivoitu, kaikki kentät ovat lukittuina, jolloin niiden muuttaminen ei ole mahdollista.

Test-painikkeella avataan Reader Test Tool (RTT), jota pääasiallisesti tässä insinööriyössä käytettiin lukijan hallintaan. Sen aloitusikkuna on esitelty kuvassa 13. Lukijaan kirjaudutaan tunnuksella admin ja salasanalla readeradmin. Tämän jälkeen RTT-työkalun aloitusikkunasta voidaan valita lukijan toimintatila, protokolla ja antennit, joita käytetään. Työkalun Command-riviltä lukijaan pystytään lähettämään komentoja, joilla sen täysi hallinta on mahdollista.



Kuva 13. Reader Test Tool -työkalun aloitusikkuna

Toimintatilojen merkitykset ovat seuraavat:

Standby mode – Lukija ei lähetä antenneihinsa energiaa, ellei käsitellä tunnisteisiin liittyviä komentoja, kuten tunnisteiden kirjoitus.

Polled mode – Lukija on jatkuvasti lukutilassa. Jokaisesta luetusta yksilöllisestä tunnisteesta varastoidaan lukijan tunnistetietokantaan yksi merkintä.

Autonomous mode – Lukija on jatkuvasti lukutilassa. Luettujen tunnisteiden tiedot siirretään automaattisesti asynkronisen portin kautta tietokoneelle. [3.]

Käytettävä protokolla valitaan käytössä olevien tunnisteiden mukaan ja käytettävät antennit järjestelmän rakenteen mukaisesti. Protokollan valinta on esitelty Reader Setup Wizard -työkalun yhteydessä (liite 6/3).

RTT-työkalun välilehtien Tag Performance, Tag Management, Macros ja Event Handling (kuva 13) toiminnot on esitelty liitteessä 7.

Configure-painikkeella avataan selaimessa toimiva RCT-työkalu (kuva 14), josta on maininta jo kohdassa 4.1. Kirjautuminen lukijaan tapahtuu käyttäjätunnuksella admin ja salasanalla readeradmin. Tämän työkalun käyttöä ei käsitellä tarkemmin, koska samat toiminnot voidaan suorittaa RTT-työkalulla.



Kuva 14. Embedded Reader Configuration Tool

Diagnose-painikkeella avautuva Reader Diagnostic Tool on tarkoitettu Siritin kouluttamien teknikkojen käyttöön. Sen avulla voidaan tehdä vianmääritystä sekä diagnosoida erilaisia lukijan ongelmatilanteita. Tämän työkalun käyttöä ei myöskään käsitellä tässä insinööriyössä.

4.6 RFID-järjestelmän kokeilu

Järjestelmän kokeilu aloitetaan käynnistämällä RST-ohjelma (kuva 11), olettaen, että kaikki edellä mainitut kytkennät on tehty ja lukijaan on kytketty käyttöjännite. Ohjelman käynnistyttyä ja sen tunnistettua lukijan avataan Reader Toolbox -valikon Setup-painikkeella Reader Setup Wizard -työkalu, jolla järjestelmään määritetään liitteen 6 mukaiset asetukset. Tämän jälkeen avataan vielä edellä mainitun valikon Test-painikkeella RTT-työkalu (kuva 13), jolla konfiguroidaan järjestelmän muut asetukset.

RTT-työkalun avauduttua lukijaan kirjaututaan käyttäjätunnuksella admin ja salasanalla readeradmin, jonka jälkeen valitaan toimintatilaksi Autonomous mode ja protokollaksi käytössä olevien tunnisteen mukaan EPC 1 Gen2 (ISOC).

Vaikka työssä käytettävissä tunnisteeissa on valmis yksilöllinen ID-numero, muutetaan esimerkin vuoksi yhden tunnisteen ID-numeroksi 000000000000000000000002. Kyse on 24 merkin mittaisesta heksadesimaaliluvusta, jossa merkkeinä voi käyttää kirjaimia A–F ja numeroita 0–9.

Tunnisteen ohjelmointi suoritetaan kirjoittamalla RTT-työkalun komentoriville (kuva 13) komento

```
tag.write_id(new_tag_id=0x000000000000000000000002)
```

Ennen komennon lähettämistä lukijalle viedään ohjelmoitava tunniste jonkin käytössä olevan antennin lähelle, jonka jälkeen Send-painikkeella suoritetaan tunnisteen ohjelmointi.

Seuraavaksi kirjoitetaan komentoriville komento,

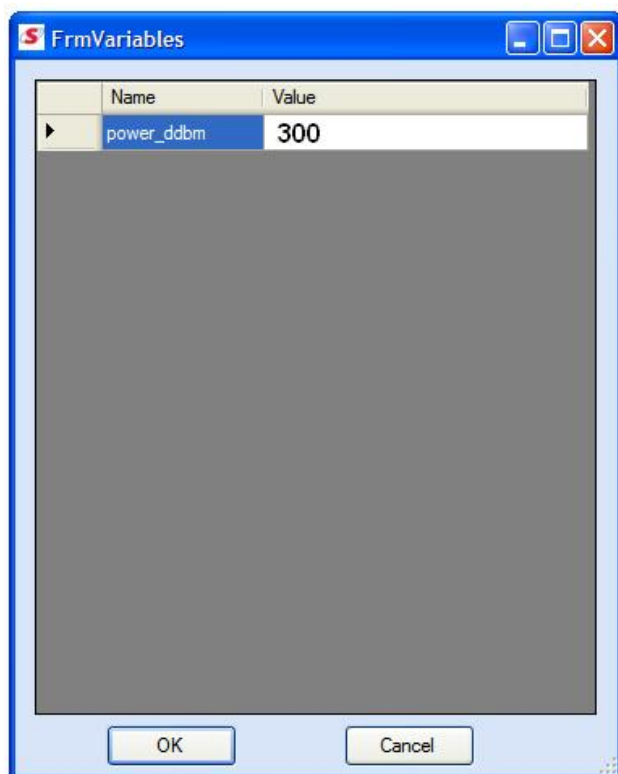
```
tag.reporting.report_fields=tag_id antenna time,
```

jolla määritetään, mitä tietoja tunnisteeista ja lukuhetkestä lukija ilmaisee.

Komennolla määritetään lukija ilmaisemaan jokaisesta tunnistetapahtumasta alla esitetty data, eli tunnisteen ID, antenni ja tunnisteen lukuhetki.

```
event.tag.report tag_id=0x000000000000000000000002, antenna=1, time=2009-02-05T09:55:08.359
```

Kun edellä esitetyt komennot on suoritettu, ajetaan vielä antennien tehon säätöön tarkoitettu makro-tiedosto, `Adjust_Antenna_Conducted_Power.mcr`, Macros-välilehdeltä (liite 7/2). Makro löytyy Macro List -välilehdeltä, polusta Macros→Basic. Makro avataan hiiren kaksoispainalluksella. Avautuvan ikkunan Value-kohtaan annetaan sallittu maksimiarvo 300 ddbm (kuva 15).

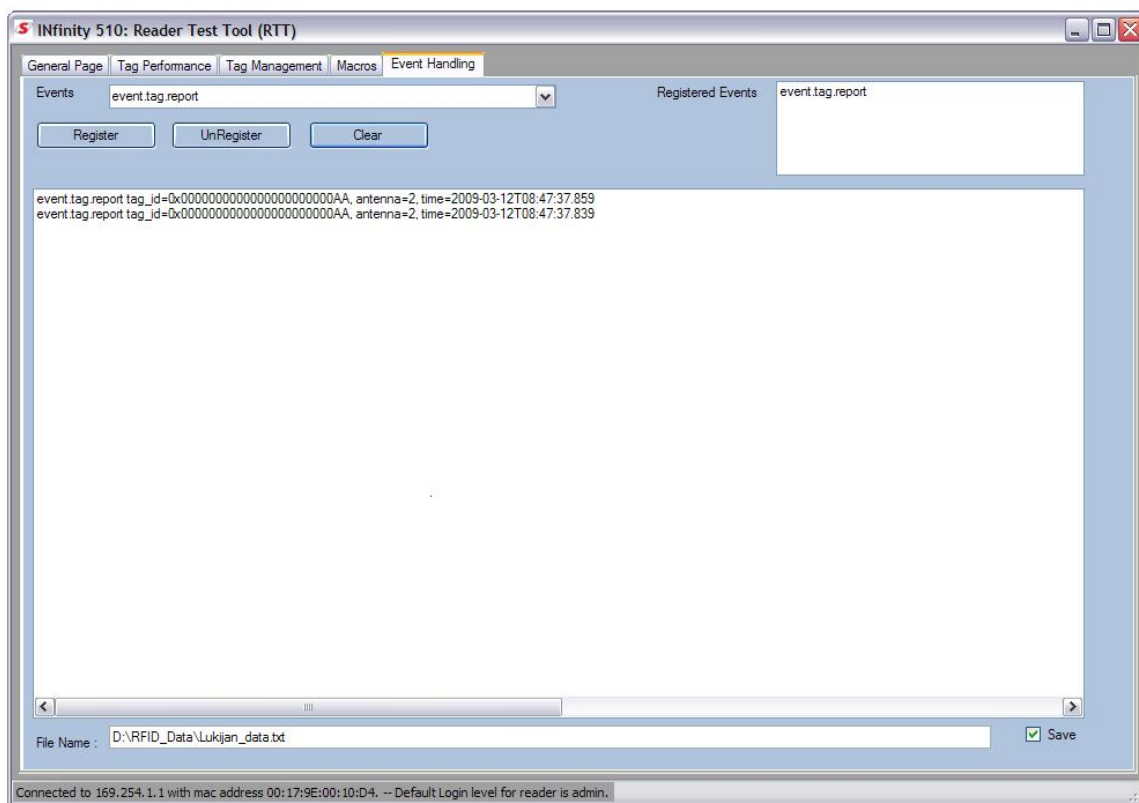


Kuva 15. Antennien tehonsäätöön tarkoitettun Makron tehonsyöttöikkuna.

