

Antti Paajoki

RFID-etätunnistusteknologia ja standardit

Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimi mainittava-Ei kaupalliseen käyttöön 2.5 lisenssillä. Nähdäksesi lisenssin vieraile <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/deed.fi> sivulla tai lähetä kirje Creative Commons, 543 Howard Street, 5th Floor, San Francisco, California, 94105, USA.

Tietojärjestelmätieteen
kandidaatintutkielma
19.3.2007

Jyväskylän yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Jyväskylä

TIIVISTELMÄ

Paajoki, Antti Tapio

RFID-etätunnistusteknologia ja standardit / Antti Paajoki

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2007

33 s.

Kandidaatintutkielma

Tässä tutkimuksessa käsitellään RFID-etätunnistusteknologiaa yleisellä tasolla, sen historiallista kehitystä sekä sovellusalueita. RFID-etätunnistuksella tarkoitetaan muun muassa esineiden tunnistamiseen ja paikantamiseen käytettävää radiotaajuista etätunnistusteknologiaa. Tutkielma kattaa lisäksi RFID-etätunnistusteknologiaan liittyviä standardeja ja niiden käyttökohteita.

Tunnisteiden ja lukijoiden väliseen radiotaajuiseen viestintään perustuvaa RFID-etätunnistusteknologiaa on nykymuodossaan hyödynnetty vain muutamia vuosia. Sen käyttö on kuitenkin yleistymässä nopeasti ja se leviää jatkuvasti uusille toimialoille. Yksi RFID-etätunnistusteknologian suurimmista haasteista on standardoinnin puute ja tarve yhteiseen, kansainväliseen RFID-etätunnistusteknologian standardointiin on selkeästi nähtävissä.

Tutkielman tuloksena on RFID-etätunnistusteknologiaa koskeva kirjallisuuskatsaus, joka esittelee sitä käyttökohteineen sekä kartoittaa siihen liittyviä standardeja. Standardien monimuotoisuus osoittaa, että vain riittävällä standardikenttään perehtymisellä on mahdollista tehdä onnistuneita tulevaisuuden ratkaisuja RFID-etätunnistusteknologian suhteen.

AVAINSANAT: RFID, Radiotaajuinen etätunnistusteknologia, standardit, ISO, EPCglobal

Ohjaajat: Virpi Lyytikäinen
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Jyväskylän Yliopisto

Anne Honkaranta
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Jyväskylän Yliopisto

Tarkastaja: Anne Honkaranta
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Jyväskylän Yliopisto

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	5
2 RFID-ETÄTUNNISTUS.....	7
2.1 Taustaa	7
2.2 Lukijat.....	9
2.3 Tunnisteet	10
2.3.1 Passiiviset tunnisteet.....	11
2.3.2 Aktiiviset tunnisteet.....	12
2.4 Käyttökohteita.....	13
2.4.1 Seuranta	13
2.4.2 Pääsynvalvonta.....	15
3 RFID-ETÄTUNNISTUKSEEN LIITTYVIÄ STANDARDEJA.....	16
3.1 Standardointiorganisaatiot.....	16
3.2 Standardien jaottelu	18
3.3 Taajuusalueerippumattomat standardit	19
3.3.1 Ilmarajapintastandardit.....	19
3.3.2 Viestistandardit	20
3.3.3 Suorituskyky- ja yhdenmukaisuusstandardit.....	20
3.4 Taajuusalueerippuvaiset standardit.....	21
3.4.1 Alle 135 kHz.....	21
3.4.2 13,56 MHz.....	22
3.4.3 433 MHz.....	23
3.4.4 860 - 960 MHz	24
3.4.5 2,45 GHz	25
3.5 Yhteenvedoa standardeista	25
4 YHTEENVETO	27
LÄHDELUETTELO	29

1 JOHDANTO

RFID (Radio Frequency Identification) eli *radiotaajuinen etätunnistusteknologia* on teknologia, jota käytetään muun muassa esineiden tunnistamiseen ja paikantamiseen. Edellä mainittuja alueita kehitetään jatkuvasti, ja teknologia saa jatkuvasti jalansijaa myös uusilta alueilta. Tulevaisuuden käyttökohteita ovat muun muassa laajennetut tuotekoodit ja erinäiset mobiilisovellukset.

RFID-etätunnistusjärjestelmä koostuu lukijoista ja tunnisteista, jotka keskustelevat langattomasti keskenään. *Lukija* (engl. reader) voidaan käsittää RFID-etätunnistusteknologian tukiasemaksi. Lukija toimii RFID-verkossa tukiaseman tavoin ja lähettää radiotaajuisesti viestejä tunnisteille. *Tunniste* (engl. tag, transponder) koostuu pienikokoisesta mikrosirusta sekä antennista, joka kiinnitetään haluttuun tarkkailtavaan kohteeseen. Kun tunniste vastaanottaa lukijalta kutsuviestin, se vastaa lukijalle pyydetyn tiedon joko oman virtalähteensä tai kutsusignaalista saadun virran avulla.

Nykyisin käytössä on ainakin neljällä eri taajuusalueella toimivia tunnisteita, joihin jokaiseen liittyvät omat standardinsa, ominaisuutensa ja käyttökohteensa. Vaikka RFID onkin jo keksintönä vanha, vasta nyt sitä aletaan ottaa laajempaan käyttöön monilla eri alueilla. RFID-etätunnistusteknologiaan ja sen sovellusalueisiin liittyviä standardeja ja toimialastandardeja on lähes yhtä monta kuin alan tekijöitä ja standardisointiorganisaatioitakin, joka on yksi suurimpia RFID-etätunnistusteknologian leviämiseen liittyvistä haasteista. Tässä tutkimuksessa *standardilla* käsitetään jonkin virallisen standardisointiorganisaation määritelmää siitä, miten jokin asia tulisi toteuttaa. *Toimialastandardeina* pidetään standardinomaisia yhteisiä käytänteitä, joita yritykset tai organisaatiot ovat keskenään sopineet käytettäväksi. Tarve yhteiseen, kansainväliseen RFID-etätunnistusteknologian standardointiin on selkeä.

Tässä tutkimuksessa tutkimusongelmana on selvittää ja kartoittaa, millaisia standardeja RFID-etätunnistusteknologiaan liittyy, mihin niitä käytetään ja minkä organisaation laatimia ne ovat. Tutkimuksen tuloksena saadaan kattava, mutta tiivis kuva RFID-etätunnistusteknologiaan liittyvistä keskeisimmistä standardeista, joka omalta osaltaan edesauttaa RFID-etätunnistusteknologian keskeisten standardien tuntemusta. Tutkimus suoritetaan kirjallisuuskatsauksena.

Tutkielman sisältö on seuraava. Luvussa 2 esitellään RFID-etätunnistusteknologian keskeiset komponentit sekä niiden toiminta. Lisäksi tarkastellaan RFID-etätunnistusteknologian käyttökohteita sekä sen historiaa. Luvussa 3 esitellään RFID-etätunnistusteknologiaan liittyviä standardeja, niiden käyttökohteita ja suhteita toisiinsa. Luvussa esitellään myös alan standardointiorganisaatioita. Luvussa 4 on yhteenveto.

2 RFID-ETÄTUNNISTUS

Tässä luvussa esitellään aluksi RFID-etätunnistusteknologian historiallista taustaa, jonka jälkeen perehdytään sen keskeisiin komponentteihin sekä niiden toimintaan. Lopuksi luvussa tarkastellaan RFID-etätunnistusteknologian käyttökohteita.

