



RFID-laitteiston integroiminen älykkääseen kuormatilaan

Tuomo Leppäkoski

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2019

Automaatioteknologian koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Automaatioteknologia
Ylempi AMK-tutkinto

LEPPÄKOSKI TUOMO:
RFID-laitteiston integroiminen älykkääseen kuormatilaan

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Joulukuu 2019

Opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululle osana SeCLog-hanketta. Työn tarkoituksena oli kehittää kaupunkilogistiikan tarpeisiin ympäristöystävällisiä, energia- ja kustannustehokkaita toimintatapoja SeCLog-hankkeen tavoitteiden mukaisesti. Tämän työn tavoitteena oli toteuttaa eTruck-jakeluauton älykkääseen kuormatilaan soveltuva kollien tunnistusjärjestelmä hyödyntäen UFH RFID -teknologiaa. Työ tehtiin konstruktivisen tutkimuksen menetelmin yhdistämällä jo olemassa olevia teknologioita. Lisäksi työssä tehtiin kokeita jakeluauton kuormatilassa kollien tunnistustarkkuuden selvittämiseksi.

Työssä valittiin älykkääseen kuormatilaan soveltuva laitteisto, joka asennettiin eTruck-ajoneuvoon kokeita varten. Lukija toimi hyvin ja soveltuu älykkään kuormatilan konseptiin. Koetulosten perusteella havaittiin, että laitteen paikka kuormatilassa ei antanut riittävää tunnistustarkkuutta. Johtopäätöksenä todettiin, että lukijan sijaintia pitää muuttaa tulevissa kokeissa ja lisätä tarvittaessa kuormatilaan lukukenttää vahvistava lisäantenni.

Opinnäytetyössä pohditaan älykkään kuormatilan tuomia hyötyjä kuljetusten hiilijalanjäljen ja energia- sekä kustannustehokkuuden kannalta. Lisäksi työssä pohditaan älykkään kuormatilan välttämättömiä jatkokehitystarpeita. Niitä ovat muun muassa kollin tunnistustarkkuuden parantamiseksi tehtävät muutokset, sähköisen rahtikirjan hyödyntäminen tunnistustuloksien varmentamiseen sekä kollin painon ja tilavuuden määrittäminen suoraan pilvipalveluun.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree in Automation Engineering

LEPPÄKOSKI TUOMO:
Integration of an RFID Solution into Intelligent Cargo Space

Master's thesis 54 pages, appendices 1 page
December 2019

This thesis was carried out for Tampere University of Applied Sciences as part of the SeCLog-project. The purpose was to develop environmentally friendly, energy and cost-efficient operational models for the needs of city logistics. The goal was to integrate a parcel identification solution into a delivery truck by utilizing UHF RFID technology. The solution was made to be part of the intelligent cargo space of a fully electrical eTruck-vehicle. This study was done using constructive research methods by combining already existing technologies. Field tests were carried out in the cargo space of the delivery truck to determine the accuracy of the identification solution.

The study involved selecting and installing RFID reader/writer hardware suitable for the intelligent cargo space the eTruck. Based on the results, it was noticed that the position of the reader did not provide enough identification accuracy. In conclusion, the reader should be repositioned for the future tests and if necessary, an additional antenna should be installed.

A discussion is also provided on the benefits of a smart cargo space in terms of carbon footprint and energy and cost-efficiency. In addition, the essential needs for further development of the intelligent cargo space are considered. These include changes to improve the accuracy of parcel identification, utilizing an electronic waybill to validate identification results and determining the weight and volume of a parcel in cargo space and sending data to cloud a service.

Key words: RFID, Delivery, Logistics, Intelligent, Cargo space

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	Konstruktivinen tutkimusmenetelmä.....	9
3	Logistiikka	10
	3.1.1 Toimitusketjun hallinta	10
	3.1.2 Citylogistiikka ja ympäristövaikutukset.....	12
	3.1.3 Kuorma-auto jakelulogistiikassa	12
	3.2. IoT	13
	3.2.1 Havaintokerros	14
	3.2.2 IoT Edge.....	14
	3.2.3 Verkkokerros	14
	3.2.4 Palvelukerros.....	15
	3.3. IoT-sovellutukset jakelulogistiikassa	16
4	RFID ja kollien tunnistusteknologiat.....	17
	4.1.1 RFID-laitteisto.....	17
	4.1.2 Työturvallisuus.....	18
	4.2. RFID-tunnistuksen toimintaperiaatteet	19
	4.2.1 Passiivinen tunniste.....	19
	4.2.2 Puoliaktiivinen tunniste	21
	4.2.3 Aktiivinen tunniste.....	21
	4.2.4 EPC Gen 2 -standardin tunnisteluokat	23
	4.2.5 RFID-lukijan ja tunnisteen välinen kommunikointi	23
	4.2.6 UHF RFID -tunnisteen muistin rakenne.....	24
	4.2.7 EPC- tai Ull-dataformaatti	25
	4.2.8 Haasteet RFID-tunnistuksessa	26
	4.3. RFID-sovellutuksia	27
	4.3.1 RFID-portti.....	27
	4.3.2 RFID-teknologia ja esineiden internet.....	28
	4.4. Muita kollin tunnistamiseen soveltuvia teknologioita	28
	4.4.1 Viivakoodi	28
	4.4.2 WiFi wireless tags.....	29
	4.4.3 Aktiivinen RFID-tunniste	29
	4.4.4 Bluetooth low energy beacon	30
5	Kollin painon ja tilavuuden määrittäminen.....	31
6	eTruck- jakeluauton esittely	32
	6.1. Wapice IoT-Ticket	33
	6.2. RFID-laitteen valinta.....	33

6.3. SICK RFU630	34
6.3.1 Laitteen spesifikaatiot	36
6.3.2 Järjestelmän testaus.....	37
6.3.3 Ensimmäinen koekäyttö	38
6.3.4 Kollien määrän ja etäisyyden vaikutus lukutarkkuuteen	39
6.3.5 Toinen koekäyttö	40
7 POHDINTA	41
7.1. Tuloksien pohdinta	42
7.2. Älykkään kuormatilan kehityskohteet	43
7.2.1 Sähköisen kuormakirjan hyödyntäminen pilvipalvelussa	43
7.2.2 RFID-virtakytkin	44
7.2.3 Lastaustoiminnan muutos.....	44
7.2.4 Kollien painon ja tilavuuden määrittäminen	45
7.2.5 Varmistus	46
7.3. Eettinen pohdinta	46
7.4. Tutkimusmenetelmän hyödyntäminen opinnäytetyössä	47
8 Yhteenveto.....	48
LÄHTEET	49
LIITTEET:Liite 1. SeCLog-hankkeen tiivistelmä.....	54

LYHENTEET JA TERMIT

ASCII	Tietokoneiden käyttämä merkistö, joka sisältää 128-merkkiä.
ASK	Amplitude-Shift Keying
Beacon	Lähetin, joka välittää sisältämänsä tietoa ympärilleen.
Bluetooth	Radioaaltoihin perustuva tiedonsiirtotekniikka
Case	Tapaus, käytetään erilaisien esimerkkien ja kokonaisuuksien rajaamiseen.
dBm	Desibeli milliwatti
EPC	Electronic Product Code
Heksa	Desimaalijärjestelmä, jonka kantaluku on 16
ICT	Information and Communication Technology
IoT	Internet of Things
Kolli	Logistiikkaan liittyvä termi, joka tarkoittaa kuljetettavaa yksikköä.
PaaS	Program as a Service
PIE	Pulse interval encoding
RFID	Radio Frequency Identification
SaaS	Software as a service

SeCLog	Smart electric CityLogistics
UHF	Ultra High Frequency
UII	Unique Item Identifier
Wi-Fi	Wireless Fidelity tai Wireless Local Area Network

1 JOHDANTO

Tampereen ammattikorkeakoulu toteuttaa EU-rahoitteista SeCLog-hanketta, jonka tarkoituksena on kehittää ympäristöystävällisiä, energia- ja kustannustehokkaita toimintamalleja kaupunkilogistiikan tarpeisiin. Hanke on jaettu neljään työpakettiin. Näistä kolmannen työpaketin keskeinen osa on Case Niinivirta, jossa kehitetään älykäs kuormatila jakeluautoon. Hankkeen kehitysalustana käytetään Tampereen ammattikorkeakoulun kehittämää täysin sähköistä eTruck jakeluautoa, jota Niinivirta Oy liikennöi. SeCLog-hankkeessa älykkäälle kuormatilalle on asetettu tavoitteeksi tunnistaa paketti ja määrittää sen paino, muoto ja tilavuus. SeCLog-hankkeen tiivistelmä on työn liitteenä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää älykkääseen kuormatilaan soveltuva paketin tunnistusjärjestelmä hyödyntäen RFID-radiotunnistusteknologiaa. Työssä edetään konstruktivisen tutkimuksen menetelmin valitsemalla, yhdistämällä ja testaamalla jo olemassa olevia teknologioita. Lisäksi tehdään kokeita eTruck jakeluauton kuormatilassa lukijan tunnistustarkkuuden ja järjestelmän toimivuuden selvittämiseksi.