Tämä annettu 300 ddbm (= 30 dBm = 1 W) vastaa tyypillisen mikroaaltouunin RF-vuotoa, matkapuhelimien tyypillisen lähetystehon ollessa 270 ddbm (= 27 dBm = 500 mW). [6.] RFID-lukijan antennien tehoa säätäessä kannattaa siis ottaa huomioon se, että jo 30 ddbm:n muutos laskee lähetystehon puoleen.

Lopuksi vielä rekisteröidään Event Handling -välilehden Events-valikosta `event.tag.report`, jolla käynnistetään tapahtumien raportointi (liite 7/2).

Nyt havaitessaan tunnisteen järjestelmä ilmaisee niistä tunnisteen ID:n, antennin ja tunnisteen lukuhetken Event Handling -välilehdellä (kuva 15).



Kuva 15. Lukutapahtumien ilmaisu Event Handling -välilehdellä

Jotta luetut tunnistetiedot saataisiin seuraavaksi kohdassa 5 esiteltävän ohjelman käsiteltäviksi, valitaan tunnistetiedoille haluttu kansio ja aktivoidaan Save-valinta. Tietojen tallentuminen voidaan varmistaa muutaman lukutapahtuman jälkeen avaamalla tallennuskansio. Näin seurantajärjestelmä on tunnistetiedon käsittelyä varten laaditun ohjelman käynnistämistä vaille toimintavalmis.

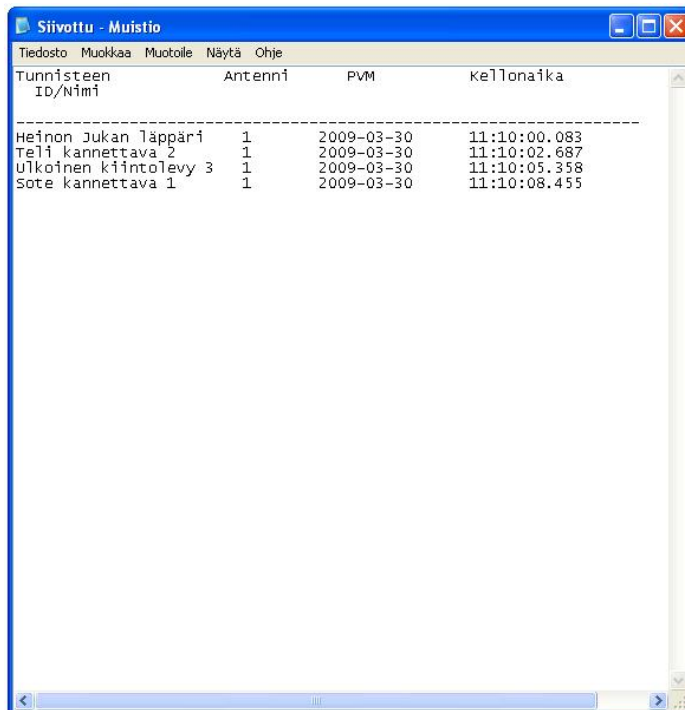
5 TUNNISTETIEDON KÄSITTELY LABVIEW-OHJELMALLA

Tunnistetiedon käsittelyllä oli tarkoitus päästä eroon turhasta tilaa vievästä datasta ja poimia RFID-lukijan tallentamasta tiedosta vain kaikkein oleellisin. Samalla ohjelma muuttaa myös tunnisteiden ID-merkkijonot helpommin ymmärrettävään muotoon. Ohjelman toiminta perustuu siihen, että RFID-lukija luo uuden tiedoston aina lukutapahtuman jälkeen. Ohjelma on esitelty liitteessä 8.

Ohjelma käsittelee lukijan tallentamia, alla olevan kaltaisia tekstirivejä ja lyhentää 24 merkin mittaisen ID-merkkijonon tarvittaessa halutun mittaiseksi. Lyhentämisen jälkeen merkkijono muutetaan havainnollisemmaksi tiedoksi, kuten "Teli kannettava 2". Jos ID:tä ei ole nimetty ohjelmaan, se oletusarvoisesti tallentaa tunnisteiden ID-merkkijonon. Samalla ohjelma poistaa kaiken tarpeettoman tiedon, joka turhaan hidastaa tiedonsiirtoa ja hankaloittaa tiedon ymmärtämistä.

```
event.tag.report tag_id=0x000000000000000000000002, antenna=1, time=2009-03-30T11:10:00.083
```

Esimerkki ohjelman tallentamasta tekstitiedostosta on esitelty kuvassa 16.



The screenshot shows a Notepad window titled "Siivottu - Muistio". The window contains a text file with the following content:

Tunnisteen ID/Nimi	Antenni	PVM	Kellonaika
Heinon Jukan läppäri	1	2009-03-30	11:10:00.083
Teli kannettava 2	1	2009-03-30	11:10:02.687
Ulkoinen kiintolevy 3	1	2009-03-30	11:10:05.358
Sote kannettava 1	1	2009-03-30	11:10:08.455

Kuva 16. LabVIEW-ohjelman tallentama tekstitiedosto

6 TULOSTEN TARKASTELU

Lukijan toimintaa kokeiltaessa mitattiin lukuetaisyyksiä yhdellä ja kahdella antennilla rinnan- korkeudelta, antennien maksimiteholla. Kahdella antennilla tunnisteen lukeminen onnistui pääsääntöisesti noin kaksikymmentä prosenttia pidemmältä matkalta kuin yhdellä antennilla. Kahden antennin antama parempi tulos ei kuitenkaan perustu kahden antennin kasvaneeseen lukuetaisyyteen, vaan lukuvarmuuden paranemiseen, eli tunnisteen luvun onnistuminen on todennäköisempää. Tällöin voidaankin puhua diversity-vastaanotosta, joka perustuu siihen, että signaalin häipyminen kahdessa eri paikassa voi olla samanlaista mutta se ei tapahdu samanaikaisesti. Oman osansa lukuvarmuuden vaihteluihin tuo myös signaalin heijastuminen. Saatu tulos kuitenkin tukee vahvasti päätöstä, jonka perusteella oviaukkoihin tulee sijoittaa kaksi antennia puolelleen.

Toinen merkittävä tekijä, jolla lukuvarmuuteen voidaan vaikuttaa, on toiminta-alueen valinta. Sen valinta on osa Reader Setup Wizard -työkalua, jonka käyttö on esitelty liitteessä 6. Käytettäessä esimerkiksi aluetta EN302208_dense, joka käyttää neljää korkeatehoista 600 kHz:n kanavaa, 865,1–868,9 MHz:n välillä, saatiin lukuvarmuus aivan eri luokkaan kuin EN300220-alueella, joka käyttää vain yhtä 1200 kHz:n matalatehoista kanavaa 869,525 MHz:n ympärillä. Oma, ei niin merkittävä vaikutuksensa lukuvarmuuteen, on tietysti myös järjestelmän rakenteen valinnalla (optimoinnilla), joka myös on esitelty liitteessä 6.

Vaikka suurin osa havaituista asioista tukee RFID-järjestelmien käyttöä, tuli kokeilussa esille myös yksi epäedullinen tekijä. RFID-tunnisteiden lukeminen UHF-alueen lukijoilla ei onnistu nesteiden tai metallien takaa, eikä työssä käytetyn paperitunnisteiden lukeminen onnistu, jos se on liimattu metallipintaa vasten. Myös pelkkä folio estää lukuyhteyden tunnisteen ja lukijan välillä, ja kinaloon piilotettu esine jää ihmiskehon nesteiden takia lukijalta huomaamatta. Tämä on kuitenkin pieni haitta RFID-teknologialla saavutettavien hyötyjen rinnalla.

Koska tässä insinööriyössä oli kuitenkin tarkoitus seurata ulkoisten kiintolevyjen sekä muiden metallia sisältävien laitteiden liikkeitä, todettiin että paperitunnisteet eivät sovellu siihen tarkoitukseen. Vaikka esimerkiksi ulkoisen kiintolevyn ulkokuori olikin muovia, olivat sen metalliosat niin lähellä siihen liimattua tunnistetta, että lukija ei pystynyt lukemaan sitä. Ongelma ratkaistiin vaihtamalla tunnistet metallipinnoille sopiviksi. Näitäkään tunnisteita lukija ei pysty lukemaan esimerkiksi folion alta. Metallipinnoille sopivan Confidex Steelwave Micro-tunnisteen tekniset tiedot ovat liitteenä 9.

7 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli ottaa käyttöön Kajaanin ammattikorkeakoululle hankittu RFID-laitteisto ja rakentaa sen ympärille toimiva seurantajärjestelmä. Seurantajärjestelmä koostuisi RFID-laitteistosta sekä tunnistetiedon käsittelyyn laaditusta LabVIEW-ohjelmasta. Seurannan alaisiksi haluttavat laitteet tuli merkitä tarkoitukseen sopivilla RFID-tunnisteilla. Erityistä huomiota tuli kiinnittää työn dokumentointiin, jotta sen jatkaminen harjoitustöiden muodossa olisi myöhemmin mahdollista.

Työn alkuperäisiksi tavoitteiksi asetettiin lainattavien laitteiden liikkeiden tarkkailu kahden luokan oviaukoissa sekä oviaukoissa tapahtuneesta liikkeestä kirjautuneen RFID-tunnistetiedon käsitteleminen helposti ymmärrettävään muotoon. Työn edetessä järjestelmälle asetetut tavoitteet kuitenkin muuttuivat ja uudeksi päämääräksi muotoutui, tämän insinööriyön pohjalta, jatkoprojektin käynnistäminen. Jatkoprojektin tarkoituksena oli tarkkailun alaisiksi tulevien laitteiden kohderyhmän laajentaminen, jolloin tarkkailtavien laitteiden kohderyhmään olisi tarkoitus ottaa ammattikorkeakoulun tekniikan alan kaikki hiemankin arvokkaammat laitteet. Laitteiden lukumäärän kasvaessa tulisi myös RFID-lukijoiden tarve kasvamään, ainakin yhdestä neljään. Nämä neljä laitetta sijoitettaisiin tekniikan alan rakennuksen pääoville. Ilman jatkoprojektin mahdollisuutta työlle asetetut tavoitteet olisi saavutettu, mutta epävarmuus jatkoprojektin toteutumisesta jähdytti tilanteen järjestelmän lopullisen käyttöönoton osalta. Niinpä se jäi odottamaan päätöstä projektin toteutumisesta kokeilupaikkaansa, eikä lopullista käyttöönottoa vielä suoritettu.