2.1 Taustaa

RFID-etätunnistusteknologia itsessään ei ole uusi keksintö. Tekniikan juuret ulottuvat jopa 1920-luvulle asti tutkajärjestelmien synnyn yhteyteen (Ward & Kranenburg 2006). Radio- ja tutkajärjestelmien kehityksen myötä RFID-etätunnistusteknologia otettiin varsinaisesti käyttöön toisen maailmansodan aikoihin, jolloin liittoutuneet hyödynsivät lentokoneisiinsa asennettuja RFID-moduuleita omien lentokoneiden erottamiseen viholliskoneista (Rinta-Runsala & Tallgren 2004).

RFID-etätunnistusteknologia kuuluu yleisemmin tunnistetekniikoihin, jotka jaetaan viiteen eri kategoriaan: viivakoodit, älykortit, radiovälitteiset tunnistheet, optiset tunnistheet ja biometriset tunnistheet. Viivakoodit ovat näistä vanhin ja yleisimmin käytössä oleva tekniikka. Viivakoodin etuina ovat sen yksinkertaisuus, halpa hinta sekä laajat standardit. (Fuhrer, Guinard & Liehti 2006)

Yksi RFID-etätunnistusteknologian keskeisimmistä hyödyistä on se, että sen käyttämät tunnistheet eivät vaadi suoraa näköyhteyttä lukijoihin, kuten esimerkiksi viivakoodit. Viivakoodeihin verrattaessa keskeisiä etuja ovat myös tunnisteeden yhdenaikainen lukeminen, muistin uudelleenkirjoitettavuus ja isompi kapasiteetti sekä aidosti yksilöllinen tunnistus tuotekoodin sijaan. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004)

RFID-etätunnistusteknologia on laajemmin alkanut kiinnostaa suurta yleisöä vasta viime vuosina teknologian kehityksen myötä: RFID-etätunnistusteknologian keskeiset komponentit ovat kehittyneet, hinta alkanut pudota ja standardit yleistyä. Yritykset ja organisaatiot ovat havainneet RFID-etätunnistusteknologian potentiaalin muun muassa logistiikan, jakeluketjun ja varastonhallinnan parantamiseen. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004; Want 2004)

RFID-etätunnistusteknologian toiminta perustuu lukijoiden ja tunnisteidenväliseen radiotaajuiseen kommunikointiin. RFID-etätunnistusjärjestelmä koostuu vähintään kahdesta osasta: lukijasta ja tunnistesta. Muiden muassa Phillipsin, Karygiannisin ja Kuhnin (2005), Knospin ja Pohlin (2003) ja Riihelän (2005) mukaan järjestelmän osaksi voidaan laskea myös lukijalta saatavaa tietoa käsittelevät taustajärjestelmät.

Kommunikointi osien välillä toimii seuraavasti: lukija lähettää antenninsa kautta signaalin, jolla se pyytää tunnisteita lähettämään halutut tunnistetiedot takaisin. Signaali voi toimia samalla myös virtalähteenä tunnistelle. Kantoalueella olevat tunnistet vastaanottavat antenninsa avulla signaalin ja vastaavat lukijalle pyydetyt tiedot haettuaan ne mikrosirulta tai muistista. (Want 2004; Rinta-Runsala & Tallgren 2004)

Lukijoiden ja tunnisteidenvälisen yhteensopivien toistensa kanssa. Yksi keskeisimmistä yhteensopivuustekijöistä on niiden toimintataajuus. Lukijat voivat keskustella ainoastaan samalla taajuusalueella toimivien tunnisteidenvälisen kanssa. Usealla eri taajuusalueella toimivia lukijoitakin on jo kehitetty, mutta ne ovat vielä kokeiluasteella (Rinta-Runsala & Tallgren 2004). RFID-lukijat ja -tunnistet käyttävät kommunikointiin yleensä niin sanottuja ISM-taajuusalueita (Industrial, Scientific, Medical). ISM-taajuusalueet ovat lisensioimattomia alueita, jotka ovat tarkoitettu pelkästään teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön. Käytettävät taajuusalueet kuitenkin vaihtelevat maittain (Ward & Kranenburg 2006).

Yleisimpiä RFID-etätunnistusteknologian käyttämiä taajuusalueita ovat alle 135 kHz, 13,56 MHz, 860–930 MHz ja 2,45 GHz. Jokaisella taajuusalueella on omat ominaispiirteensä ja kulloinkin käytetty taajuusalue valitaan tarpeen mukaan. Yleisin Euroopassa käytetty taajuus on 13,56 MHz, mutta maailmanlaajuisesti yleisimmät käytetyt taajuudet lienevät UHF-alueella (Ultra High Frequency) eli 860-930 megahertsin taajuusalueella. Tällä taajuusalueella toteutetaan erityisesti logistiikan ratkaisuja (Rinta-Runsala & Tallgren 2004). Kyseisen taajuusalueen käyttöä laajemmin kuitenkin hidastaa se, että 902–928 megahertsin alue on Euroopassa varattu GSM-verkon (Global System for Mobile) käyttöön (Griffin & Williams 2005). Japanissa taas RFID-etätunnistusteknologialle varattu UHF-taajuus on kokonaan eri, eli 950–956 MHz (Hassan & Chatterjee 2006).

2.2 Lukijat

Lukija on RFID-etätunnistusjärjestelmän osa, joka käsitetään yleisesti luku- tai luku- ja kirjoituslaitteeksi, jolla tunnisteiden tietoa voidaan lukea ja kirjoittaa (esim. Rinta-Runsala & Tallgren 2004). Nimitys ”lukija” itsessään on kuitenkin hieman liian rajaava ja harhaanjohtava, sillä ensinnäkin sillä voidaan myös kirjoittaa, ja toiseksi lukija toimii RFID-verkossa ennemmin tukiaseman tavoin (Paret 2005). Tukiasema-ajattelua tukee myös se, että tietojen lukeminen tunnisteilta voi tapahtua myös yhtäaikaaisesti ja yksi lukija kykenee jopa 200 yhdenaikaiseen lukuoperaatioon (Gerst & Bunduchi 2005). Lukija toimii myös rajapintana tietoa käsitteleviin taustajärjestelmiin (Riihelä 2005; Ward & Kranenburg 2006).

Lukijassa on kaksi osaa: antenni ja itse lukija. Antenni koostuu edelleen kahdesta osasta: lähettimestä ja vastaanottimesta. Lähettimellä välitetään tunnistuille viestikutsuja. Lähetetyn signaalin kantoaallolla voidaan myös lähettää käyttövirtaa tunnisteiden toimintaa varten. Vastaanotin ottaa vastaan tunnisteen paluuviestejä. Varsinainen lukija vastaanottaa antenneilta tulevat

tiedot, varastoi niitä tarvittaessa ja tallentaa tiedon taustajärjestelmään, johon lukija on liitetty. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004; Paret 2005)

Lukijat jaetaan yleensä kahteen eri tyyppiin: kiinteisiin ja mobiileihin. Esimerkiksi jakeluauton perään asennettu porttilukija luokitellaan kiinteäksi lukijaksi. Mobiileita lukijoita ovat esimerkiksi kannettavat käsilukijat, jotka ovat yhteydessä taustajärjestelmiin joko langattomasti tai eräajotyyppisesti (Rinta-Runsala & Tallgren 2004). Lukijoita voidaan luokitella myös muiden ominaisuuksien mukaan, esimerkiksi Hassanin ja Chatterjeen (2006) taksonomiassa RFID-lukijoita luokitellaan muun muassa antennien, kommunikointiprotokollien ja rajapintojen mukaan.