Opinnäytetyössä pohditaan kollin painon ja tilavuuden määrittämistä älykkäässä kuormatilassa vaaka- ja konenäköratkaisun avulla sekä kuinka sähköistä kuormakirjaa voidaan hyödyntää Wapice IoT-Ticket -pilvipalvelussa kollin tunnistukseen ja seurantaan. Työssä arvioidaan myös kehitettyjen ratkaisujen vaikutusta rahdinkäsittelyn kustannustehokkuuteen ja sen hiilijalanjälkeen.

Työn teoriaosuudessa käsitellään logistiikkaa, esineiden internetiä ja RFID-teknologiaa. Näin lukijalle muodostuu tarpeeksi kattava teoreettinen viitekehys kokeellisen osuuden ja pohdinnan tueksi. Työn kokeellisessa osuudessa tehdään kokeita valitulla RFID-laitteistolla ja arvioidaan saatuja tuloksia. Pohdintaosuudessa tehdään kokeiden perusteella johtopäätöksiä tunnistusratkaisun jatkokehitystarpeista. Tässä osuudessa esitetään myös muita älykkään kuormatilan jatkokehityskohteita kuten painon ja tilavuuden määrittäminen. Lopuksi esitetään työn yhteenveto.

2 Konstruktiivinen tutkimusmenetelmä

Tässä opinnäytetyössä käytetään konstruktiivista tutkimusmenetelmää. Sitä sovelletaan, kun halutaan kehittää ratkaisu johonkin konkreettiseen ongelmaan uuden konstruktion avulla. Konstruktioksi voidaan luokitella mikä tahansa ihmisen kehittämä luomus. Tämä menetelmä muistuttaa tuotekehitysprosessia. Menetelmän soveltamista tähän opinnäytetyöhön käsitellään työn kappaleessa 7.4. (Lukka 2001.)

Tavanomainen prosessi konstruktiivisessa tutkimuksessa on:

- Ongelma
- Syvällisen teoreettisen ja käytännöllisen tiedon hankkiminen tutkimuksen ja kehittämisen kohteesta
- Ratkaisujen laatiminen
- Ratkaisun toimivuuden testaus ja konstruktion oikeudellisuuden osoittaminen
- Ratkaisussa käytettyjen teoriakytkentöjen näyttäminen ja ratkaisun uutuusarvon osoittaminen
- Ratkaisun soveltuvuusalueen laajuuden tarkastelu.

(Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015.)

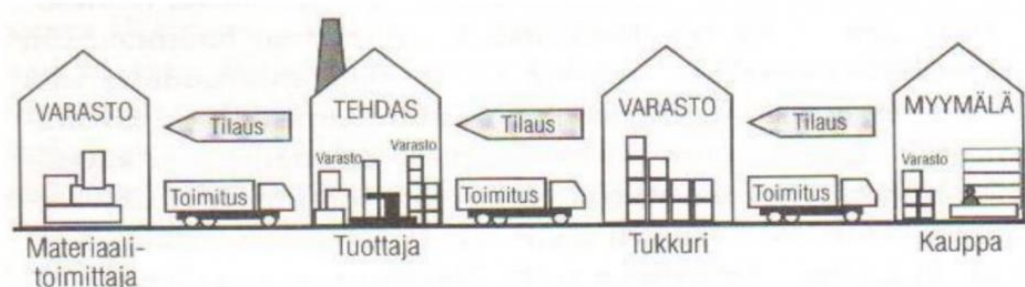
3 Logistiikka

Tässä jaksossa käsitellään logistiikkaa ja siihen liittyviä osa-alueita sekä niiden ympäristövaikutuksia. Näin opinnäytetyön lukijalle muodostuu viitekehys SeCLog-hankkeen ja eTruck-ajoneuvon toimintaympäristöstä.

Logistiikka tarkoittaa materiaalivirtojen suunnitelmallista siirtoa raaka-aine toimittajalta aina kuluttajille asti. Yksi sen ohjauksen tärkeimmistä tavoitteista on toimitusaikataulujen täsmällisyys, jotta toimitus on oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Logistiikka pyrkii minimoimaan kuljetuskustannukset ja kuljetuksista aiheutuvat haitalliset ympäristövaikutukset sekä turvallisuusriskit. Logistiikkaan kuuluu kuljetuksien lisäksi myös materiaalien varastointi ja materiaalivirtoihin liittyvät tieto- ja rahaliikenne. (Tapaninen 2018, 21.)

3.1.1 Toimitusketjun hallinta

”Tavaroiden kuljetusketjusta puhutaan usein nimellä toimitusketju” (Tapaninen 2018, 21). Toimitusketjun hallinnan tehtävänä on parantaa yrityksen kilpailukykyä optimoimalla toimitukset siten, että voidaan vastata asiakkaan tarpeisiin yhdessä sovitulla tasolla. Kilpailukykyyn parantamiseksi toimitusketjun kustannukset pyritään minimoimaan ja laatu maksimoimaan. Automatisoimalla rahdinkäsittelyä RFID- ja IoT-tekniikan avulla parannetaan toimitusketjun tehokkuutta vähentämällä fyysisen työn tarvetta ja virheiden määrää. IoT mahdollistaa järjestelmän kytkemisen internetiin, jossa RFID-dataa voidaan analysoida esim. pilvipalvelussa. Kuviossa (1) on esitetty perinteinen toimitusketju. (RFID 2019; Toimitusketju ja kilpailukyky 2019.)



Kuvio 1. Toimitusketju (Logistiikka ja toimitusketju 2019)

Toimitusketjun hallinnan haasteet muodostuvat usein logistiikan sisäisistä tekijöistä, jotka voivat olla ristiriidassa keskenään.

Kuviossa (2) on esitetty erilaisia ristiriitatilanteita.

Rivi 1: Laaja valikoima sitoo paljon pääomaa ja sen negatiivinen vaikutus syö laajan valikoiman hyvää tulosta.

Rivi 2: Suuret eräkoot sitovat paljon pääomaa varastoon, jonka negatiivinen vaikutus heikentää tuotannon alentuneista kustannuksista saatavaa hyötyä.

Rivi 3: Edellä olevat ristiriidat johtavat yrityksen tilanteeseen, jossa valikoima ja varastojen koko täytyy pitää maltillisena. Haittapuolena voi olla kuljetuskustannuksien nousu, koska tuotteiden lähetyskoot ja -taajuudet eivät ole optimaalisia. Kuitenkin pienempi sitoutunut pääoma saattaa johtaa kokonaiskustannuksien alenemiseen. Yhdeksi tärkeimmistä taidoista toimitusketjun hallinnassa nouseekin kokonaisuuden näkeminen ja seuraaminen. (Toimitusketju ja kilpailukyky 2019.)



Kuvio 2. Ongelmatilanteita logistiikassa (Toimitusketju ja kilpailukyky 2019)

Toimitusketjun hallinta vaatii hyvää tiedonkulkua yrityksen sisällä ja sen asiakasyrityksen välillä, jotta pystytään vastamaan toimitusehtoihin. Kuljetuksien reaaliaikainen seuranta antaa asiakkaalle mahdollisuuden reagoida lähetyksen viivästymiseen ja siten vähentää sen vaikutusta omaan toimintaansa. (Toimitusketju ja kilpailukyky 2019; TIEKE 2019.)

3.1.2 Citylogistiikka ja ympäristövaikutukset

Citylogistiikka eli kaupunkilogistiikka muodostuu kaupunkijakelusta ja huoltoliikenteestä, jotka ovat kaupungeissa asumisen edellytyksiä. Näiden ympäristövaikutuksia ovat melu, ilmansaasteet ja liikenneuhkat. Aiheutuvia haittoja vähennetään kellonaika-, päästö- ja kalustorajoituksilla sekä tehostamalla jakelutoimintaa. Oman haasteensa kaupunkilogistiikkaan tuo sen liikenteen monimuotoisuus. Näistä kuormittavimpia ovat liikkeiden asiointiliikenne, huoltoliikenne, posti- ja kuriiripalvelut sekä kaupunkijakelu ja -keräily. Suurimmat kuljetusmäärät ovat liikkeisiin kohdistuvalla jakelulogistikalla ja yleisellä jätehuoltoliikenteellä. (Tapaninen 2018, 72.)

3.1.3 Kuorma-auto jakelulogistiikassa

Kuorma-autolla tarkoitetaan ajoneuvoa, joka on tarkoitettu tavaran kuljettamiseen. Lakisääteisesti kuorma-autoista puhutaan, kun sen kokonaismassa ylittää 3500 kg. Lisäksi kuorma-autot jaetaan kahteen eri luokkaan: N2 ja N3. Luokassa N2 kokonaismassa saa olla maksimissaan 12 tonnia, ja luokassa N3 kokonaismassa on yli 12 tonnia. Tavaroiden kuljetusta on säännelty globaalisti tieliikenteen turvallisuuden ja tieverkostojen toimivuuden vuoksi. Sääntelyllä tasoitetaan myös eri lähtökohdista toimivien logistiikkayrityksien kilpailukykyä. (Maantiekuljetuksien kalusto 2019.)