RFID-laitteiston Sirit INfinity 510 käyttöönotto aiheutti alussa ylitsepääsemättömiltä tuntuvia vaikeuksia. Tunnisteiden lukeminen ei onnistunut lainkaan. Tähän syynä olivat loppujen lopuksi väärän taajuuden RFID-tunnisteet. Suurin osa asetuksista tuli tutuiksi tätä "vikaa" etsiessä, mutta ongelma ei ratkennut ennen puhelua laitteen toimittajalle. Syy oli yksinkertainen mutta laitteen kanssa ensimmäistä kertaa työskentelevälle ongelmallinen sekä erittäin opettavainen. Onneksi asetusten perinpohjainen tuntemus oli jatkossa monesti hyödyksi.

Ohjelmointiosuus antoi hienon tilaisuuden oppia LabVIEW-ohjelmoinnista uusia asioita. Vaikka pitkäjänteinen yrittäminen TCP/IP-yhteyden luomiseksi lukijaan ei tuottanut tulosta, onnistui ohjelman toteuttaminen tässä työssä aiemmin esitetyllä tavalla ja se saatiin toimimaan vaatimusten mukaisesti. Ohjelman jatkekehitykselle olisi kuitenkin tarve. Ohjelmaa kehittämällä ja antennit oikein sijoittamalla olisi helppo seurata, mihin suuntaan oviaukoissa

liikkuvat tunnisteet ovat menneet, koska lukutapahtumat luetaan tuhannesosasekunnin tarkkuudella. Tästä olisi paljon apua kohteiden seurannassa.

Toimeksiantoon kuulunutta RFID-lukijan päivitystä ei työssä otettu erikseen käsittelyyn, koska sen tekeminen onnistuu helpoiten suoraan käyttöohjekirjan mukaisesti. Toinen syy käsittelemättä jättämiseen oli se, että päivitystä ei tehdä montaakaan kertaa ja sen pitäisi olla laitteen kanssa työskentelevälle perustoimenpide.

RFID-tekniikka on erittäin mielenkiintoinen ja jatkuvasti kehittyvä teknologia. Uusia sovelluksia tulee markkinoille tämän tästä. Nykyään on tarjolla jo puhelimia, joissa on integroitu RFID-lukija ja tunniste. Puhelimella henkilö voi linja-autoa odotellessa lukea tunnisteeseen esimerkiksi elokuvamainoksesta. Lukutapahtuman jälkeen tunnisteeseen tallennettu data ohjaa puhelimen automaattisesti oikealle nettisivulle, ja sieltä hän saa automaattisesti lisäinformaatiota elokuvasta. Puhelimeen integroitua tunnistetta voidaan käyttää esimerkiksi maksuvälineenä tai RFID-avaimena. Turvalliseksi näiden puhelinsovelluksien käyttö on saatu rajoittamalla niiden lukuetaisyydet muutamaan senttimetriin.

LÄHTEET

1. Kajaanin ammattikorkeakoulun verkkosivut. Luettu 3.2.2009 [WWW-dokumentti]
<http://www.kajak.fi/suomeksi/Esittely/Toiminta.iw3>

2. RFID Lab Finland Ry:n verkkosivut. Luettu 3.2.2009 [WWW-dokumentti]
RFID-tietouden lukeminen vaatii rekisteröitymisen.
<http://www.rfidlab.fi>

3. INfinity 510 Users Guide, v1.3.1. Luettu 6.3.2009 [PDF-dokumentti]
http://www.finn-id.fi/tekninen_tuki/huollon_vinkit/rfid/

4. RFID-tunnisteen tekniset tiedot. Luettu 6.3.2009 [PDF-dokumentti]
UPM Raflatac, RFID. Product Specification.pdf.

5. Talvela, J. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tutkimusjulkaisu vuodelta 2007.
[PDF-dokumentti]
http://www.kyamk.fi/folders/Files/Koulutus-%20ja%20palveluyksiköt/Kirjasto/Julkaisutoiminta/KyAMK_Tutkimusjulkaisu_2007.pdf

6. Lappeenrannan teknillisen yliopiston luentomateriaali radiotekniikan perusteista.
Luettu 28.3.2009 [PDF-dokumentti]
<http://www.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/luentokalvot/luento02.pdf>

LIITTEIDEN LUETTELO

- LIITE 1 ANTENNIN AV2100-CP DATATIEDOT
- LIITE 2 RAFSEC DOGBONE -PAPERITUNNISTEEN DATATIEDOT
- LIITE 3 VIESTINTÄVIRASTON MÄÄRÄYKSET 15W/2006 M JA 15Y/2008 M
- LIITE 4 SIRIT INFINITY 510 -OHJELMAN ASENNUSOHJEET
- LIITE 5 LÄHIVERKON ASETUKSIEN MÄÄRITTÄMINEN
- LIITE 6 READER SETUP WIZARD -TYÖKALUN KÄYTTÖ
- LIITE 7 RTT-TYÖKALUN VÄLILEHTIEN TAG PERFORMANCE, TAG
MANAGEMENT, MACROS JA EVENT HANDLING KÄYTTÖ
- LIITE 8 OHJELMA TUNNISTETIEDON KÄSITTELYÄ VARTEN
- LIITE 9 METALLIPINNOILLE SOVELTUVAN CONFIDEX STEELWAVE
MICRO -TUNNISTEEN TEKNISET TIEDOT

SPECIAL : AV21-SERIES

AV21-SERIES

Type	AV2100-SP	AV2100-CP	AV2100-DP
Frequency	850...870 MHz	850...870 MHz	850...870 MHz
Bandwidth	20 MHz	20 MHz	20 MHz
Impedance	50 Ω DC grounded	50 Ω DC grounded	50 Ω DC grounded
VSWR	2,0 max.	2,0 max.	2,0 max.
Polarisation	Linear	Left hand Circular	Dual linear
Isolation	-	-	25 dB min.
Gain	7,5 dBi	7,5 dBi	7,5 dBi
Horizontal 3 dB beamwidth	90°	90°	90°
Vertical 3 dB beamwidth	70°	70°	70°
Electrical downtilt	None	None	None
Front to back ratio	20 dB	20 dB	20 dB
Max. Continuous power	0,25 kW	0,25 kW	0,25 kW
RF-connector	N female	N female	2 x N female
Operational windspeed	40 m/s (default)	40 m/s (default)	40 m/s (default)
Survival windspeed	55 m/s (default)	55 m/s (default)	55 m/s (default)
Wind area	0,07 m ²	0,07 m ²	0,07 m ²
Dimensions (H x W x D)	228 x 305 x42 mm	228 x 305 x42 mm	228 x 305 x42 mm
Weight	0,5 kg	0,5 kg	0,5 kg
Mounting diameter	4xM6 threads symmetrically on a 80x190 mm rectangle behind the antenna.	4xM6 threads symmetrically on a 80x190 mm rectangle behind the antenna.	4xM6 threads symmetrically on a 80x190 mm rectangle behind the antenna.
Materials	Aluminium Glassfiber radome Glass reinforced PE	Aluminium Glassfiber radome Glass reinforced PE	Aluminium Glassfiber radome Glass reinforced PE
Options	-	-	-



Aerial Oy

Box 22
04401 Järvenpää
Finland

Tel. +358 9 2790 120
Fax +358 9 2910 210

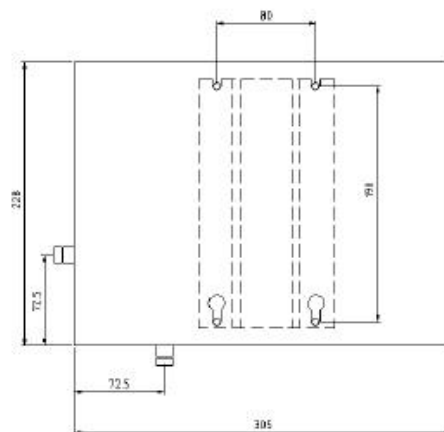
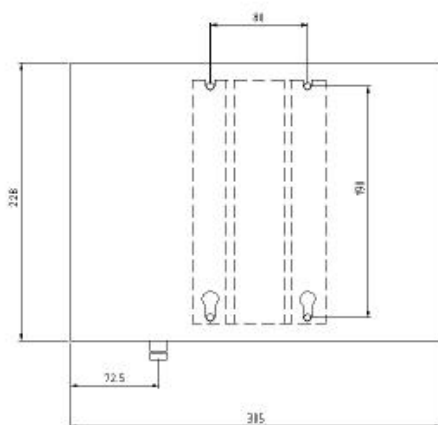
<http://www.aerial.fi>
aerial@aerial.fi

SPECIAL : AV21-SERIES

AV2100-SP AND AV2100-CP



AV2100-DP



The AV21-series offer an affordable selection of three antennas all with same external dimensions and mounting method. The AV2100-SP and AV2100-CP are equipped with single and AV2100-DP with two N-female panel connectors.