Lukijoiden hinta riippuu oleellisesti käytettävästä taajuusalueesta. Yksinkertaisimmat käsilukijat 13,56 MHz:n taajuusalueelle maksavat halvimmillaan muutamia satoja euroja. Lukijoiden ominaisuudet lisäävät hintaa, minkä vuoksi käsilukijoiden hinta liikkuu 1000–2500 euron välillä. UHF-alueen lukijat ovat kalliimpia kuin 13,56 MHz:n lukijat. Suurikokoiset porttilukijat UHF- sekä 13,56 MHz taajuusalueille maksavat noin 3000–13000 euroa. (Kärkkäinen 2006; Rinta-Runsala & Tallgren 2004)

2.3 Tunnisteet

Tunniste on yksinkertaisimmillaan tarkkailtavaan kohteeseen kiinnitettävä pienikokoinen tarra, johon on kiinnitetty mikrosiru ja antenni. Tunnisteella on myös muita eri nimiä, yleisimpänä näistä tagi. Tunnisteen mikrosiruun on liitetty muistialue, jossa on tallennettuna vähintään tunnisteen yksilöivä uniikki tunnistekoodi (Rinta-Runsala & Tallgren 2004; Riihelä 2005).

Hassanin ja Chatterjeen (2006) taksonomiassa RFID-tunnisteita luokitellaan usealla eri tavalla. Tärkeimpinä näistä ovat muun muassa fyysiset ominaisuudet kuten käytettävä taajuus, koko ja antennin muoto sekä tekniset ominaisuudet kuten virrankäyttö, logiikka ja muistinkäyttö. Logiikalla tässä

yhteydessä tarkoitetaan tunnisteiden prosessointikyvyn laajuutta. Tunnisteiden antennin muoto, koko ja materiaali vaikuttavat oleellisesti muun muassa tunnisteiden toimintataajuuteen.

Kun tunniste vastaanottaa lukijalta kutsuviestin, se lähettää lukijalle pyydetyn tiedon joko oman virtalähteesä tai kutsusignaalista saadun virran avulla. Tunnisteita luokitellaan usein niiden virrankäytön suhteen (Rinta-Runsala & Tallgren 2004). Tällöin puhutaan aktiivisista ja passiivisista tunnisteista: passiiviset tunnisteet toimivat ainoastaan lukijan lähettämän virran varassa, kun taas aktiiviset toimivat tunnisteeseen liitetyn virtalähteen avulla. Muiden muassa Rinta-Runsalan ja Tallgrenin (2004) sekä Wardin ja Kranenburgin (2006) mukaan on olemassa myös semi-passiivisia tunnisteita, jotka käyttävät sekä tunnisteiden virtalähdettä että lukijan lähettämää virtaa.

Paretin (2005) mukaan tunnisteiden passiivisuudella ja aktiivisuudella ei ole mitään tekemistä virtalähteen olemassaolon kanssa, vaan pikemminkin sen kanssa, onko paluusignaalin alkuperäinen lähettäjä lukijan vai tunnisteiden radiolähetin. Tällöin puhutaan muun muassa radioaaltojen takaisinsironnasta ja signaalin kuorman moduloinnista. Seuraavissa kohdissa käsitellään aktiivisia ja passiivisia tunnisteita kuitenkin Rinta-Runsalan ja Tallgrenin (2004) määritelmän mukaan.

2.3.1 Passiiviset tunnisteet

Yksinkertaisimmat RFID-tunnisteet ovat siis passiivisia, eivätkä ne sisällä omaa virtalähdettä. Passiiviset tunnisteet kykenevät viestimään ja prosessoimaan tietoa ainoastaan silloin, kun lukija lähettää signaalia tunnisteeseen ja tunniste on lukuikäisyydellä. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004)

Nykyisin käytössä olevista tunnisteista valtaosa on passiivisia: Robertsin (2006) mukaan viimeisen 50 vuoden aikana passiivisia tunnisteita on myyty yli

miljardi kappaletta, joka on kaksi kertaa aktiivisia enemmän. Jos mukaan lasketaan myös varkaudenestoon tarkoitettut EAS-tunnisteet (Electronic Article Surveillance), suhde moninkertaistuu. EAS-tunnisteet ovat mikrosiruttomia ja siksi voidaan kyseenalaistaa, lasketaanko niitä lainkaan passiivisiksi RFID-tunnisteiksi (Knospe & Pohl 2004). EAS-tunnisteet ovat yksinkertaisia ja niiden hinta on alle viisi senttiä kappaleelta, kun varsinaiset passiiviset tunnisteet ovat hinnaltaan noin neljästä neljäänkymmeneen senttiä kappaleelta (Roberts 2006; Ward & Kranenburg 2006).

Halvimmilta passiivisilta tunnisteilta voidaan tyypillisesti vain lukea tietoa. Tällaisiin niin sanottuihin WORM (Write Once Read Many) -tunnisteisiin tieto kirjoitetaan pysyvästi joko jo tehtaalla tai tunnistetta asennettaessa (Rintarunsala & Tallgren 2004). Passiiviset tunnisteet häviävätkin toiminnallisuuksissa aktiivisille tunnisteille: muun muassa tallennettavan tiedon määrä ja lukuetaisyys kärsivät virtalähteen puutteesta. Passiivisissa tunnisteissa muistin määrä on tyypillisesti 64 bitistä yhteen kilotavuun. (Roberts 2006)

2.3.2 Aktiiviset tunnisteet

Aktiiviset tunnisteet pystyvät prosessoimaan tietoa oman virtalähteensä voimin myös ilman lukijan vaikutusta. Esimerkiksi aktiiviseen tunnisteeseen liitetystä lämpötila-anturilta voidaan hakea arvoja tietyin väliajoin ja lähettää kerätyt tiedot eteenpäin vasta kun tunniste saapuu lukijan lukuetaisyydelle. (Rintarunsala & Tallgren 2004)

Kun passiiviset tunnisteet ovat teoriassa ikuisia, aktiivisten tunnisteiden elinkaarta rajoittaa oman virtalähteen käyttö. Nykyisellä akkutekniikalla aktiivistenkin tunnisteiden elinikä kuitenkin lähestyy jopa kymmentä vuotta. Aktiiviset tunnisteet ovat virtalähteen vuoksi isokokoisempia ja painavampia kuin passiiviset tunnisteet (Roberts 2006). Aktiivisten tunnisteiden hinta voi olla

mitä tahansa muutamista euroista aina lähes sataan euroon asti (Rinta-Runsala & Tallgren 2004; Roberts 2006).

Aktiiviset tunnisteet ovat usein myös uudelleenkirjoitettavia joko kokonaan tai osittain. Aktiivisten tunnisteiden kapasiteetti on passiivisiin tunnisteisiin verrattuna huima: tallennustilaa voi olla jopa 128 kilotavuun asti. Parempien prosessointiominaisuuksien vuoksi aktiivisiin tunnisteisiin on myös helpompi toteuttaa muun muassa turvallisuusominaisuuksia. (Ward & Kranenburg 2006)

2.4 Käyttökohteita

RFID-tunnisteet nähdään usein pelkästään viivakoodien korvaajina, mutta itse asiassa RFID-etätunnistusteknologia avaa myös monia muita sovellusmahdollisuuksia (esim. Rinta-Runsala & Tallgren 2004). Seuraavaksi esitellään RFID-etätunnistusteknologian käyttökohteita. Tämän kohdan tarkastelu perustuu pääasiassa Hassanin ja Chatterjeen (2006) taksonomiaan, jonka mukaan RFID-etätunnistusteknologian käyttökohteet voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: seurantaan (engl. monitor) ja pääsynvalvontaan (engl. authorization).