Suomen yleisin tavarankuljetusmuoto on kuorma-auto. Tähän on syynä muun muassa Suomessa laajalle alueelle jakautunut asutus ja teollisuus sekä kuorma-auto kuljetuksien helppous. Lisäksi autolla rahti on mahdollista toimittaa suoraan lähettäjältä vastaanottajalle. Kuljetustyypit voidaan jakaa seuraavasti: ”esi- ja jälkikuljetukset, runko- ja siirtokuljetukset, nouto- ja jakelukuljetukset” (Maantiekuljetus 2019). (Maantiekuljetuksien kalusto 2019.)

Kuorma-auton ympäristövaikutuksista suurimpia ovat pakokaasupäästöt ja melu, joiden haitat korostuvat tiheästi asutuilla alueilla. Tieliikenteen päästöistä noin 40 % muodostuu raskaanliikenteen ja työkoneiden käytöstä. Sähköiset kuorma-autot haastavat perinteiset kuorma-autot positiivisesti erityisesti juuri näillä ympäristövaikutuksien osa-alueilla. Kuvassa (1) on esitetty Tampereen ammattikorkeakoulun eTruck-ajoneuvo. (Motiva 2018; Niinivirta Oy 2019.)



Kuva 1. eTruck-ajoneuvo

3.2. IoT

Digitalisaatio on ICT-tekniologioiden (information and communication technology) kehittymisen myötä syntynyt kattotermi, jonka alle asettuu keskeisesti internet ja sen mahdollistamat erilaiset sovellutukset. Esimerkkejä näistä sovellutuksista ovat verkkokaupat, pikaviestintäpalvelut, sosiaalinen media ja IoT. (Digitalisaatio 2019.)

IoT eli esineiden internet on järjestelmä, joka on suunniteltu yhdistämään fyysinen ja digitaalinen maailma. Yhdistäminen tapahtuu keräämällä digitaalista dataa fyysisestä järjestelmästä erilaisilla tunnistimilla ja antureilla. Kerätyn datan pohjalta voidaan luoda esimerkiksi käyttäjälle intuitiivisia kojelautanäkymiä ja hallintatyökaluja. (Xiaolin, Quanyuan, Taihua & Quanshui 2012.)

IoT-järjestelmä jaetaan kolmeen kerrokseen. Ne ovat havaintokerros, verkkokerros ja palvelukerros. Eri kerrokset on esitetty kuviossa (3).

(Xiaolin, Quanyuan, Taihua & Quanshui 2012.)

3.2.1 Havaintokerros

Havaintokerros on IoT-järjestelmän ensimmäinen ja tärkein kerros. Se on rajapinta, jossa data kerätään antureiden, kameroiden ja tunnistimien avulla toimintaympäristöstä ja muutetaan digitaaliseen muotoon. Tämän jälkeen data siirretään seuraavaan kerrokseen. (Xiaolin, Quanyuan, Taihua & Quanshui 2012.)

3.2.2 IoT Edge

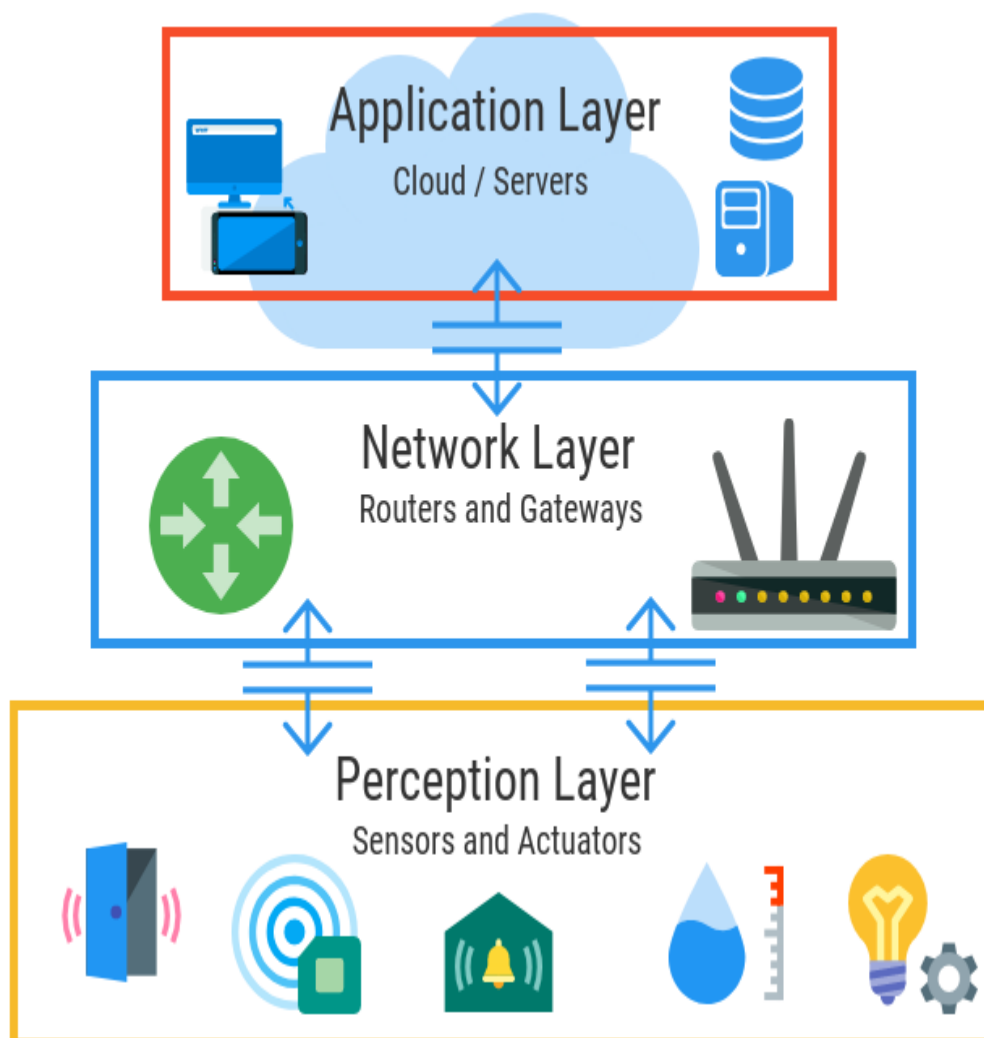
IoT Edge hyödyntää havaintokerroksessa muodostuvaa dataa analysoiden ja laskien sitä. Tämä mahdollistaa päätöksien tekemisen nopeasti lähellä havaintokerrosta siirtämättä dataa palvelukerrokseen. Edge-laskennan hyvä puoli on, että se siirtää palvelukerrokseen vain tarpeellisen datan. Näin vältetään turhalta datan siirtelyltä, mikä vähentää järjestelmän viivettä. (Rokka 2018.)

3.2.3 Verkkokerros

Verkkokerroksen tarkoitus on siirtää dataa ja luoda tietoturvallinen ja luotettava verkkoyhteys kerroksien välille. Kerroksesta käytetään myös nimitystä siirtokerros. Verkkokerroksessa data siirretään liityntäverkkoon, joka voi olla esimerkiksi GSM, 4G tai WiFi. Liityntäverkosta data siirtyy internettiin tai yrityksen omaan verkkoon. Liityntäverkko toimii siis yhdyskäytävänä, jonka avulla data siirretään lokaalista verkosta globaaliin verkkoon. (Xiaolin, Quanyuan, Taihua & Quanshui 2012.)

3.2.4 Palvelukerros

Tietojenkäsittely ja sovelluspalvelut tapahtuvat palvelukerroksessa. Tietojenkäsittelyssä data siirtyy globaalista verkosta esim. pilvipalvelimelle, jossa datalle tehdään tarvittavat käsittelyt. Tähän on olemassa paljon keinoja, joista täytyy valita kyseiseen järjestelmään sopivimmat vaihtoehdot. Sovelluspalveluissa tietojenkäsittelystä saatu data muutetaan käyttäjäystävällisempään muotoon esimerkiksi upottamalla informaatio sovelluksen kojelautanäkymään tai siirtämällä informaatio suoraan yrityksellä entuudestaan olevaan tietojärjestelmään. (Xiaolin, Quanyuan, Taihua & Quanshui 2012.)