Aerial Oy

Box 22
04401 Järvenpää
Finland

Tel. +358 9 2790 120
Fax +358 9 2910 210

<http://www.aerial.fi>
aerial@aerial.fi



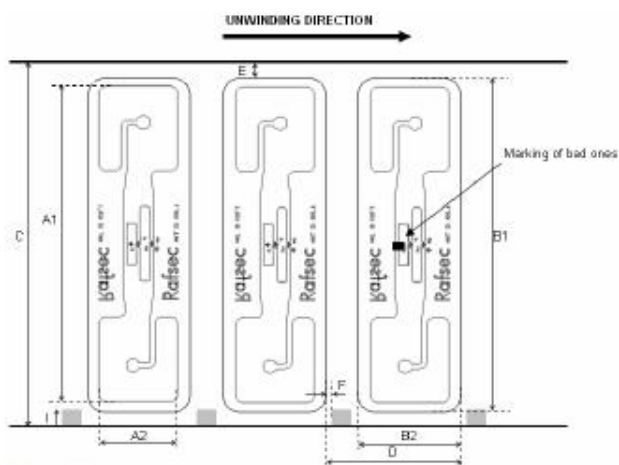
Rafsec DogBone
Paper Tag, Global
UHF C1G2 EPC
Sales code 3000838

UPM Raflatac, RFID
 20 June 2006

Product Specification

Mechanical dimensions

A1	Antenna width	93 ± 0,2	[mm]	3.66	[inch]
A2	Antenna length	23 ± 0,2	[mm]	0.90	[inch]
B1	Die-cut width	97 ± 0,2	[mm]	3.82	[inch]
B2	Die-cut length	27 ± 0,2	[mm]	1.06	[inch]
C	Web width	100 ± 1,0	[mm]	3.94	[inch]
D	Pitch length per piece	40 ± 2	[mm]	1.57	[inch]
E	Die-cut to web edge	1,5 ± 1,0	[mm]	0.06	[inch]
F	Die-cut to register mark	4 ± 2,0	[mm]	0.16	[inch]
I	Minimum size of register mark (width x length)	5x3	[mm]	0.20x0.12	[inch]



Electrical characteristics

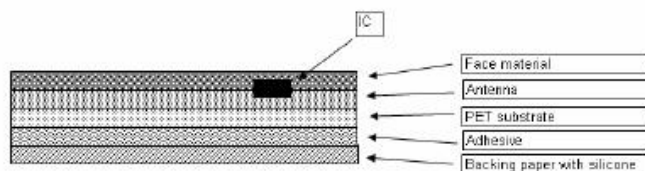
Integrated Circuit (IC)	EPC Class 1 Gen 2 compliant
Total memory	96 bit
Operating frequency	860-960 MHz
Read sensitivity	Min. 1,75 V/m

General characteristics of transponder

Operating temperature (electronics parts)	-40°C/+65°C	-40°F/+149°F
ESD voltage immunity	+/- 1 kV peak, HBM	
Shelf life: From the date of manufacture 2 years in	+20°C, 50%RH	+68°F, 50%RH
Bending diameter (D)	> 50 mm, tension less than 10 N	
Static pressure (P)	< 10 MPa (10 N/mm ²)	

Delivery form

Transponder face material	Opaque matt paper 79	
Transponder antenna material	Aluminum	
Transponder adhesive	RA-2	
- labeling temperature	min. +5°C	min. +41°F
- operation temperature	min. -10°C-120°C	min. 14°F – 248°F
- peel	min. 8 N/25mm (FTM 2)	
Final inspection	100%, bad ones marked	
Delivery yield	min. 95%	

Structure**Delivery details**

Appearance	Single row reel form
Documentation	Certificate of analysis (COA)
Reel labeling	Reel number, product number, amount, production order number, yield and date
Reel core	Card board core, inner diameter 76mm (3")
Winding of reel	Face out

Disclaimer:

UPM Raflatac reserves the right to change its products and services at any time without notice. Our recommendations are based on our best knowledge and experience. As the products are used outside our control we cannot take responsibility for any damage that may be caused when using the product. This technical specification replaces all earlier ones.

Version	1.5
Update date	20 June 2006
Author	UPM Raflatac, RFID/ AKu
Accepted	UPM Raflatac, RFID/ TKo

11 ETÄTUNNISTUSLAITTEET (RFID)²⁸

865,000 – 868,000 MHz	Efektiivinen säteilyteho \leq 100 mW ERP. Kanavaväli 200 kHz. ²⁹
865,600 – 867,600 MHz	Efektiivinen säteilyteho \leq 2 W ERP. Kanavaväli 200 kHz. ²⁹
865,600 – 868,000 MHz	Efektiivinen säteilyteho \leq 500 mW ERP. Kanavaväli 200 kHz. ²⁹
2446,0 - 2454,0 MHz	Efektiivinen säteilyteho \leq 500 mW EIRP. Efektiivinen säteilyteho \leq 4 W EIRP ainoastaan sisätiloissa ja toimintasuhde oltava \leq 15 %. ³⁰

²⁸ ERC:n suositus CEPT/ERC/REC 70-03, liite 11 soveltuvin osin.

²⁹ Lähettimen käynnistyminen on sallittu vain liikennöinti-protokollan alaisuudessa (Listen Before Talk, LBT).

³⁰ Toimintasuhde on oltava \leq 15 % millä tahansa 200 ms jaksolla (eli 30 ms päällä, 170 ms pois päältä)

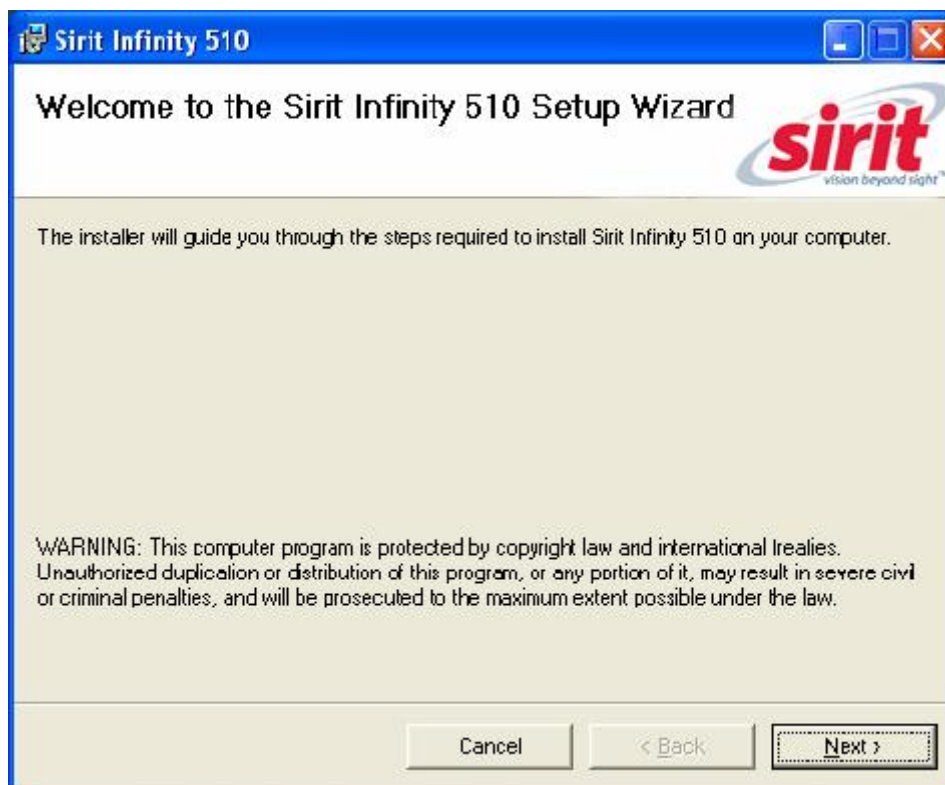
11 ETÄTUNNISTUSLAITTEET (RFID)¹⁹

865,000–865,600 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 100 mW ERP. Kanavaväli 200 kHz. ²⁰
865,600–867,600 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 2 W ERP. Kanavaväli 200 kHz. ²⁰
867,600–868,000 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 500 mW ERP. Kanavaväli 200 kHz. ²⁰
865,000–868,000 MHz	Lukijalaitteen taajuuskaistat: 865,600–865,800 MHz 866,200–866,400 MHz 866,800–867,000 MHz 867,400–867,600 MHz Lukijalaitteen efektiivinen säteilyteho ≤ 2 W ERP.
2446,0–2454,0 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 500 mW Efektiivinen säteilyteho ≤ 4 W EIRP ainoastaan sisätiloissa ja toimintasuhde oltava ≤ 15 %. ²¹

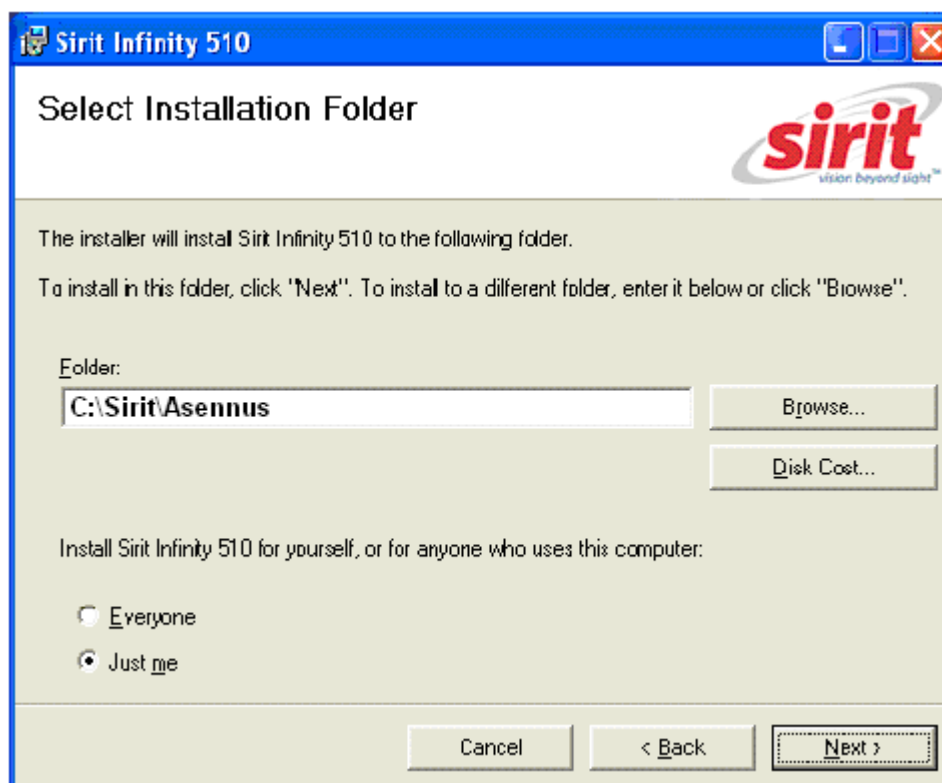
¹⁹ ERC:n suositus CEPT/ERC/REC 70–03, liite 11 soveltuvin osin. Komission päätös 2006/804/EY.