2.4.1 Seuranta

RFID-etätunnistusteknologialla seuranta voidaan toteuttaa sekä *luokka-* että *yksilötasolla*. Luokkatason seuranta tässä yhteydessä tarkoittaa sitä, että ainoastaan tunnisteiden olemassaolo voidaan havaita. Luokkatason seuranta on käytännössä esimerkiksi EAS-tunnisteiden käyttäminen varkaudenestoon tavarataloissa (Hassan & Chatterjee 2006). Tuotetta yksilöimätön EAS-tunniste voidaan kiinnittää esimerkiksi vaatteisiin, kirjoihin tai pienlaitteisiin. Hälytysjärjestelmät aktivoituvat mikäli tuotteet poistuvat kaupan magneettiportin kautta ja myyjä ei ole tehnyt tunnistetta kassalla

toimintakyvyttömäksi. EAS-tunnisteet ovat olleet laajassa käytössä jo vuosia (Roberts 2006).

Yksilötason tunnistus tarkoittaa sitä, että jokaisesta RFID-tunnisteesta saadaan tietoon sen olemassaolon lisäksi vähintään sen yksilöllinen tunnistekoodi. Tällaisella tunnisteiden yksilötason seurannalla voidaan toteuttaa erilaisia toimintoja. Hassan & Chatterjee (2006) jakavat yksilötason seurannan kolmeen osaan: todentamiseen (engl. authentication), seuraamiseen ja mittaamiseen.

Todentamisella tarkoitetaan RFID-tunnisteella merkattujen objektien aukotonta yksilöllistä tunnistamista. Tuotteisiin, eläimiin, rahaan tai passeihin upotetut RFID-tunnisteet ovat hyviä esimerkkejä tästä (esim. Roberts 2006; Fuhrer, Guinard & Liehti 2006). Periaatetta voidaan soveltaa usealla tasolla – esimerkiksi logistiikkaketjussa voidaan RFID-tunnisteilla varustaa niin kuljetuslavat, monipakkaukset kuin yksittäiset tuotteetkin, jotka kukin voidaan tunnistaa yksilöllisesti (Hassan & Chatterjee 2006; Rinta-Runsala & Tallgren 2004).

Seuraamisella tarkoitetaan Hassanin ja Chatterjeen (2006) mukaan objektien liikkumisen ja sijainnin seuraamista RFID-etätunnistusteknologian avulla. RFID-tunnisteita ja -lukijoita on hyödynnetty muun muassa edellä mainitussa jakeluketjun ja tuhottavan aineiston seurannassa (Rinta-Runsala & Tallgren 2004). Objektien liikkeen seuraamisen lisäksi RFID-etätunnistusteknologia voidaan valjastaa myös objektien sijainnin jäljittämiseen. Esimerkiksi Legolandissa on käytössä 2,4 GHz taajuudella toimiva RFID-järjestelmä noin 23 hehtaarin kokoiseen huvipuistoon eksyneiden lapsien paikallistamiseksi. (Collins 2004; Griffin & Williams 2005)

Mittaamisella tarkoitetaan Hassanin ja Chatterjeen (2006) määritelmän mukaan RFID-tunnisteeseen liitettyltä anturilta saatavaa mittaustietoa. Tällaista mittaustietoa voisi olla esimerkiksi lämpötila tai säteily. Kun RFID-etätunnistusteknologia mahdollistaa kunkin kohteen yksilöllisen tunnistamisen,

syntyy mahdollisuuksia ja tarpeita kerätä, tallentaa ja myöhemmin hyödyntää dataa seurattavista kohteista (Hassan & Chatterjee 2006). Esimerkiksi juuri lämpötilatietoja voitaisiin sitten tallentaa ja edelleenlähettää RFID-tunnisteiden avulla (Roberts 2006).

2.4.2 Pääsynvalvonta

RFID-etätunnistusteknologiaa voidaan hyödyntää myös pääsynvalvontaan. Esimerkiksi avaimenperään upotettua RFID-tunnistetta voidaan käyttää pääsynvalvonnassa korvaamalla niillä tavalliset avaimet. Pääsynvalvonta esineisiin upotettujen tunnisteteiden avulla ei kuitenkaan ole aukotonta, koska ei voida tietää, kenen hallussa esimerkiksi RFID-tunnisteella varustettu avaimenperä on (Hassan & Chatterjee 2006). Esimerkiksi Meksikossa hallituksen korkea-arvoisimpiin edustajiin on upotettu RFID-tunniste, jota käytetään sekä henkilöiden kulunvalvontaan että jäljittämiseen mahdollisissa kidnappaustapauksissa (Roberts 2006).

Luvussa esiteltiin aluksi RFID-etätunnistusteknologian historiallista taustaa. Seuraavaksi esiteltiin RFID-etätunnistusteknologian keskeiset komponentit tunniste ja lukija sekä niiden toiminta. Luvun jälkipuoliskolla tarkasteltiin RFID-etätunnistusteknologian käyttökohteita ja sovellusmahdollisuuksia.

3 RFID-ETÄTUNNISTUKSEEN LIITTYVIÄ STANDARDEJA

Tässä luvussa esitellään aluksi RFID-etätunnistukseen liittyviä standardointiorganisaatioita. Standardien jaottelun jälkeen luvussa esitellään tarkemmin RFID-etätunnistusteknologiaan liittyviä standardeja, niiden käyttökohteita ja suhteita toisiinsa.

RFID-etätunnistusteknologian suurimpiin haasteisiin lukeutuu standardoinnin puute ja standardien hidas kehittyminen. Varsinaiset standardointiorganisaatioiden hyväksymät standardit sekä organisaatioiden ja yritysten yhteiset toimialastandardit ovat yhteensopimattomia, joka hidastaa teknologian leviämistä (esim. Gerst & Bunduchi 2005; Roberts 2006). Keskeisimpiä standardoinnin kehitysalueita ovat muun muassa käytettävät taajuusalueet, käytettävä lähetysteho sekä tietoturva. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004)

3.1 Standardointiorganisaatiot

Standardointia tapahtuu kansainvälisesti pääasiassa kahden organisaation toimesta. Sekä kansainvälinen standardointiorganisaatio ISO (International Organization for Standardization) että kaupallinen organisaatio EPCglobal kilpailevat, mutta myös täydentävät toisiaan RFID-etätunnistusteknologian standardointirintamalla (Gerst & Bunduchi 2005). Gerstin ja Bunduchin (2005) mukaan eriytynyt tilanne johtuu ainakin osittain ISO:n hitaasta standardointiprosessista ja EPCglobalin nopeammasta reagoitokyvystä alan toimijoiden toiveisiin RFID-standardien saralla. Standardointiin liittyy myös muun muassa eurooppalainen telealan standardointijärjestö ETSI (European Telecommunications Standards Institute) radiotaajuuksien ja tehoalueiden osalta (Griffin & Williams 2005; Riihelä 2005). Seuraavissa kappaleissa avataan enemmän ISO:n ja EPCglobalin standardointitoimintaa.

Standardointiorganisaatio ISO kehittää informaatioteknologiaan liittyviä standardeja yhteistyössä IEC:n (International Electrotechnical Council) kanssa. ISO/IEC-yhteistyö näkyy vuonna organisaatioiden yhteisenä JTC1-komiteana (Joint Technical Committee 1), joka perustettiin vuonna 1987 (ISO 2006a). Vuonna 1995 tälle perustettiin alikomitea SC31 (Automatic Identification and Data Capture Techniques), jonka tehtävänä on kehittää standardeja automaattisen tunnistuksen tekniikoille. SC31-komiteaan kuuluu jäseniä sekä kansallisista standardointielimistä että yrityksistä. ISO:n RFID-etätunnistusteknologiaan liittyvät standardit määrittelevät yleisiä rajapintoja korkealla tasolla puuttumatta tarkemmin esimerkiksi tunnisteiden tietosisältöihin. (Gerst & Bunduchi 2005)

Myös EPCglobal on alan organisaatioiden yhteenliittymä. EPCglobal on perustettu vuonna 2003 UCC:n (Uniform Code Council Inc.) ja EAN:n (European Article Numbering Association) yhteisyrityksenä (Gerst & Bunduchi 2005). UCC ja EAN yhdistyivät vuonna 2005 globaaliksi organisaatioksi nimeltä GS1, jonka tytäryhtiö EPCglobal nyt on (Scholliers & Permala 2006; GS1 Finland 2006).