Kuvio 3. IoT:n kerrokset (NetBurner 2019)

3.3. IoT-sovellutukset jakelulogistiikassa

Logistiikassa esineiden internetistä sovelletaan tällä hetkellä erityisesti paikannustietoja, mikä mahdollistaa ajoneuvojen ja tuotteiden reaaliaikaisen seurannan. Siitä pystytään johtamaan toimituksessa olevan tuotteen tarkempi toimitusajankohta. Logistiikassa pyritään myös minimoimaan toimitettavien kollien vaurioituminen. Mahdollisten vaurioiden syyn ja tapahtumapaikan selvittämiseksi voidaan kerätä tietoja kuormasta kuljetuksen aikana esimerkiksi kiihtyvyy-, kosteus-, lämpötilanatureilla sekä määrittää ajoneuvon sijainti. Yhdistämällä antureilla kerätty data paikkatietoihin voidaan päätellä, missä toimitusketjun osassa kolli on mahdollisesti vaurioitunut. Tarvittaessa pystytään myös seuraamaan kuormatilan tai kontin ovia ja selvittämään, milloin ne on avattu ja suljettu. Kaikkea ei tarvitse seurata välttämättä reaaliaikaisesti vaan tietoja voidaan kerätä palvelimelle ja hyödyntää tarvittaessa lokitietoina. (Esineiden Internet 2019.)

Lisähyötyä saadaan seuraamalla kaluston kuntoa reaaliaikaisesti, jolloin voidaan arvioida ajoneuvojen huollon tarvetta ja sen ajankohtaa. Huoltohistoria on myös helposti saatavilla, josta selviää huoltojen ajankohdat ja kuka ne on tehnyt. Näin voidaan vähentää kaluston rikkoutumisen vaaraa kesken ajon. (Esineiden Internet 2019.)

4 RFID ja kollien tunnistusteknologiat

Tämä kappale käsittelee RFID-teknologiaa ja muiden soveltuvien tunnistusteknologian vertailua. RFID-tekniikasta annetaan perustieto, joka mahdollistaa tekniikan soveltamisen työn kokeellisessa osuudessa. Vertailun perusteella validoidaan RFID-teknologian käyttäminen.

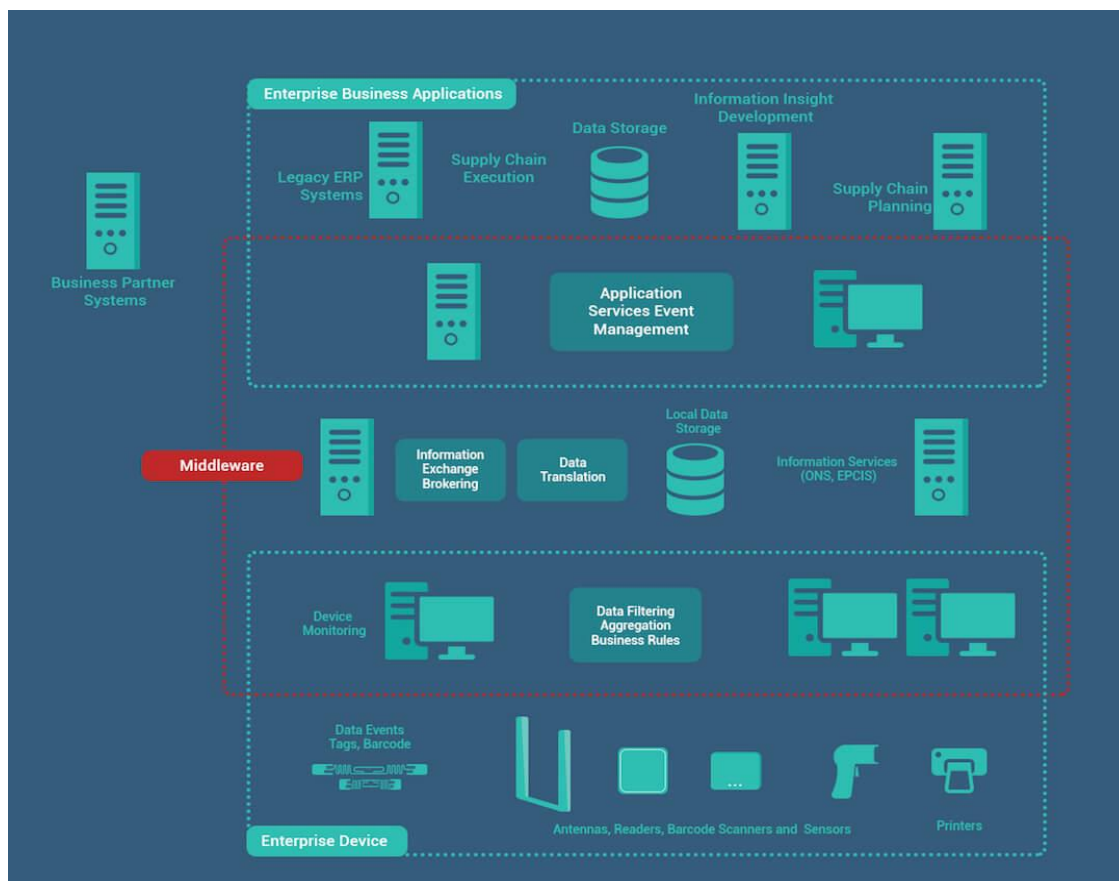
Lyhenne RFID on peräisin englanninkielisistä sanoista Radio Frequency IDentification. Tässä menetelmässä RFID-tunniste tunnistetaan radioaaltojen avulla. Tämä mahdollistaa tunnistamisen, vaikka tunniste ei ole näkyvässä (vrt. viivakoodi). Tämän teknologian huomattava etu on sen helppo liitettävyyys IoT-ratkaisuihin ja sen laajat käyttömahdollisuudet. (American Barcode and RFID 2019.)

4.1.1 RFID-laitteisto

RFID-järjestelmä koostuu kolmesta osasta: lukijalaitteesta, antennista ja tunnisteesta. Lukijalaitteen tehtävä järjestelmässä on toimia kommunikointilaitteena RFID-tunnisteen ja tietojärjestelmän välissä. Lukija tunnistaa antennin välityksellä RFID-tunnisteen ja tarvittaessa myös aktivoi sen. Lisäksi se lukee tunnisteen sisältämän datan ja tarvittaessa muokkaa sitä. Antenni muodostaa yhteyden lukijalaitteen ja tunnisteen välille. Sen valinta on kriittinen järjestelmän toiminnan ja luotettavuuden kannalta. Antennin valinnassa täytyy huomioida myös maakohtaiset sovitut taajuusalueet. Tunniste on tunnistettavaan kappaleeseen liitettävä tarra tai laite, jonka muistissa on tunnistamiseen tarvittavat tiedot. (AtlasRFIDstore 2019.)

RFID-järjestelmän lukija ja antenni voi muodostaa myös integroidun laitteen, jolloin järjestelmään ei tarvitse asentaa ulkoisia antennia. Integroidusta laitteesta saadaan seuraavat edut: tilaa säästyy, asennus on yksinkertaisempi ja johtojen tarve on pienempi. (RFID4USTORE 2019.)

Väliohjelmistolla on tärkeä rooli RFID-järjestelmässä. Sen tehtävänä on siirtää järjestelmän keräämä data eteenpäin yrityksen muihin järjestelmiin kuten palvelimille. Sieltä dataa voidaan hyödyntää muissa käyttöympäristöissä. Väliohjelmistolla voidaan hallinnoida myös useampia hajautetusti asennettuja lukijalaitteita. Ohjelmisto muuttaa lukijalta saadun datan formaattia ja suodattaa sen ymmärrettävään muotoon. Väliohjelmiston sijainti järjestelmässä on esitetty kuviossa (4). (RFID Middleware Introduction 2019.)



Kuvio 4. RFID-väliohjelmisto (RFID Middleware Introduction 2019)