²⁰ Liikennöinti- ja kanavointi-protokolla ja kanavointi perustuvat standardiin EN 302 208-2 V1.1.1.

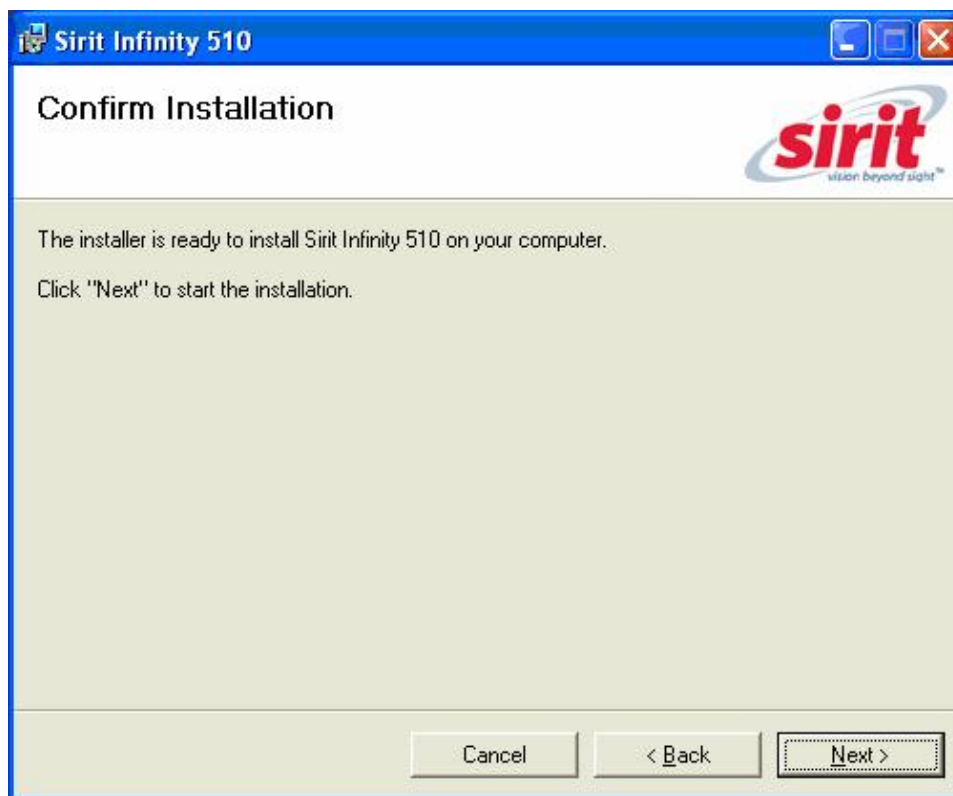
²¹ Toimintasuhde on oltava ≤ 15 % millä tahansa 200 ms jaksolla (eli 30 ms päällä, 170 ms pois päältä)



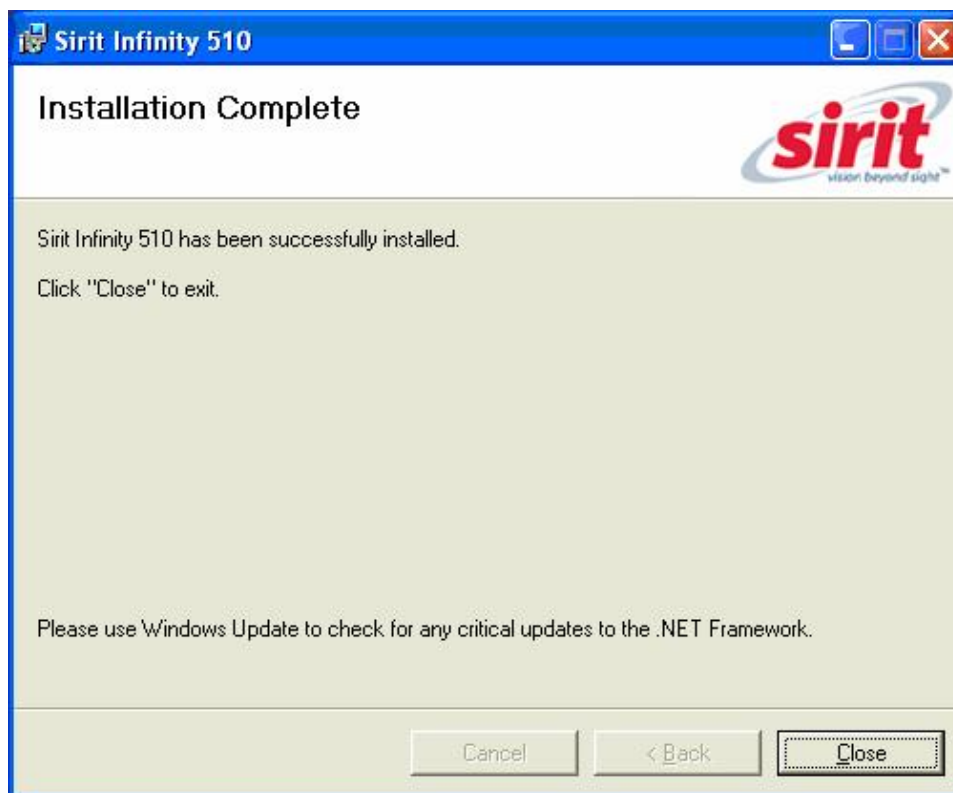
Kuva 1. Sirit INfinity 510 -ohjelman asennuksen aloitusikkuna



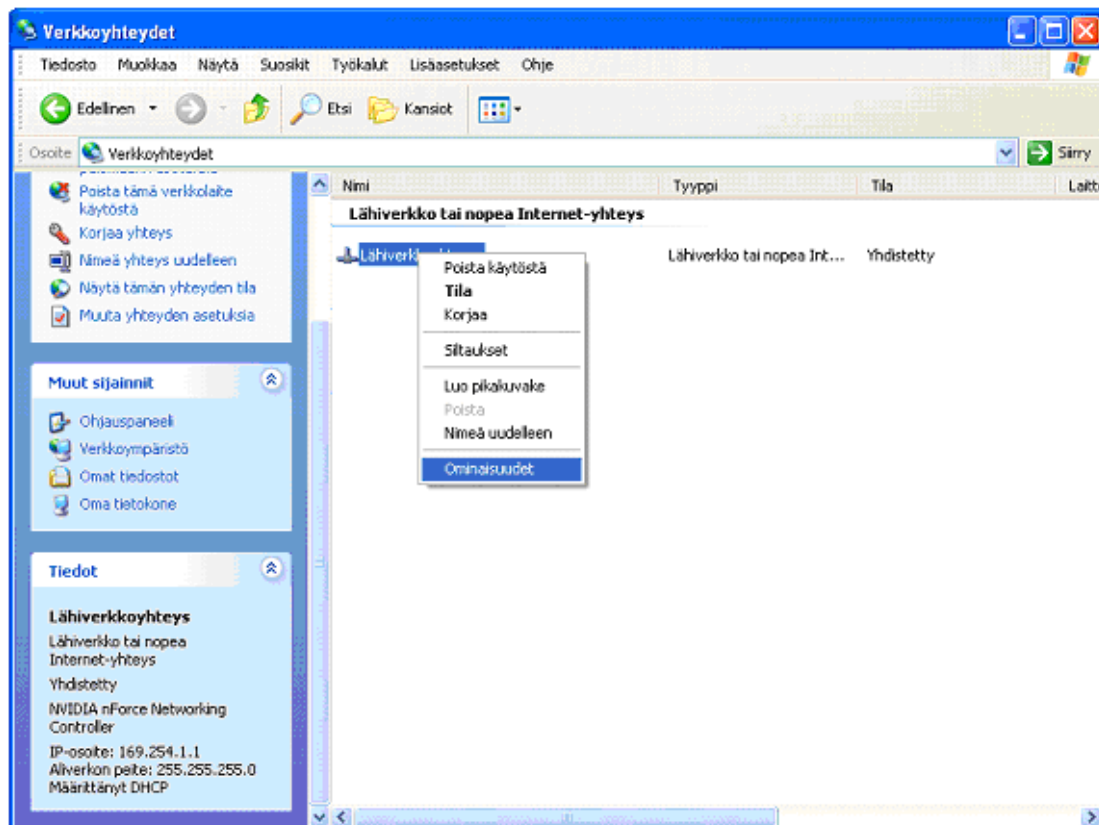
Kuva 2. Asennuskansion ja käyttäjien valinta