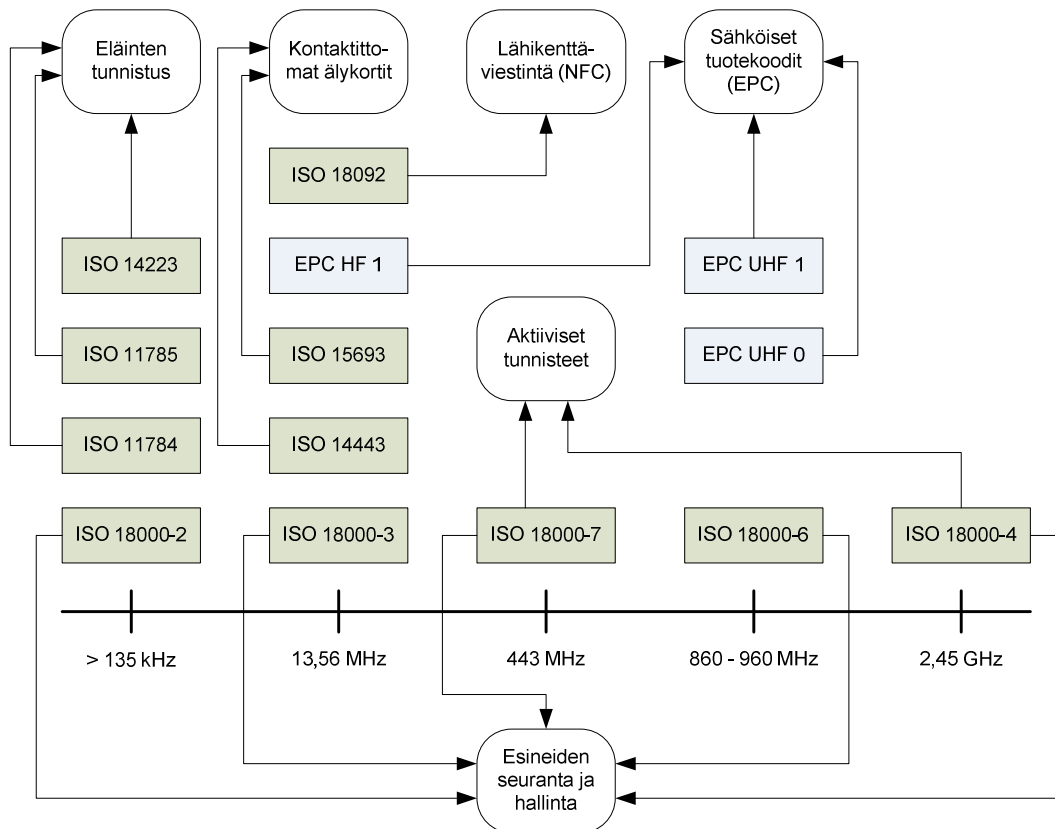
EPCglobalin standardit ovat rajatumpia kuin ISO:n standardit, sillä ne määrittelevät tunnisteiden ja lukijoiden yleisten ominaisuuksien sijaan niiden konkreettista toteutusta. EPCglobalin standardit määrittelevät toimintaa lisäksi vain 860–930 MHz sekä 13,56 MHz taajuusalueille. EPCglobalin toimialastandardit menevät osittain kuitenkin ISO:n standardeja pidemmälle, sillä niissä määritellään myös sovellustason käytännön toteutusta. (Gerst & Bunduchi 2005)

EPCglobalin standardeissa määritellään tiedon muodon ja välityksen lisäksi myös tiedon välitystä eri osapuolten välillä. Viestinvälityksen osapuolet muodostavat verkoston, jota kutsutaan EPCglobal Networkiksi. EPCglobal Network koostuu viidestä osasta: EPC-koodi, tunnistusjärjestelmä (ID System),

EPC-väliohjelmisto (EPC Middleware), hakupalvelu (Discovery Services) sekä EPC-tietopalvelut (EPC Information Services). Yhteensä EPCglobalin toimialastandardeja on yli tusina. (EPCglobal 2004; EPCglobal 2006; Scholliers & Permala 2006)

3.2 Standardien jaottelu

RFID-etätunnistusteknologian kirjavaa standardikenttää tarkasteltaessa on syytä jakaa se osiin. Yksi tapa jaotella standardeja on Knospen ja Pohlin (2004, 43) taajuusalueisiin perustuva jaottelu, joka on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. RFID-etätunnistusteknologiaan liittyviä standardeja ja käyttökohteita taajuusalueittain

Kuvassa 1 suorakaiteet kuvaavat standardeja ja niiden väriytyksensä, ja etuliitteet kuvaavat standardointiorganisaatiota. Standardit on jaoteltu kuvan alalaidassa

esiintyvän vaakajanan mukaisiin taajuusalueisiin. Nuolet kuvaavat standardien suhdetta RFID-etätunnistusteknologian käyttöalueisiin. Pyöristetyt suorakaiteet kuvaavat standardien käyttöalueita. Käyttöalueet eivät ole riippuvuussuhteessa kuvassa esitettyihin taajuusalueisiin. Kuvassa esitettyjä RFID-etätunnistusteknologian käyttöalueita ovat eläinten tunnistus, kontaktittomat älykortit (engl. contactless chipcards), lähikenttäviestintä (engl. Near Field Communication), sähköiset tuotekoodit, aktiiviset tunnisteet sekä esineiden seuranta ja hallinta (engl. Item Management).

Kuvassa 1 esitettyjen standardien lisäksi taajuusalueisiin sitomattomia standardeja on useita. Luvussa 3.3 käydään pintapuolisesti läpi niistä keskeisimpiä. Luvussa 3.4 käsitellään kuvassa esiintyvät taajuusalueisiin sidotut standardit.

3.3 Taajuusalueriippumattomat standardit

Seuraavissa luvuissa esitellään keskeisimpiä RFID-etätunnistusteknologiaan liittyviä taajuusalueriippumattomia standardeja. Looginen lähestymistapa on lähteä liikkeelle standardointiorganisaatio ISO:n 18000-ilmarajapintastandardisarjasta, joka standardoi taajuusalueiden käyttöä RFID-etätunnistusteknologiassa.

3.3.1 Ilmarajapintastandardit

ISO 18000-standardi "RFID Air Interface Standards" koostuu kuudesta eri osasta. Ensimmäinen osa ISO 18000-1 määrittelee arkkitehtuurin ja parametrit standardisarjan muille osille. Standardissa määritellään lisäksi muun muassa törmäyksienestoon liittyvä protokolla kuten WTF-protokolla (Who Talks First). Standardi sisältää myös esimerkkejä konsepteista, joissa ilmarajapintoja voitaisiin hyödyntää. Standardi ei ota kantaa esimerkiksi ohjelmisto- tai laitteistotason toteutukseen. (ISO 2004a)

ISO 18000-sarjan osissa 2 ja 7 määritellään parametrit eri taajuusalueille kuvan 1 mukaisesti. Huomattavaa on, että sarjassa ei ole mukana standardia ISO 18000-5. Standardisarjan viidennen osan tarkoituksena alkuperäissuunnitelmissa oli standardoida 5,8 megahertsin taajuusalue, jonka toteutus kuitenkin peruttiin (Knospe & Pohl, 2004). Edellä mainitut standardit käsitellään tutkielman luvussa 3.4.