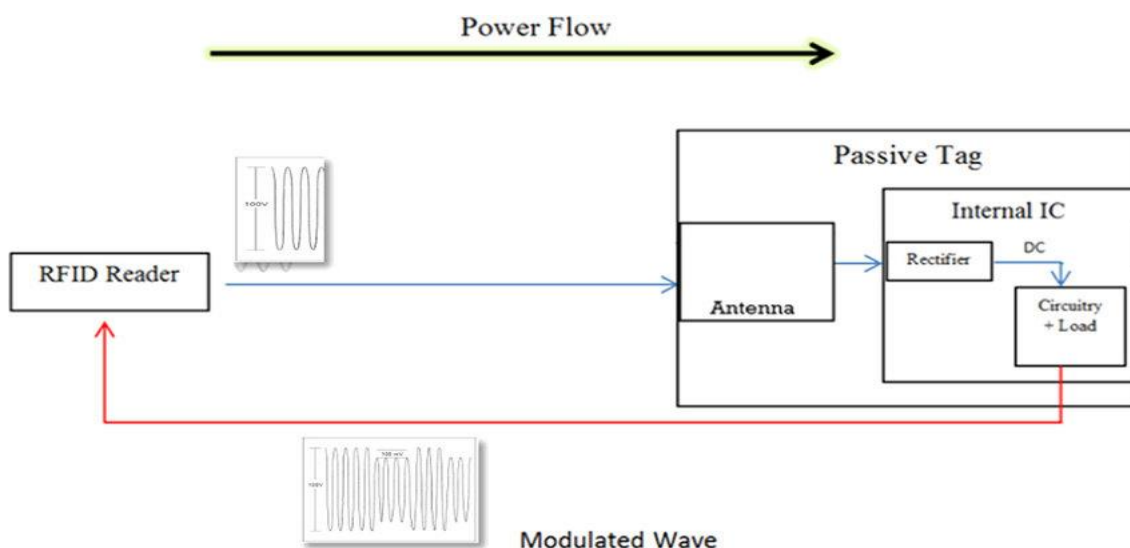
4.1.2 Työturvallisuus

Vaikka radiosäteilyn määrät ovat pieniä, Ranskan ympäristö- ja työterveysturvallisuusvirasto (AFSSET) kehottaa käyttämään 20 cm turvaväliä lukijaan. Lisäksi tutkimuksen alla on ollut RFID-teknologian muodostama elektromagneettinen kenttä. Tutkijat selvittävät myös radioaaltojen vaikutusta lääketieteellisiin laitteisiin. Laboratorio-olosuhteissa on havaittu, että vaikutusta voisi olla esimerkiksi sydämentahdistimiin. Kuitenkaan yhtään todellista tapaturmaa ei ole tiedossa. (Simplot-Ryl & Mitton 2011.)

4.2. RFID-tunnistuksen toimintaperiaatteet

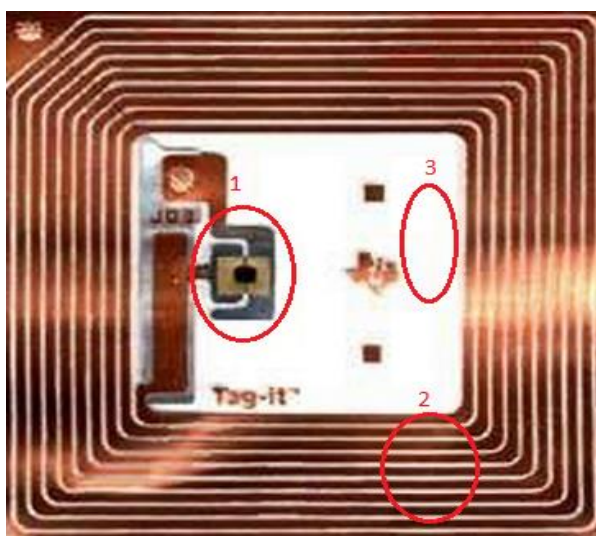
4.2.1 Passiivinen tunniste

Passiivinen RFID-tunniste sähköistää itsensä lähettimen radiosignaaleista, joten se ei tarvitse erillistä virtalähdettä. Tunnisteen ja vastaanottimen välisessä kommunikoinnissa tunnisteen antenni vastaanottaa radiosignaalin ja ohjaa sen tunnisteen mikropiiriin. Tämän jälkeen mikropiiri kopioi muistissaan olevat tunnistetiedon lähtevään radiosignaaliin, jonka lukijan vastaanotin tunnistaa. Passiivisen RFID-tunnisteen toiminta on esitetty kuviossa (5). (Tanim 2016.)



Kuvio 5. Passiivisen RFID-tunnisteen toimintaperiaate (Reza 2015)

Kuvassa (2) on esimerkki passiivisen RFID-tunnisteen rakenteesta ja muutamista sen komponenteista.



1. Mikropiiri
2. Antenni
3. Alusta esim. paperi tai muovi

Kuva 2. Passiivinen RFID-tunniste (Das 2014)

Yleisesti käytettyjä tunnisteita ovat niin sanotut inlay-tunnisteet, joita saa joko liimapinnalla (wet) tai ilman (dry). Liimapinnalla varustettuja tunnisteita käytetään tarrojen tavoin, kuivia puolestaan voidaan sijoittaa esimerkiksi laatikoiden sisään tai tuotteen taskuihin. Kuvassa (3) on esimerkki wet inlay -tyyppisestä tunnisteesta. Inlay-tunnisteita voi ostaa yksittäin, arkeissa tai rullissa. (SkyRFID Inc 2019.)



Kuva 3. Wet inlay -tunniste (Rfidhy 2019)

Esimerkkikuvassa (4) on esitelty passiivinen RFID-tunniste, joka on yhdistetty pulttiin. Tämän tyylistä sovellutusta voidaan käyttää esimerkiksi koneiden kokoonpanolinjoilla.



Kuva 4. Ruuvin mallinen RFID-tunniste (TSP.RFID 2019)

4.2.2 Puoliaktiivinen tunnistus

Toimintaperiaate puoliaktiivisessa tunnistuksessa on hyvin samanlainen kuin passiivisella RFID-tunnistuksella, joten sen lukuetaisyys on myös samoin sidoksissa lukijan ominaisuuksiin. Erona passiiviseen tunnistukseen on se, että siihen on lisätty paristo, jonka ansiota tunnistukseen voidaan liittää esimerkiksi anturi. Näin voidaan kerätä myös anturidataa tunnistuksen avulla. (Miller 2019.)

4.2.3 Aktiivinen tunnistus

Aktiiviset tunnistukset voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: jatkuvasti lähetäviin, signaaliin vastaaviin (transponding) ja älykkäisiin tunnistuksiin.

Jatkuvasti lähetävässä tunnistuksessa (engl. Beacon) oleva paristolla toimiva lähetin lähettää salattuja tunnistetietojaan jatkuvasti 100 ms - 5 s välein lukijalle. Lähetystaajuus on maantieteellisesti määrätty, ja sen täytyy olla välillä 433 - 900 MHz. Euroopassa kyseinen taajuus on 868 MHz. (The Complete Active RFID Overview 2018.)

Signaaliin vastaavan tunnistuksen lähetin ei lähetä tunnistetietojaan jatkuvasti vaan kuuntelee lukijaa. Kun lukijalaite kutsuu tunnistetta, paristoilla toimiva lähetin lähettää tunnistetiedot lukijalle. Tämä toiminto säästää virtaa jatkuvasti lähetävään tunnistukseen verrattuna ja tunnistuksen toiminta-aika on siten huomattavasti pidempi. (The Complete Active RFID Overview 2018.)

Älykkään tunnistuksen toiminta on hyvin samankaltainen kuin transponoivan tunnistuksen. Erona on se, että älykäs tunnistus aktivoituu määräajoin ja kuuntelee ennalta määrättyjä lähetimiä. Tunnistus osaa laskea oman sijaintinsa näiden lähettämien signaalien perusteella. Se liittää lähettämäänsä signaaliin tunnistetietojen lisäksi myös sijaintitietonsa. (The Complete Active RFID Overview 2018.)

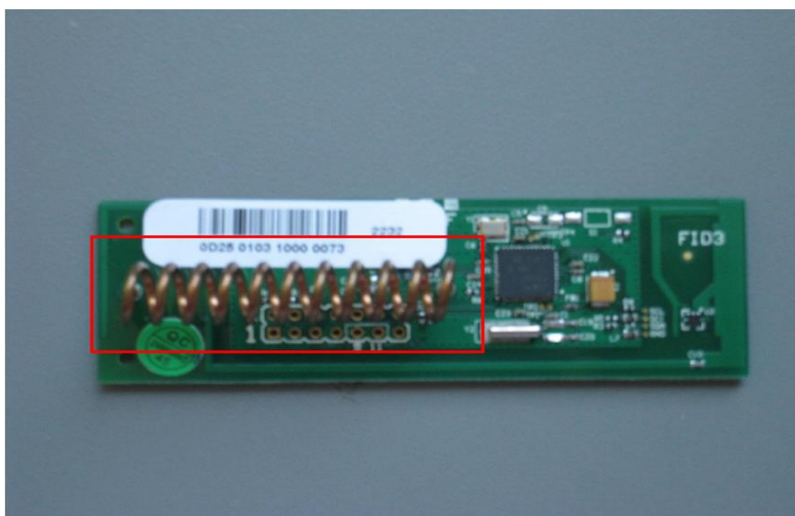
Kuvassa (5) on eräs aktiivinen RFID-tunniste. Siitä nähdään, että tunniste on suunniteltu suojaamaan sisältämäänsä elektroniikkaa mahdollisimman hyvin.

FCC ID: N74-OMNIP400 IC: 10366A-OMNIP400



Kuva 5. Aktiivinen RFID-tunniste ulkoa (OMNIP400 Active RFID Security Tag External Photos Omni-ID USA 2019)

Kuvassa (6) on edeltävän aktiivisen tunnisteeseen elektroniikka ja siitä on korostettu tunnisteeseen antenni.