Kuva 3. Asennuksen aloittaminen



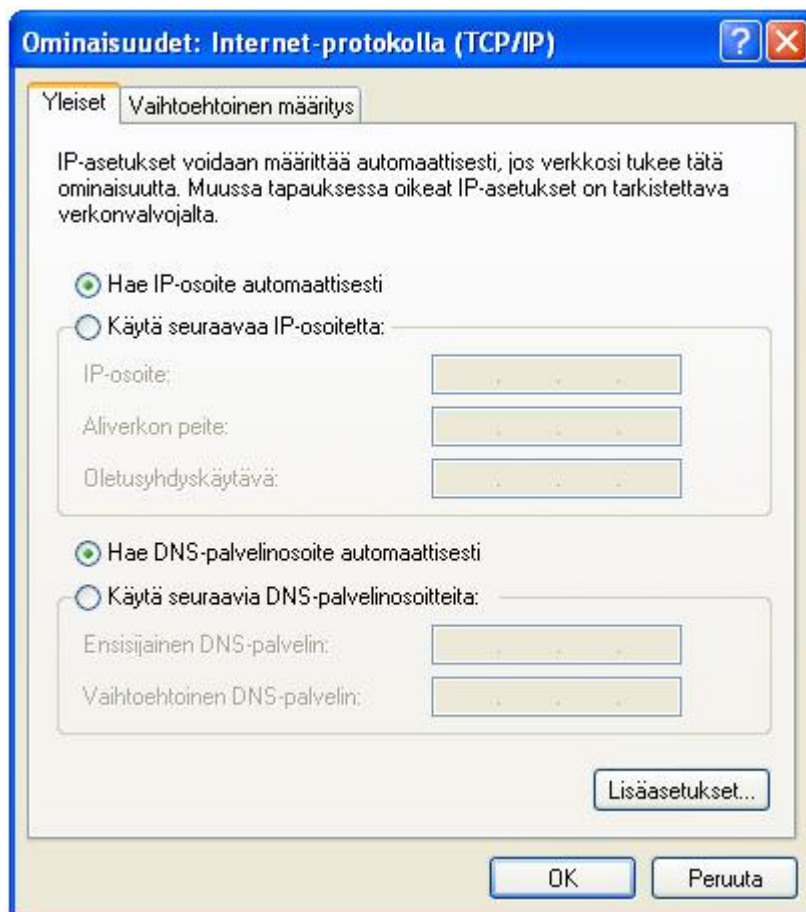
Kuva 4. Asennusohjelman sulkeminen asennuksen jälkeen



Kuva 1. Lähiverkkoyhteyden Ominaisuudet-valikon avaaminen



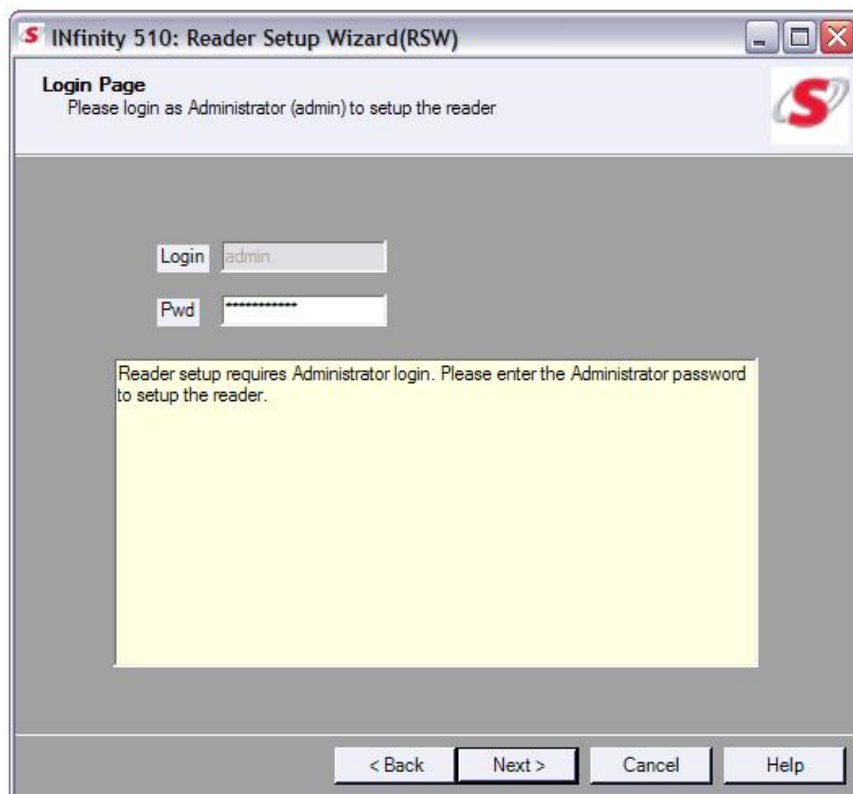
Kuva 2. TCP/IP-valikon avaaminen Ominaisuudet-painikkeella



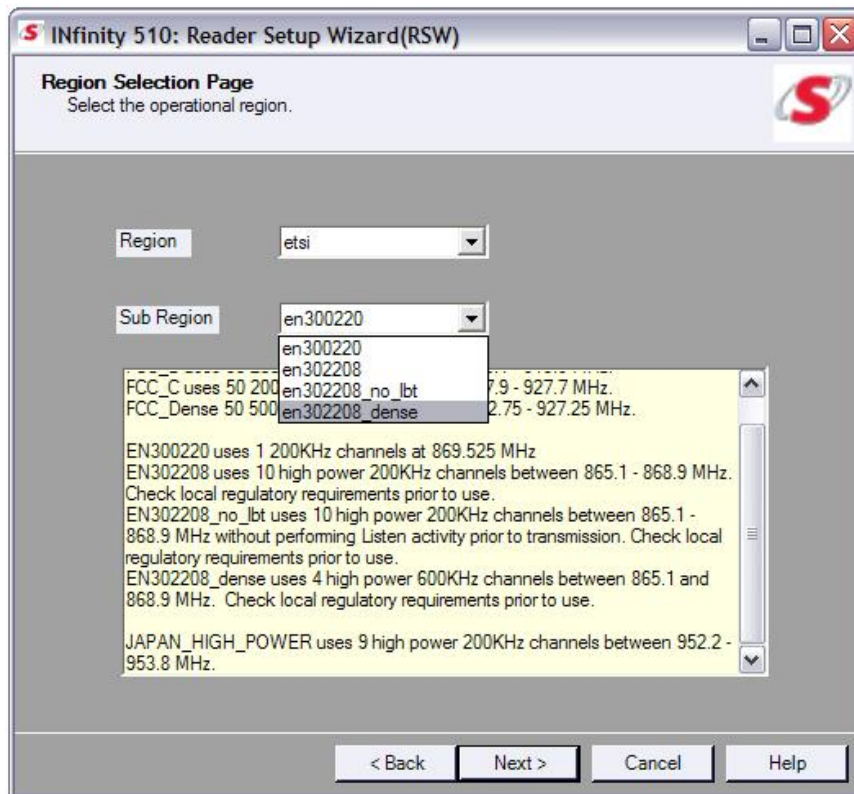
Kuva 3. IP-osoitteen sekä DNS-palvelinosoitteen haun määrittäminen automaattiseksi



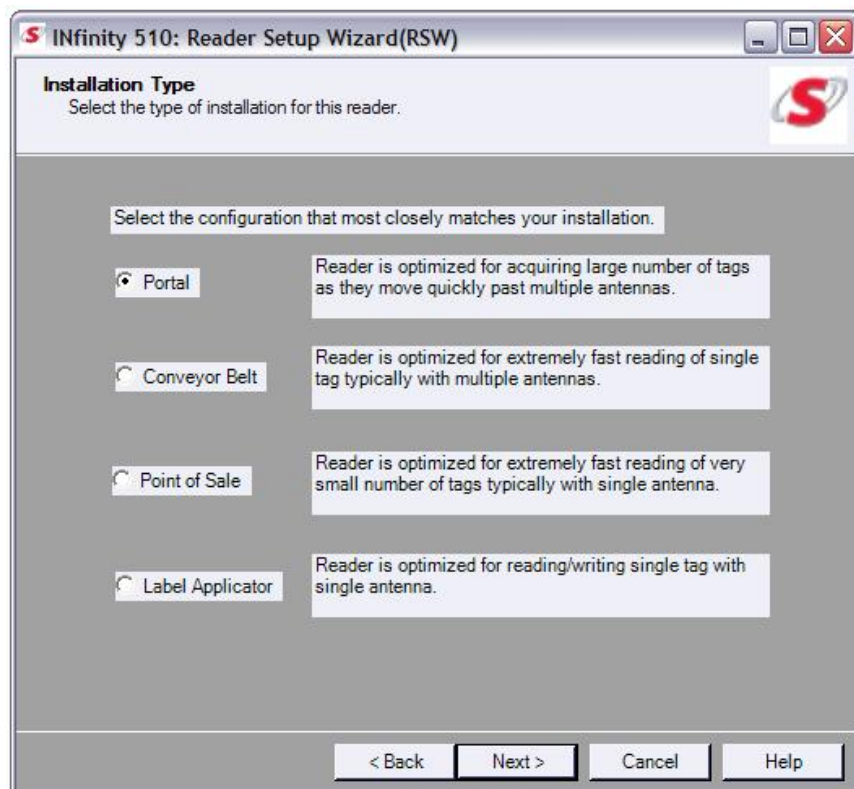
Kuva 1. Reader Setup Wizard -työkalun aloitusikkuna [3]