3.3.2 Viestistandardit

Standardointiorganisaatio ISO on standardoinut myös viestien prosessointia. ISO 15961 -standardi keskittyy sovelluksen ja RFID-tunnisteen sirussa sijaitsevan tietoprotokollaprosessorin (engl. Data Protocol Processor) väliseen rajapintaan. Standardissa määritellään viestiliikenteessä käytettävä syntaksi, yleisiä suosituksia tiedon muodostamiseen, sekä lisäksi sarja vakioituja komentoja ja vastauksia niihin. (ISO 2004c)

ISO 15961 -standardia laajentaa standardi ISO 15962, joka keskittyy ISO 15961 -standardissa määritellyn viestiliikennesyntaksin muuntamiseen tunnisteajuria (engl. Tag Driver) varten. Standardi sisältää tätä varten muun muassa sovelluskomentojen syntaksin muutossääntöjä ja muita kommunikaation määrittelyitä. (ISO 2004d)

3.3.3 Suorituskyky- ja yhdenmukaisuusstandardit

ISO 18046 - standardissa "Radio frequency identification device performance test methods" määritellään RFID-etätunnistuksen suorituskyvyn minimitaso muun muassa lukuetaisyyksille, kun RFID-etätunnistusteknologiaa hyödynnetään toimitusketjussa. Standardissa myös määritellään testausmenetelmiä suorituskyvyn mittaamiselle. Määritellyt testausmenetelmät

eivät ole kaikenkattavia ja ne on määritelty vain yksiantennisille RFID-sovelluksille. (ISO 2006b)

Standardointiorganisaatio ISO:n standardisarjassa ISO 18047 määritellään testausmenetelmiä tuotteen yhdenmukaisuuteen (engl. conformance) ISO 18000-standardien kanssa. ISO 18047 -standardisarja sisältää ISO 18000-sarjan standardeja vastaavat standardit jokaiselle eri taajuusalueelle. Kuten ISO 18000 -sarjassakin, standardit on nimetty vastaavasti ISO 18047-2 - 18047-7. Standardisarjan testausmenetelmät kattavat kaikki pakolliset sekä vaihtoehtoiset standardien mukaiset ominaisuudet (ISO 2006c).

3.4 Taajuusalueerippuvaliset standardit

Kuvassa 1 esitetty malli pitää sisällään useita niin standardointiorganisaatio ISO:n kuin EPCglobalinkin taajuusalueisiin sidottuja standardeja. Ilmarajapintastandardisarja ISO 18000 -standardissa määriteltyjen taajuusaluekohtaisten standardien lisäksi seuraavissa aliluvuissa käydään läpi taajuusalue kerrallaan kuhunkin taajuusalueeseen liittyviä standardeja.

3.4.1 Alle 135 kHz

Alle 135 kilohertsin alueen tyypillisimpiä käyttöalueita ovat erilaiset kulunvalvonta-, varkaudenesto- ja eläinten tunnistussovellukset. Alle 135 kilohertsin taajuusalueen tunnisteiden lukuetaisyys on lyhyt, alle puoli metriä. (esim. Rinta-Runsala & Tallgren 2004; Griffin & Williams 2005)

Standardointiorganisaatio ISO on määrittänyt ilmarajapintastandardin ISO 18000-2 alle 135 kilohertsin taajuusalueelle. Standardissa määritellään lähetettäviä ja vastaanotettavia parametreja, viestiprotokolla sekä törmäyksienestoon liittyvä mekanismi. Lisäksi määritellään kaksi tunnistetyyppiä, Tyyppi A (FDX) ja Tyyppi B (HDX). FDX-tunnisteet (engl. full

duplex) saavat virtansa lukijalta molempiin suuntiin viestittäessä ja ne toimivat 125 kHz taajuudella. HDX-tunnisteet (engl. half duplex) saavat virtaa lukijalta vain toiseen suuntaan viestittäessä. HDX-tunnisteet toimivat 134,2 kHz taajuudella. Standardissa määritellään myös vaihtoehtoinen toimintataajuus HDX-tunnisteille. (ISO 2004b)

Alle 135 kilohertsin alueen standardien tyypillinen käyttöalue on eläinten tunnistaminen. ISO on määritellyt RFID-etätunnistusteknologian avulla tapahtuvaan eläinten tunnistamiseen useita standardeja. ISO 11784 -standardi määrittelee muun muassa eläinten tunnistukseen tarvittavan yksilöllisen 64-bittisen tunnistuskoodin ja ISO 17785 -standardi puolestaan määrittelee käytettävän tiedonsiirtomenetelmän (Finkenzeller 2003). Uudempi standardi ISO 14223 laajentaa edellisiä muun muassa sallimalla laajempia operaatioita tunnistuksiin (Knospe & Pohl 2004).

3.4.2 13,56 MHz

13,56 megahertsin taajuus on yleisin Euroopassa käytetty taajuus. Taajuusalueen tunnistaiden lukuetaisyys on lyhyt, parhaimmillaan noin 1,5 metriä, mutta useimmiten reilusti alle metrin. Taajuusalueen RFID-tunnistaiden yleisimpiä käyttökohteita ovat muun muassa erilaiset matkakortti-, kirjasto-, kulunvalvonta- ja teollisuuslogistiikkasovellukset. (esim. Rinta-Runsala & Tallgren 2004; Griffin & Williams 2005)

Perustavaa laatua oleva standardi 13,56 megahertsin alueelle on standardisointiorganisaatio ISO:n standardi 18000-3, joka määrittelee ilmarajapintastandardin kyseiselle taajuusalueelle. Standardissa määritellään kaksi erilaista toimintatilaa, jotka ovat tarkoitettu erilaisille sovelluksille. (ISO 2004g)

Yksi 13,56 megahertsin taajuusalueen nousevista käyttökohteista on lähikenttäviestintä NFC (Near Field Communication), joka on yhdistelmä etätunnistamista ja lyhyen kantaman langatonta viestintää (Koskela 2006). Koskelan mukaan lähikenttäviestinnän ero perinteisiin RFID-teknologioihin on se, että NFC-laite toimii samalla sekä lukijana että tunnistena.

NFC-lähikenttäviestintään liittyy useita eri standardeja. ISO 14443 sekä ISO 15693 -standardit määrittelevät kontaktittomille älykorteille muun muassa fyysisiä ominaisuuksia, radiotaajuusrajan ja tiedonsiirtoprotokollia. Erityisesti lähikenttäviestintään liittyvä standardi ISO 18092 (NFCIP-1) määrittelee NFC-laitteille kaksi kommunikointimoodia sekä niiden välisen rajapinnan ominaisuuksia. Lähikenttäviestintään liittyy myös oleellisesti kuvasta 1 puuttuva standardi ISO 21481 (NFCIP-2), joka määrittelee edellä mainitut standardit täyttävälle laitteille kommunikointitilan valintamekanismeja. (Koskela 2006)

EPCglobalin edeltäjä Auto-ID Center on määrittänyt 13,56 MHz taajuusalueelle lisäksi toimialastandardin HF Class 1 Gen 1 Tag Protocol. Standardi kuuluu nykyään osaksi EPCglobalin EPCglobal Networkia ja se on tarkoitettu EPC-koodin käyttämiseen 13,56 MHz taajuusalueella. Käytännössä suurin osa EPC-koodin hyödyntämisestä tapahtuu kuitenkin UHF-alueella. EPCglobal Network kuvataan tarkemmin luvussa 3.4.4. HF Class 1 Gen 1 Tag Protocol on yhteensopiva ISO 18000-3 ja ISO 15693 -standardien kanssa. (Knospe & Pohl 2004; Scholliers & Permala 2006)

3.4.3 433 MHz

433 megahertsin alue ei ole vielä kovin laajassa käytössä. On kuitenkin odotettavissa, että 433 megahertsin taajuuden hyödyntäminen tulee kasvamaan merkittävästi tulevaisuudessa. Tähän vaikuttavat voimakkaasti eri maiden hyväksyntä taajuusalueen käytölle sekä RFID-tunnisteita ja -lukijoita

valmistavien yritysten lisääntyvä kiinnostus taajuusalueen hyödyntämisestä. (esim. Swedberg 2006; Swedberg 2007).