Component Side Internal Photograph - Coil Antenna Shown inside Red Box

Kuva 6. Aktiivinen RFID tunniste sisältä (OMNIP400 Active RFID Security Tag Teardown Internal Photos 2019)

4.2.4 EPC Gen 2 -standardin tunnisteluokat

RFID-tunnisteiden luokkia käytetään tunnisteen tyyppin määrittämiseen tunnistetta luettaessa tai kirjoittaessa. Tunnisteluokat ovat seuraavat:

Luokka 1: Tunniste on yksinkertainen takaisin heijastava passiivinen tunniste, joka on vain kerran kirjoitettavissa ja sen sisältö on pysyvä.

Luokka 2: Tunniste on passiivinen takaisin heijastava tunniste, jossa on kirjoitettavaa muistia 65 kilotavuun asti.

Luokka 3: Tunniste on puoliaktiivinen takaisin heijastava tunniste, jossa lukumuistia on aina 65 kilotavuun asti ja siinä on paristo.

Luokka 4: Tunniste on aktiivinen tunniste, joka on varustettu sisäänrakennetulla paristolla ja sen avulla toimivalla mikropiirillä. Se sisältää radiolähtetimen ja pystyy lähettämään signaalin takaisin lukijalle.

Luokka 5: Tunniste on aktiivinen tunniste, joka pystyy kommunikoimaan muiden luokkaan 5 kuuluvien tunnisteen ja laitteiden kanssa sekä muodostamaan tarvittaessa tilapäisiä verkkoja niiden kanssa. (Roberti 2010.)

4.2.5 RFID-lukijan ja tunnisteen välinen kommunikointi

RFID-lukijan kommunikointi muodostuu kolmesta vaiheesta, jotka ovat binäärikoodaus, radioaallon modulointi ja radioaaltojen törmäyksenesto. ISO 18000-6C -standardi määrittää, että tunnisteeseen päin koodaus tehdään Pulse Interval Encoding -menetelmällä (PIE) ja lukijaan päin Miller Encoded Subcarrier- tai Bi-Phase Space Coding -menetelmillä. Modulaatiossa käytetään Amplitude – Shift Keying -menetelmää (ASK). Törmäyksenestomenetelmänä käytetään Q-Algorithmia. (UHF RFID Tag Communications: Protocols and Standards 2016.)

4.2.6 UHF RFID -tunnisteen muistin rakenne

11 USER

Tämä muistiosio on käyttäjän vapaassa käytössä. Se sisältyy tunnisteesiin, joissa on erikseen mainittu käyttäjälle varatusta muistista. Sen koko vaihtelee yleensä 512 bitistä 8000 bittiin. Tähän osioon voi tallentaa esimerkiksi lokeja tai muuta dataa. (EPC Gen2 Memory 2019.)

10 TID

Tämä muistiosio sisältää tunnisteen uniikin tunnistuskoodin, jota ei voida muuttaa tai poistaa (EPC Gen2 Memory 2019).

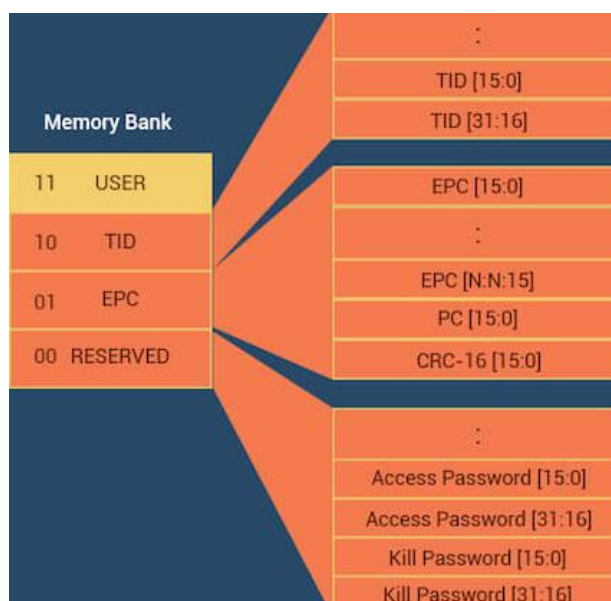
01 EPC

EPC-muistiosio sisältää 16-bittisen CRC-16 ja PC-osion sekä 96 – 496-bittisen EPC- tai UII-koodin. CRC-16 osion tehtävä on tunnistaa mahdolliset virheet. PC -osio määrittelee myös EPC- ja UII-koodiin liittyvät toimintaprotokollat. (EPC Gen2 Memory 2019.)

00 Reserved

Reserved-muistiosio sisältää tunnisteen sisäänkäynnin ja tuhoamiseen käytettävät salasanat (EPC Gen2 Memory 2019).

Kuviossa (6) on esitetty RFID tunnisteen muistin rakenne.



Kuvio 6. RFID muistin rakenne (EPC Gen2 Memory 2019)

4.2.7 EPC- tai UII-dataformaatti

UHF RFID-tunnistuksessa on käytössä useita standardeja, joista tärkeimmät ovat EPCglobal EPC Gen 2 ja ISO 18000-6C (How to Select a Correct RFID Tag – Standards & Mandates 2019).

Molemmat standardit määrittelevät maailmanlaajuisesti, kuinka RFID-lukija ja tunniste kommunikoivat. Lisäksi EPC Gen 2 -standardi määrittää, kuinka EPC-dataa voidaan jakaa organisaatioiden ja yritysten välillä. Vuonna 2006 EPC Gen 2 hyväksyttiin osaksi ISO 18000-6C -standardia. (What is ISO 18000-6? 2019; What is EPC Gen 2? 2019; What's the difference between ISO and EPC? 2019.)

Tunnistaessaan lukija havaitsee tunnisteiden EPC- tai UII-koodin riippuen siitä, kummalla standardilla tunniste on kirjoitettu. EPC- tai UII-koodi on vähintään 96-bittinen binäärikoodi, joka on kirjoitettu tunnisteelle ASCII- tai heksadesimaalimuodossa. Vastaavasti koodauksen muodon perusteella vastaanotettu signaali puretaan takaisin kirjaimiksi ja numeroiksi, jotka näkyvät lukijan välilihjelmistossa. Taulukossa (1) on esimerkki 96-bittisestä EPC-koodista, jossa binäärikoodi on avattu ASCII muodossa. (Encoding RFID Tags: 3 Things to Know 2017.)

TAULUKKO 1. Esimerkki 96-bittisestä EPC koodista (Berbers 2014)

96-BIT ELECTRONIC PRODUCT CODE (EPC)			
Header	EPC Manager	Object Class	Serial Number
01 8 bits	0000A89 28 bits	00016F 24 bits	000169DC0 36 bits

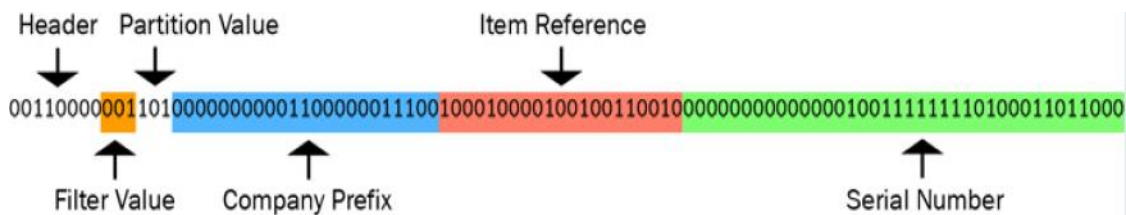
Edellisen taulukon koodikentän selitys: Header kertoo käytettävän EPC-koodin pituuden, tyyppin, rakenteen, version ja sukupolven. EPC Manager kertoo tunnisteiden valmistajan. Object Class kertoo tunnisteiden luokan ja erilaisia luokkia on esitelty kappaleessa 4.2.4. Serial Number on tunnisteiden yksilöivä sarjanumero. (EPC-RFID Info 2019.)

Taulukossa (2) on esitetty SGTIN-96 formaatin koodiavain.

TAULUKKO 2. SGTIN-96 koodiavain (Ag eStandards 2013)

Header	Filter Value	Partition	Company Prefix	Item Reference	Serial Number
0011 0000	3 bits	3 bits	20-40 bits	20-40 bits	38 bits

Kuviossa (7) on esimerkki UII-binäärikoodin rakenteesta SGTIN-96 muodossa.



Kuvio 7. SGTIN-96 esimerkki (RFU Parameter Description 2018)

Yllä olevan koodikentän selitys: Header ilmaisee käytettävän formaatin. Filter value määrittää lukusuodatuksen. Partition Value kertoo kahden seuraavan kentän pituuden. Company Prefix on valmistajan GS1 jäsenyyden yritystunnus. Item Reference on tuotteen kategorian tunnistenumero. Serial Number on tuotteen yksilöivä sarjanumero. (Ag eStandards 2013.)

4.2.8 Haasteet RFID-tunnistuksessa

Ennen RFID-tekniikan soveltamista on ymmärrettävä liiketoiminnan keskeiset tavoitteet. Millaisia hyötyjä sovellutuksella tavoitellaan ja onko niiden saavuttaminen RFID-tekniikan avulla mahdollista ja kustannustehokasta? Tapauskohtaisesti on laskettava myös investoinnin takaisinmaksuaika. (Factoring in the Environment: RFID Deployments 2017.)