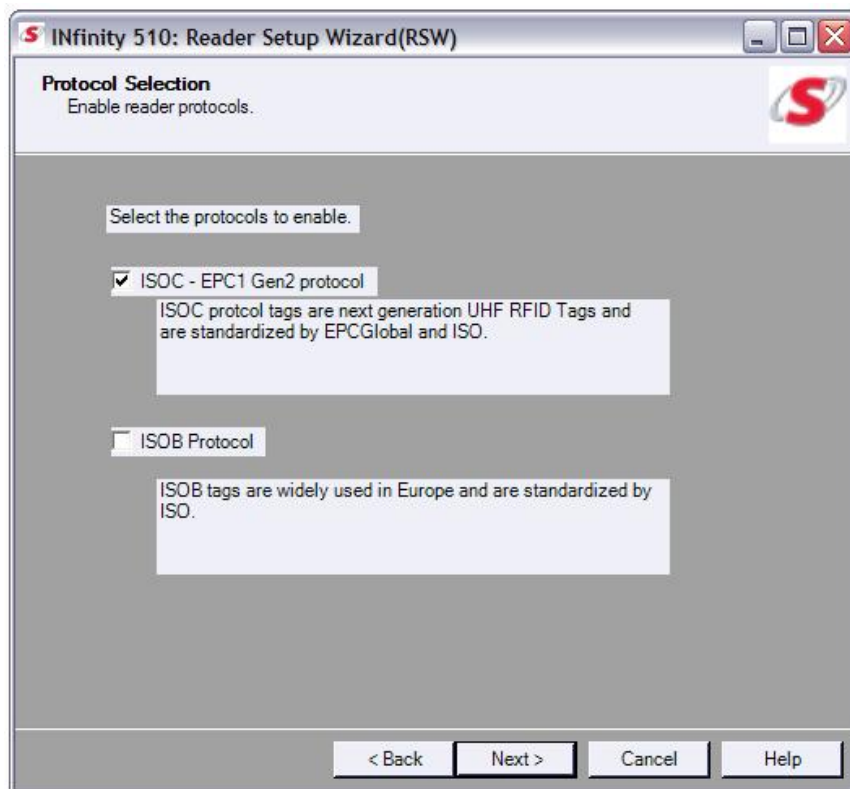
Kuva 2. Sisään kirjautuminen salasanalla readeradmin [3]



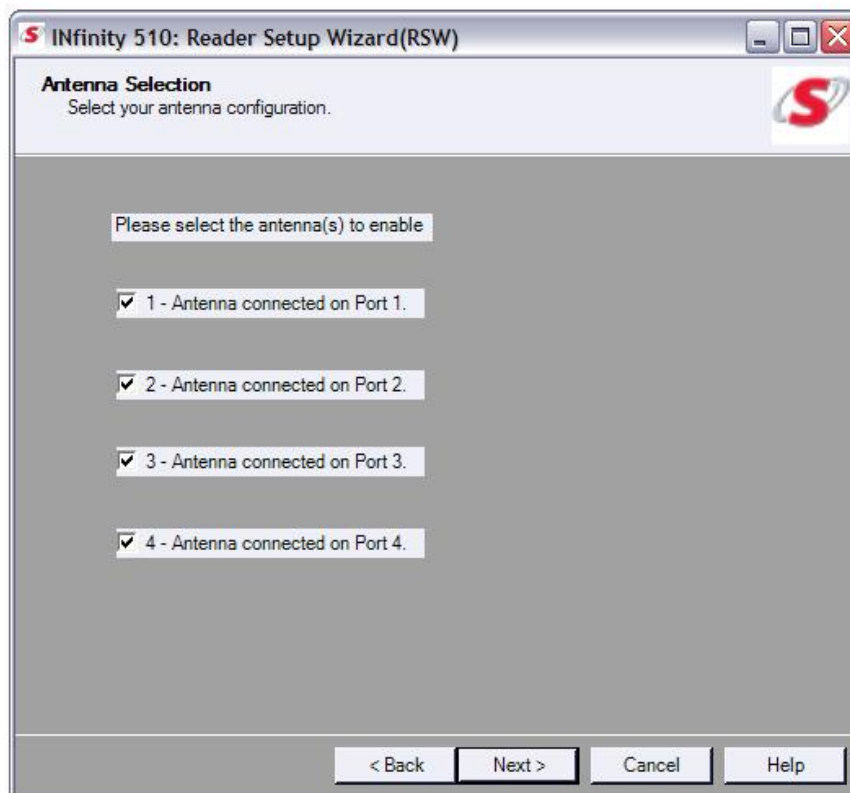
Kuva 3. Toiminta-alueen valinta [3]



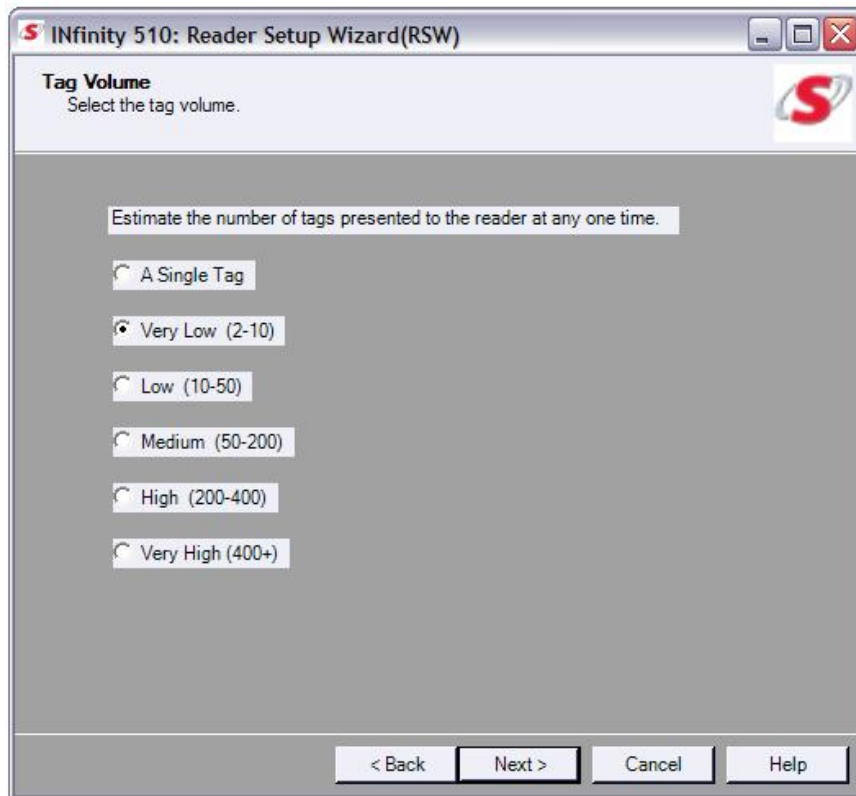
Kuva 4. Järjestelmän rakenteen valinta [3]



Kuva 5. Protokollan valinta [3]



Kuva 6. Antennien valinta [3]

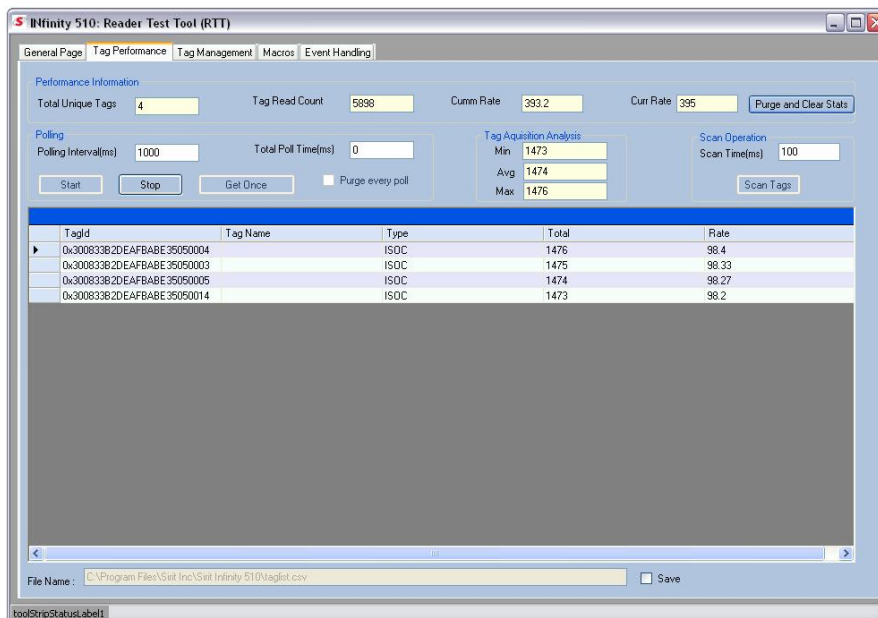


Kuva 7. Tunnisteiden määrän valinta [3]



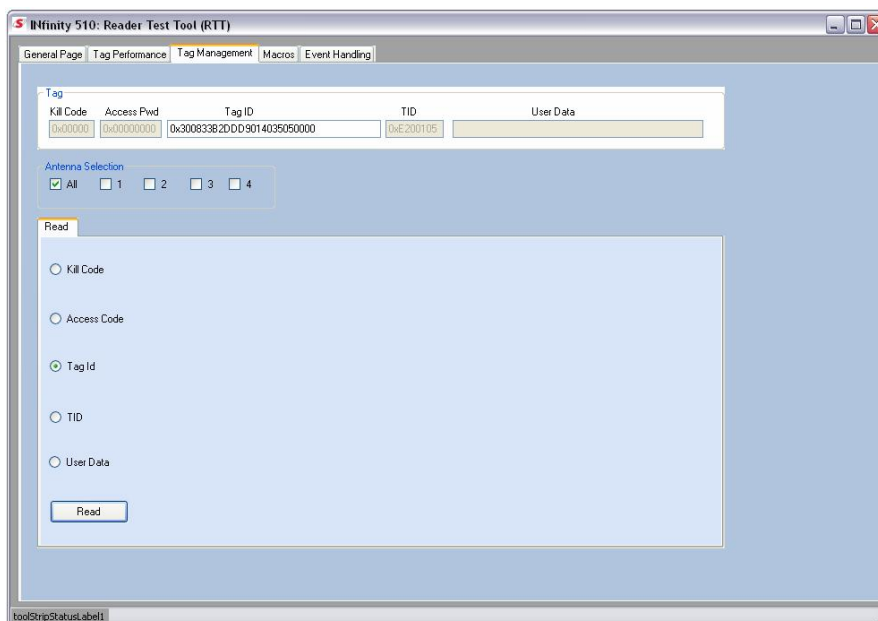
Kuva 8. Ohjelman lopetus [3]

Tag Performance -välilehdellä voidaan testata lukijan suorituskykyä. Vaikka se parhaiten soveltuu tilanteisiin, joissa käsittelyssä on satoja tunnisteita, voidaan sitä hyödyntää myös yhden antennin ja yhden tunnisteiden avulla lukuetaisyysien määrittämisessä. [3.]