Standardointiorganisaatio ISO on määritellyt 433 megahertsin taajuudelle ilmarajapintastandardin. Standardi ISO 18000-7 määrittelee taajuusaluekohtaisia parametreja sekä vaatimuksia pitkän kantaman aktiivisille tunnisteille. (ISO 2004e)

3.4.4 860 - 960 MHz

UHF-alueen standardointi on tällä hetkellä ehkä kaikista mielenkiintoisin tarkastelun kohde, vaikkakin alueen käytössä on muun muassa lähetystehoihin ja käytettävään taajuusalueen valintaan liittyviä ongelmia. UHF-alueen RFID-sovelluksia hyödynnetään muun muassa sähköisten tuotekoodien rintamalla. (esim. Rinta-Runsala & Tallgren 2004)

ISO 18000-6 -standardissa määritellään 860–960 MHz UHF-alueelle tarvittavat parametrit sekä toiminta-asetukset. Standardissa määritellään myös kaksi eri tunnistetyyppiä, A ja B, jotka eroavat lähinnä vain tekniseltä toteutukseltaan (Knospe & Pohl 2004; ISO 2004f).

UHF-alueen standardointiprosessissa on standardointiorganisaatio ISO:n lisäksi myös muita osapuolia. Sähköisten tuotekoodien saralla kunnostautunut EPCglobal on julkaissut useita toimialastandardeja RFID-etätunnistusteknologiaan liittyen (EPCglobal 2006). Yhteistyö EPCglobalin ja ISO:n välillä on ollut hedelmällistä. EPCglobalin Class-1 Generation-2 -toimialastandardi on hyväksytty ISO 18000-6 -standardin tyyppiä C (RFID Lab Finland 2006). ISO 18000-6C perustuu EPCglobalin edeltäjän Auto-ID Centerin UHF Class 0 Gen 1 ja UHF Class 1 Gen 1 -standardeihin, jotka eivät olleet yhteensopivia keskenään eivätkä ISO 18000-standardisarjan kanssa (Ward & Kranenburg 2006).

3.4.5 2,45 GHz

2,45 gigahertsin mikroaaltotaajuus on korkein taajuus, jota RFID-etätunnistusteknologiassa hyödynnetään. 2,45 GHz tunnisteet ovat erityisesti käytössä Japanissa, jossa paikallinen lainsäädäntö ei vielä salli UHF-alueen tunnisteiden käyttöä. Passiivisia tunnisteita käytettäessä 2,45 GHz tunnistusetäisyys on noin metrin ja aktiivisilla tunnisteilla voidaan saavuttaa jopa 10 metrin etäisyys. (Griffin & Williams 2005; Rinta-Runsala & Tallgren 2004)

Standardointiorganisaatio ISO:n standardi ISO 18000-4 määrittelee parametrit 2,45 gigahertsin mikroaaltotaajuudelle, joka on tarkoitettu pitkän kantaman sovelluksiin. Standardi määrittelee kaksi eri toimintatapaa, passiivisen (Mode 1) sekä aktiivisen (Mode 2). Passiivinen toiminta perustuu radioaaltojen takaisinsironnalle ja on lyhytkantoista, kun taas aktiivinen toiminta on pidemmän kantaman sovellus ja mahdollistaa nopeamman tiedonsiirtonopeuden tunnisteiden oman virtalähteen avulla. (Knospe & Pohl 2004)

3.5 Yhteenvetoa standardeista

Luvuissa 3.3 - 3.4.5 esiteltiin useita - muttei läheskään kaikkia - RFID-etätunnistusteknologiaan liittyviä standardeja. Pelkästään jo standardien monimuotoisuus kertoo RFID-markkinoiden tarpeesta kehittyä ja standardoida toimintaansa. Gerst ja Bunduchi (2005) kiteyttävät hyvin keskeisimmät ongelmakohdat: standardointiprosessin hitaus kysyntään verrattuna sekä tuottajamarkkinoiden sirpaleisuus. Näistä johtuen suurin osa RFID-kehityksestä tapahtuu vielä toistaiseksi sisäisinä pilottiprojekteina tai muutaman organisaation yhteisinä kokeiluina.

Standardien merkitys eri organisaatioille ja organisaatioiden jäsenille vaihtelee. Gerstin ja Bunduchin (2005) tutkimuksessa esitellään malli, josta nähdään eri standardoinnin osa-alueiden suhteet RFID-etätunnistusteknologian käyttäjiin. Mallissa on neljä eri käyttäjäkategoriaa: komponenttivalmistajat, järjestelmävalmistajat, konsultit ja loppukäyttäjät. Mallista nähdään selkeästi, että standardointi on kriittisessä asemassa useille eri käyttäjäryhmille, vaikka käyttäjäryhmät eivät aktiivisesti osallistuisikaan itse standardointiprosessiin. Kaikista standardoinnin osa-alueista kiinnostavin kaikkien osapuolien kannalta on taajuusalueiden sekä lukijoiden standardointi, koska ne vaikuttavat olennaisesti RFID-projektien maailmanlaajuisen käyttöönoton onnistumiseen.

4 YHTEENVETO

Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää, mitä radiotaajuinen etätunnistusteknologia on, sekä millaisia standardeja siihen liittyy, mihin niitä käytetään ja minkä tahon laatimia ne ovat.

Radiotaajuinen etätunnistus perustuu lukijoiden ja tunnisteiden väliselle vuorovaikutukselle. Radiotaajuinen etätunnistus nähdään usein pelkästään viivakoodien korvaajana, mutta itse asiassa radiotaajuinen etätunnistus avaa myös monia muita mahdollisuuksia, kuten esimerkiksi seurantaan ja pääsynvalvontaan liittyviä sovelluksia.

Nykyisin käytössä on ainakin neljällä eri taajuusalueella toimivia tunnisteita, joihin jokaiseen liittyy omat standardinsa, ominaisuutensa ja käyttökohteensa. Radiotaajuista etätunnistusta koskevat teknologiat ja standardit ovat jatkuvassa kehityksessä, mutta radiotaajuista etätunnistusteknologiaa hyödynnetään jo laajasti eri toimialueilla. Standardeja on lukumääräisesti kymmeniä aina yleisen tason määrityksistä erittäin yksityiskohtaisiin kuvauksiin käytettävästä teknologiasta. Kaikille standardoiduille taajuusalueille ei kuitenkaan ole vielä riittävästi standardeja ja kansainvälistä hyväksyntää, jotta niille voitaisiin kunnolla kehittää sovelluksia.

Radiotaajuiseen etätunnistukseen liittyviä standardeja ja toimialastandardeja kehittävät muun muassa standardointiorganisaatio ISO sekä kaupallinen organisaatio EPCglobal. Nämä organisaatiot sekä kilpailevat että täydentävät toisiaan RFID-etätunnistusteknologian standardikentällä. Tutkielmassa esitettiin myös, että muitakin alan tekijöitä on, ja tarve yhteiseen, kansainväliseen radiotaajuisten etätunnistusteknologian standardointiin on selkeä teknologian yleistymisen kannalta.