Laitteen toimintaympäristössä on otettava huomioon käyttöturvallisuus ja se millaisia vaatimuksia ympäristö asettaa tunnistukselle. Erityisen ongelmallisia ovat ympäristöt, jotka heijastavat tai vaimentavat radiosignaaleja.

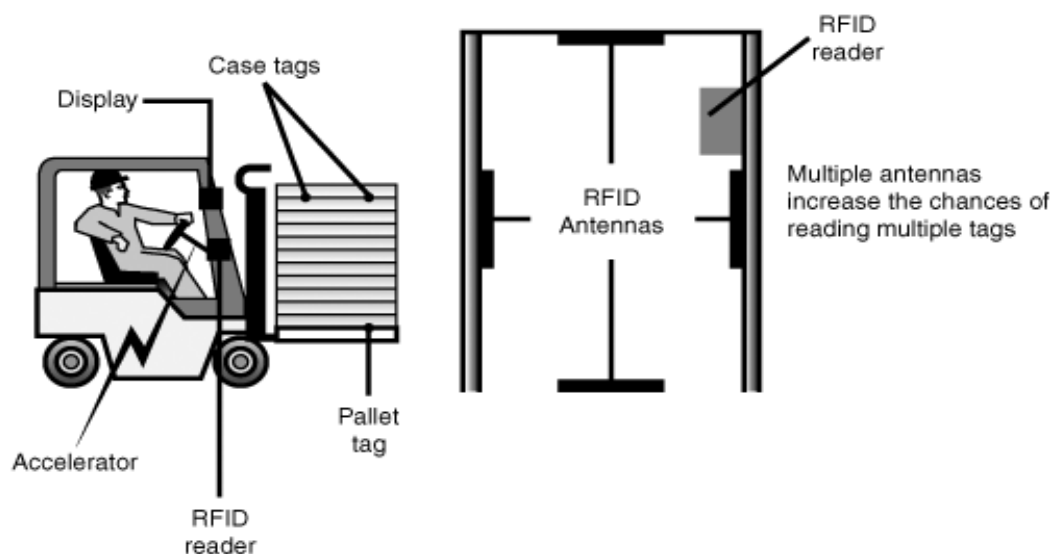
Erilaiset nesteet vaimentavat radiosignaaleja, jolloin tunnistelle ei ehkä jää tarpeeksi energiaa takaisin lähettämistä varten aiheuttaen tunnistushäiriötä. (Factoring in the Environment: RFID Deployments 2017.)

Metallit puolestaan heijastavat signaaleja ja siten voivat häiritä lukulaitetta. Lisäksi ympäristössä saattaa olla koneita tai laitteita, jotka lähettävät ympäristöön sähkömagneettista säteilyä ja siten voivat häiritä tunnistamista. (Factoring in the Environment: RFID Deployments 2017.)

4.3. RFID-sovellutuksia

4.3.1 RFID-portti

RFID-portti on kiinteä asennus, jossa lukijasta ja antenneista muodostetaan kiinteä porttimainen rakenne esimerkiksi lastausillalle. Portti havaitsee tunnistet niiden kulkiessa sen läpi. Portin rakentamisessa on huomioitava antennien tehokkuus, asemointi ja niiden määrä, sillä nämä vaikuttavat portin lukutarkkuuteen ja fyysisiin mittoihin. Lisäksi portin rakennetta on hyvä suojata esimerkiksi trukkia varten asennettavilla törmäyssuojilla. Portti helpottaa lastausta ja vastaanottoa, koska kolleja ei tarvitse erikseen kirjata käsin paperille tai tietokoneella. Tämä lisää työnteon mielekkyyttä ja nopeuttaa työvaiheita. Kuviossa (8) on esitetty esimerkki RFID-portin rakenteesta. (Ahson & Ilyas 2008, 301.)



Kuvio 8. Esimerkki RFID portin rakenteesta (Pearson IT certification 2006)

4.3.2 RFID-teknologia ja esineiden internet

RFID-teknologian asema IoT-järjestelmässä on havainnointikerroksessa, jossa sen avulla tunnistetaan erilaisia kohteita. Tunnistuksen avulla kohteen tiedot ja sijainti voidaan liittää internettiin ja pilvipalveluun. Tästä ominaisuudesta on erityisesti hyötyä sisälogistiikassa, koska sen avulla voidaan selvittää tuotantolaitoksen materiaalivirtojen pullonkauloja ja tehostaa varastojen sekä lastauksen toimintaa. (smart-TEC 2019.)

4.4. Muita kollin tunnistamiseen soveltuvia teknologioita

Tässä kappaleessa esitellään erilaisia tunnistusteknologioita, jotka voisivat soveltua älykkääseen kuormatilaan passiivisen RFID-teknologian sijaan.

4.4.1 Viivakoodi

Viivakoodi on tekniikka, joka perustuu merkkijonojen optiseen tunnistamiseen. Etuina on tekniikan edullisuus ja lukutapahtuman nopeus. Passiiviseen RFID-teknologiaan verrattuna heikkous on se, että viivakoodilukijalla täytyy olla näköyhteys viivakoodiin. Esimerkki viivakoodista kuviossa (9). (Viivakooditekniikka 2019.)



Kuvio 9. viivakoodi (Viivakooditekniikka 2019)

4.4.2 WiFi wireless tags

Tämä teknologia hyödyntää WiFi-verkkoa ottaessaan yhteyden tunnisteeseen. Tunniste sisältää paristolla toimivan WiFi-radiolähtetimen, jonka avulla tunniste voi kommunikoida WiFi-tukiasemien kanssa. Mikäli lähettyvillä on useita tukiasemia, voidaan tunnisteen sijainti määrittää lähetettyjen signaalien saapumisaikojen eron perusteella. WiFi-tunniste on isokokoinen ja kallis verrattuna esimerkiksi passiiviseen RFID-tunnisteeseen. Kuvassa (6) on esimerkki WiFi-tunnisteesta. (RFID Vs WiFi Comparing The Technology & Costs For Asset Location 2017.)



Kuva 6. WiFi-tunniste (Extronics 2019)

4.4.3 Aktiivinen RFID-tunniste

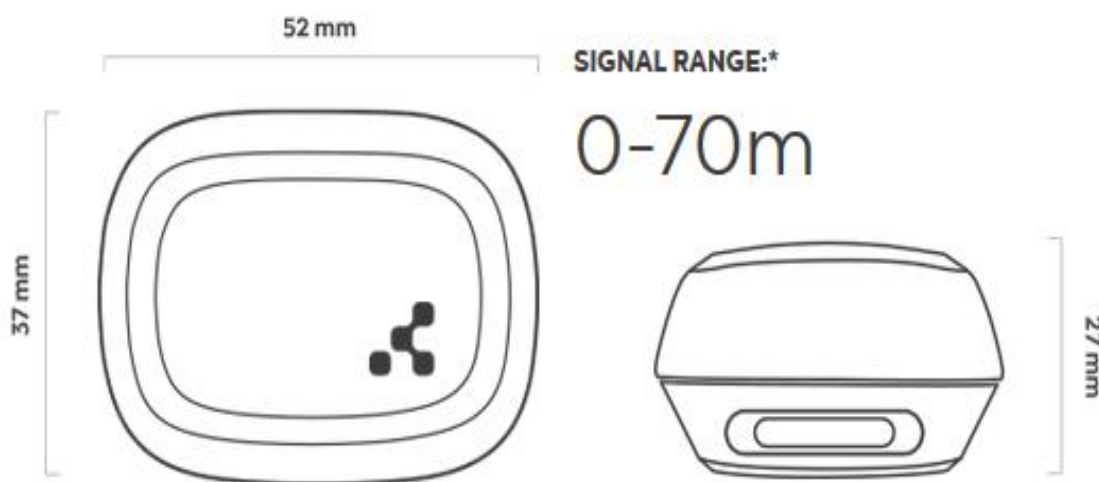
Aikaisemmin työssä esitelty aktiivinen RFID-tunniste soveltuu hyvin käytettäväksi logistiikassa, koska sillä on passiivista RFID-tunnistetta parempia ominaisuuksia. Muun muassa siihen voidaan liittää helpommin erilaisia antureita ja sillä on pidempi lukuetaisyys. Kuormasta voidaan aktiiviseen tunnisteeseen liitettyjen antureiden avulla kerätä myös muita tietoja kuten kiihtyvyys, kosteus ja lämpötila. Aktiivisen RFID-tunnisteen heikkous ovat pariston rajallinen käyttöaika. Se on myös kooltaan passiivista tunnistetta suurempi. Lisäksi aktiivisen tunnisteen hinta on toistaiseksi liian korkea suurien kollimäärien tunnistamiseen, joten sen käyttö pitäisi kohdentaa yksittäisiin ja arvokkaisiin tuotteisiin. (Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference? 2016.)