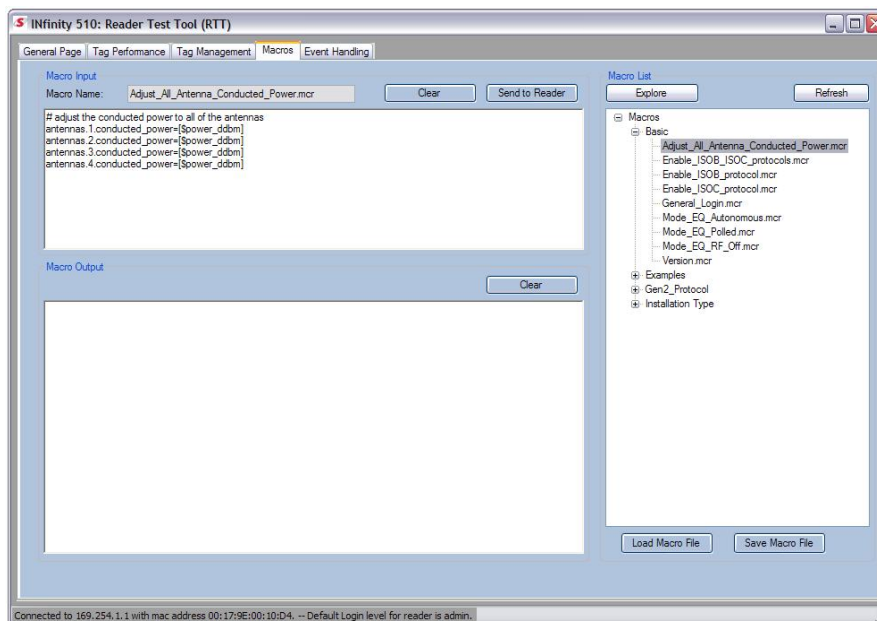
Kuva 1. Tag Performance -välilehti [3]

Tag Management -välilehdellä voidaan lukea halutun tunnisteiden tiettyjä yksittäisiä tietoja [3].



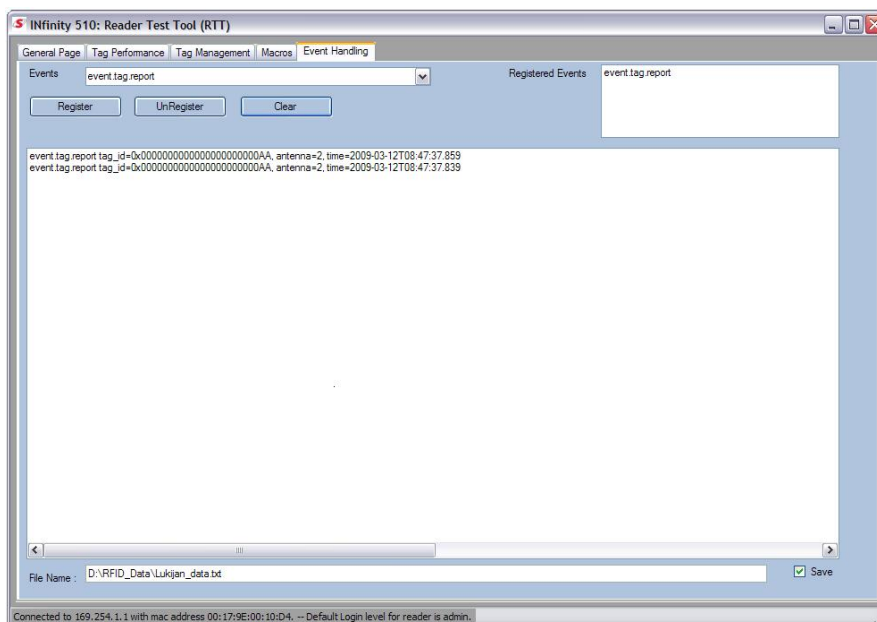
Kuva 2. Tag Management -välilehti [3]

Macros-välilehdellä voidaan hallita lukijan makro-tiedostoja. Osa makro-tiedostoista on riippuvaisia lukijalle valitusta toiminta-alueesta [3].

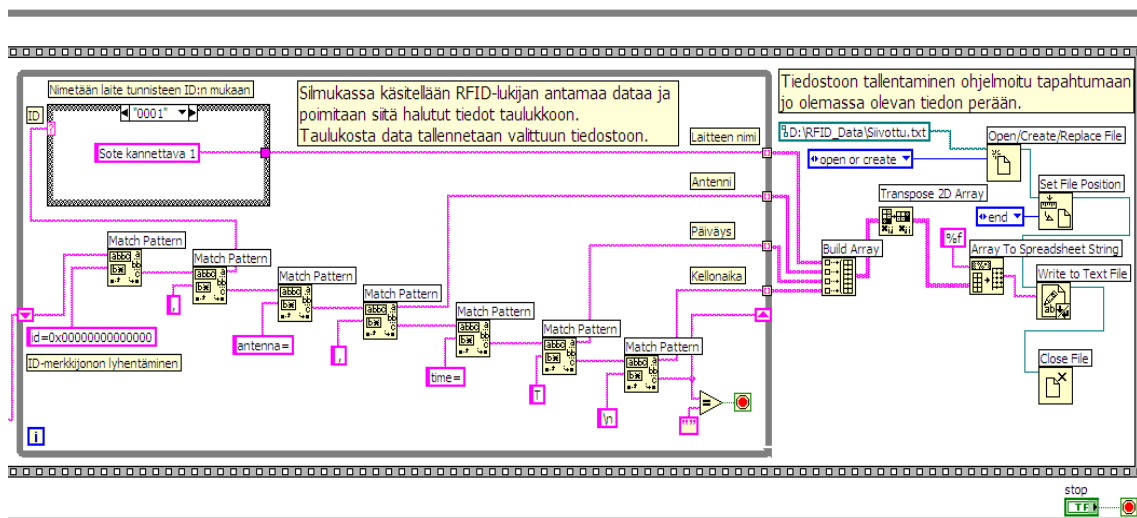
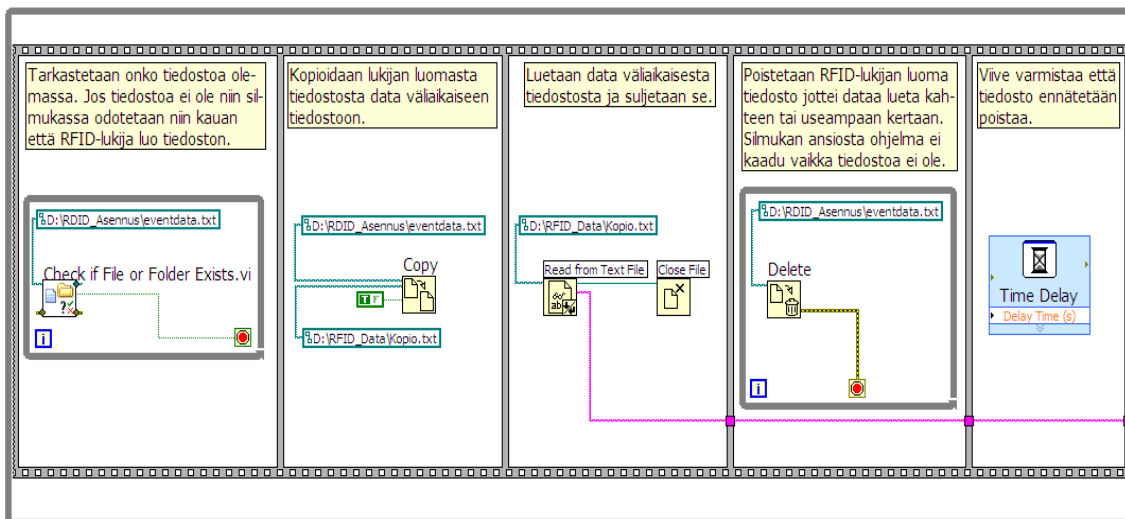


Kuva 3. Macros-välilehti [3]

Event Handling -välilehdellä rekisteröidään tapahtumat, joita lukijan halutaan ilmaisevan. Tunnistetietojen tallennus haluttuun kansioon suoritetaan kun Save-kohta on valittuna. [3.]



Kuva 4. Event Handling -välilehti [3]

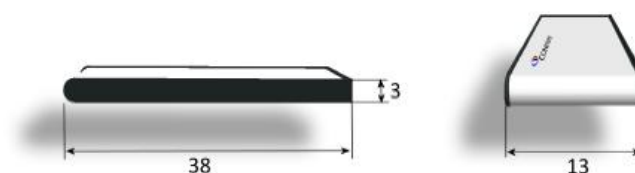


1.1 Specification data

Device type	Class 1 Generation 2 passive UHF RFID transponder
Air interface protocol	EPCGlobal Class1 Gen2 ISO 18000-6C
Operational frequency	865-869 MHz (EU), 902-928MHz (US), 952-955MHz (JPN)
IC options	Impinj Monza
EPC memory	96 bit
Extended memory	-
EPC memory content	Unique number encoded as a default
Read range	3 m / 9.8 ft, reader power 2W ERP (dependent on application)
Applicable surface materials	Metal surfaces, also plastic
Face material	White synthetic material
Background adhesive	High performance acrylic adhesive
Weight	2 g
Delivery format	Single
Amount in box	1000pcs
Product is RoHS compliant	

1.2 Dimensions

General dimensions (Width x Height x Thickness)	38 x 13 x 3 mm / 1.5 x 0.5 x 0.12 in
--	--------------------------------------



Electrical performance

Read range on-metal (2W ERP)	3 m / 9.8 ft
Read range off-metal (2W ERP)	1-1.5 m / 3-5 ft