Radiotaajuinen etätunnistus yleistyy nopeasti. Vain riittäväällä standardikenttään perehtymisellä on mahdollista tehdä onnistuneita

tulevaisuuden ratkaisuja valittaessa organisaatioissa käytettäviä radiotaajuisen etätunnistuksen toteutusteknologioita.

Jatkotutkimusta radiotaajuisen etätunnistuksen aihepiiristä voisi tehdä useastakin eri näkökulmasta. Yksi näistä näkökulmista on tarkastella EPCglobal Network -standardiperhettä tarkemmin ja perehtyä sen toimintaperiaatteisiin – ja varsinkin sen käytännön toteutukseen. Tällainen tutkimus voisi hyvinkin palvella organisaatioita, jotka ovat harkitsemassa jakeluketjun tehostamista RFID-etätunnistusteknologian keinoin. Toinen mielenkiintoinen näkökulma on tarkastella asiaa kauempaa: laajemmin tunnistetekniikoiden näkökulmasta ja vertailla radiotaajuista etätunnistusta toisiin tunnistetekniikoihin. Muita potentiaalisia jatkotutkimuskohteita ovat muun muassa laajemmin kartoittamaton 433 megahertsin taajuusalue sekä nousussa oleva NFC-lähikenttäviestintä.

LÄHDELUETTELO

- Collins, J. 2004. Lost and Found in Legoland. Julkaisussa RFID Journal [online].
 Saatavilla: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/921/1/1/>
 (Viitattu: 30.12.2006)
- EPCglobal. 2004. The EPCglobal Network™: Overview of Design, Benefits, &
 Security. Saatavilla:
http://www.epcglobalinc.org/about/media_centre/Network_Security_Final.pdf (Viitattu: 4.3.2007)
- EPCglobal. 2006. EPCglobal Standards and Technology [online]. Saatavilla:
<http://www.epcglobalinc.org/standards/> (Viitattu: 4.3.2007)
- Finkenzeller, K. 2003. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in
 Contactless Smart Cards and Identification, 2nd edition. John Wiley &
 Sons.
- Fuhrer, P., Guinard, D. & Liechti, O. 2006. RFID: From Concepts to Concrete
 Implementation. University of Fribourg, Department of Informatics,
 Internal Working Paper no 06-01
- Gerst, M. & Bunduchi, R. 2005. Challenges in the adoption of RFID standards.
 Hyväksytty julkaistavaksi teokseen Santucci, G. & Frederix, F. (toim.)
 Strengthening Competitiveness through Production Networks – Results
 from ICT for business projects. Saatavilla:
<http://www.abdn.ac.uk/~cms152/adoption%20RFID%20standards%20-%20cluster%20book%20chapter%202005.PDF> (Viitattu: 9.11.2006)
- Griffin, S. & Williams, C. 2005. RFID Futures in Western Europe. Juniper
 Research [online]. Saatavilla:
<http://www.rfidjournal.com/whitepapers/11/2> (Viitattu: 25.12.2006)

GS1 Finland. 2006. GS1 Finland gs1 – Mitä GS1 on?. Saatavilla:

<http://www.ean-finland.fi/eankoodi/mitags1on.html> (Viitattu 3.1.2007)

Hassan, T. & Chatterjee, S. 2006. A Taxonomy for RFID. Teoksessa Watson, H.

(toim.) Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06) Track 8. Kauai, Hawaii, USA, January 4-7. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 1530-1605.

ISO 2004a. ISO/IEC 18000-1:2004 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN=34112> (Viitattu: 1.3.2007)

ISO 2004b. ISO/IEC 18000-2:2004 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN=34113> (Viitattu: 1.3.2007)

ISO 2004c. ISO/IEC 15961:2004 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN=30528> (Viitattu: 2.3.2007)

ISO 2004d. ISO/IEC 15962:2004 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN=30529> (Viitattu: 2.3.2007)

ISO 2004e. ISO/IEC 18000-7:2004 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN=37978> (Viitattu: 3.3.2007)

ISO 2004f. ISO/IEC 18000-6:2004 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN UMBER=34117> (Viitattu: 4.3.2007)

ISO 2004g. ISO/IEC 18000-3:2004 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN UMBER=34114> (Viitattu: 4.3.2007)

ISO 2005. ISO/IEC TR 24710:2005 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN UMBER=38820> (Viitattu: 2.3.2007)

ISO 2006a. ISO – General information about ISO technical committees [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/stdsdevelopment/tc/TC.html> (Viitattu: 3.1.2007)

ISO 2006b. ISO/IEC 18046-2:2006 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN UMBER=43174> (Viitattu: 1.3.2007)

ISO 2006c. ISO/IEC TR 18047-2:2006 [online]. International Organization for Standardization. Saatavilla:

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSN UMBER=41917> (Viitattu: 1.3.2007)

Knospe, H. & Pohl H. 2004. RFID Security. Information Security Technical Report 9(4), 39-50

- Koskela, M. 2006. Near Field Communication (NFC) – lyhyenkantaman radiotaajuinen etätunnistus. Tampereen teknillinen yliopisto, esiselvitys, versio 1.2. Saatavilla:
http://trc.pori.tut.fi/pubdocs/NFC_kitara_mkoskela.pdf (Viitattu: 3.3.2007)
- Kärkkäinen, M. 2006. RFID Logistiikassa. Helsinki University of Technology - Logistics Research Group, raportti.
- Paret, D. 2005. Technical State of Art of “Radio Frequency Identification – RFID” and implications regarding standardization, regulations, human exposure, privacy. Proceedings of the 2005 joint conference on smart objects and ambient intelligence: innovative context-aware services: usage and technologies. Grenoble, France. ACM International Conference Proceedings Series, Vol. 121.
- Phillips, T., Karygiannis, T. & Kuhn, R. 2005. Security standards for the RFID market. IEEE Security & Privacy Magazine 3(6), 85-89
- RFID Lab Finland. 2006. ISO on hyväksynyt Gen2 standardin lopullisesti. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/?1;2;;;217.html> (Viitattu: 9.11.2006)
- Riihelä, R. 2005. RFID-tekniikan hyödyntäminen toimitusketjun ja elinkaaren hallinnassa. Tampereen teknillinen yliopisto, Tiedonhallinnan diplomityö.
- Rinta-Runsala, E. & Tallgren, M. 2004. RFID-tekniikan hyödyntäminen asiakkuudenhallinnassa. VTT Tietotekniikka, tutkimusraportti TTE1 – 2004-30.
- Roberts, C.M. 2006. Radio frequency identification (RFID). Computers & Security 25(1), 18-26
- Scholliers, J. & Permala, A. 2006. Logistiikan RFID-tekniikakatsaus. Ajantasaisen liikenneinformaation tutkimus- ja kehittämisohjelma AINO,

Aino-julkaisu 30B/2006. Saatavilla:

http://www.aino.info/julkaisut/2_kuljinfo/aino_30B_2006_liiteraportti.pdf (viitattu: 30.12.2006)

Swedberg, C. 2006. China Endorses ISO 18000-8 433 MHz Standard [online].

Saatavilla: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/2807/1/1/> (viitattu: 3.3.2007)

Swedberg, C. 2007. Seven Companies Sign Up for Savi IP License [online].

Saatavilla: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/2966/1/1/> (viitattu: 3.3.2007)

Want, R. 2004. The Magic of RFID. *ACM Queue* 2(7), 41-48

Ward, M. & Kranenburg, R. 2006. RFID: Frequency, standards, adoption and innovation. *JISC Technology and Standards Watch*. Saatavilla:

http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/TSW0602.pdf (viitattu: 23.12.2006)