4.4.4 Bluetooth low energy beacon

Bluetooth low energy beacon lähettää tunnistetietojaan ympärilleen lähettimensä avulla. Low energy tarkoittaa sitä, että lähetin kuluttaa vähemmän virtaa ja näin toimii pitemmän aikaa perinteiseen Bluetooth-järjestelmään verrattuna. Laitteen virtalähteen toiminta-aika voi olla yhdestä kuukaudesta kolmeen vuoteen. Kuviossa (10) on esitetty erään Bluetooth low energy beaconin havainnekuva. (Pointr 2019.)

Bluetoothin low energy -tekniikan etuna on sen hyvä kantama riippuen lähettimen tehosta aina 70 metriin saakka. Toinen merkittävä etu on, että tiedot voidaan lukea esimerkiksi älypuhelimella. Lähetin tunnistaa lukulaitteen etäisyyden, joten se tietää, onko lukija tulossa kohti, vai loittoneeko se. Lisäksi lähettimen sijainti pystytään paikallistamaan muutaman metrin tarkkuudella. (Pointr 2019.)

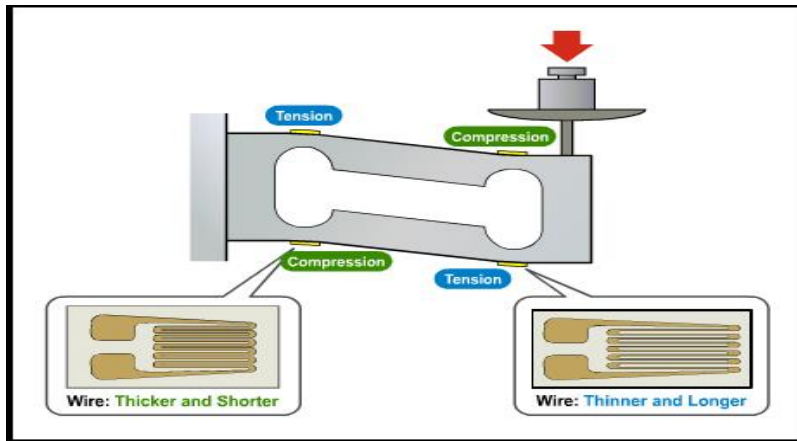
Heikkoudeksi voidaan lukea se, että kantamaan vaikuttaa lukijan ja lähettimen välissä olevat materiaalit. Lisäksi hinta on korkea, jos lähettimiä tarvitaan paljon. Käyttöä on kohdennettava siis yksittäisiin ja arvokkaisiin kohteisiin. (Pointr 2019.)



Kuvio 10. Bluetooth low energy beacon (Kontakt 2019)

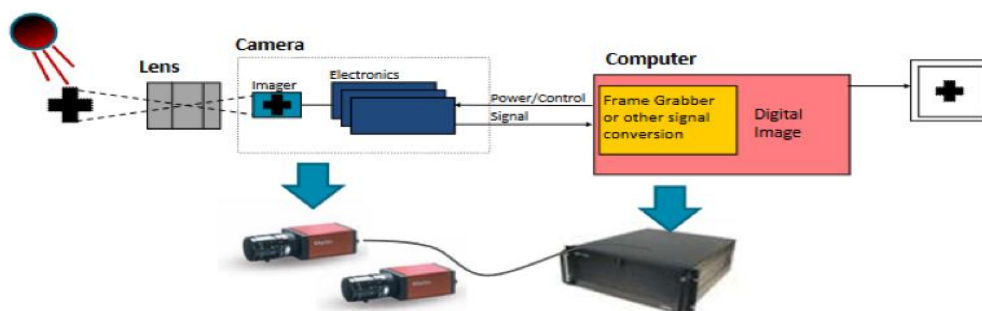
5 Kollin painon ja tilavuuden määrittäminen

Venymäliuskaan perustuvia load cell -antureita voidaan käyttää kollien punnituksessa. Kuviossa (11) havainnollisestetaan load cell -anturin toimintaperiaate. Anturista mitattava resistanssi muuttuu suhteessa siihen kohdistuvaan kuormaan, koska venymäliuskojen vastustus muuttuu niiden venyessä tai puristuessa. (Al-Mutlaq 2019.)



Kuvio 11. Load cell anturin toimintaperiaate (Al-Mutlaq 2019)

Konenäköä voidaan hyödyntää kappaleiden automaattiseen tunnistamiseen kuvan perusteella. Sen avulla tunnistetaan kuvasta haluttuja yksityiskohtia ja muotoja. Tämä mahdollistaa kuvassa olevan kappaleen yhdistämisen ennalta määritettyyn tuotteeseen tai kohteeseen. Konenäkö suoriutuu hyvin toistuvista ja nopeista kappaleiden tunnistustilanteista sille erikseen suunnitelluissa ympäristöissä. Soveltuvan konenäön avulla voidaan tunnistaa myös kuvatun kappaleen kaikki mitat ja laskea sen tilavuus. Kuviossa (12) on esitetty erään konenäkö ratkaisun toimintaperiaate. (Dechow, D 2019 ; Cognex 2019.)



Kuvio 12. Konenäkö tunnistuksen toimintaperiaate (Dechow, D 2019)

6 eTruck- jakeluauton esittely

Älykkään kuormatilan kehitysympäristönä käytettiin eTruck-jakeluautoa, joka on kehitetty Tampereen ammattikorkeakoulun ja Niinivirta Oy:n yhteistyönä. Auto on täysin sähköinen, ja se on kytketty esineiden internettiin, jonka avulla pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti auton sijaintia ja ajoparametreja. Kuvassa (7) on esitetty eTruck-jakeluauto.



Kuva 7. eTruck-jakeluauto

Ajoneuvon kehitetään älykäs kuormatila, jonka avulla pystytään seuramaan kuormatilan sisältöä reaaliaikaisesti ja yhdistämään tiedot IoT-järjestelmään. Kuljetettavista kalleista luetaan tunnistetiedot RFID-tekniikan avulla. Kerätyt tiedot siirretään IoT-Ticket -järjestelmään autoon asennetun internetyhteyden avulla.

6.1. Wapice IoT-Ticket

IoT-Ticket on Wapice Oy:n valmistama IoT-alusta, joka sisältää web-pohjaisia työkaluja. Se on rajapinta IoT-järjestelmän palvelukerrokseen, jonka kautta pystytään käsittelemään palvelimelle tallentuvaa dataa. Alustalla voidaan tehdä myös datalle analyyseja ja tehdä niistä esimerkiksi havainnollisia kojelautanäkymiä. Sieltä voidaan myös tulostaa tarvittavia lokikirjoja ja raportteja. IoT-Ticket -alustan voi hankkia joko SaaS- tai PaaS-palveluna tai hyödyntää omaa palvelinta. IoT-Ticket -alustaan on saatavissa elektroniikkarajapinta WRM247+, mikä mahdollistaa sensorien ja antureiden helpon yhdistämisen järjestelmään. (Wapice 2019.)

IoT-Ticket toimii tärkeässä roolissa eTruck- ajoneuvossa, koska sinne kerätään kaikki mitattu data ajoneuvosta. Näitä ovat esimerkiksi akuston varaustasoon ja lataukseen sekä ajoneuvon sijaintiin liittyvät tiedot. Niiden pohjalta on luotu myös visuaalisia kojelautanäkymiä, jotka helpottavat kerätyn datan ymmärtämistä ja hyödyntämistä. Tässä työssä liitetään älykkään kuormatilan komponentit IoT-Ticket -alustaan WRM247+ -rajapinnan kautta.

6.2. RFID-laitteen valinta

Hanke ei määritä käytettävää tunnistusteknologiaa, mutta eTruck- jakeluautoa liikennöivä Niinivirta Oy on asettanut toivomukseksi passiivisen RFID-tekniikan käytön älykkäässä kuormatilassa. Teoriaosuudessa esitetyn vertailun perusteella voidaan pitää passiivista RFID-tekniikkaa parhaana vaihtoehtona. Valitaan edellä mainitun perusteella tunnistustekniikaksi passiivinen UHF RFID -tekniikka.

RFID-tunnistamiselle asetetaan seuraavat vaatimukset:

1. Tunnistuksen avulla pitää pystyä osoittamaan, että tunnistettava kolli on ajoneuvon kuormatilassa.
2. Tunnistuksen tulee olla varmatoiminen ja käyttöympäristöön sopiva.

Lukijan valintaprosessissa kartoitetaan lähtötiedot, joita projektin toteuttamiseksi tarvitaan. Tärkein lähtötieto on, että Niinivirta käyttää passiivisia RFID-tunnisteita, joiden toiminta taajuus on UHF 865.7 - 867.5 MHz. Tämä tieto rajaa lukijavalinnat eurooppalaisen standardin mukaisiin pitkän matkan UHF lukijoihin. Oleellisia lähtötietoja ovat myös kuormatilan mitat: leveys 2.4 m, pituus 7 m ja korkeus 2.5 m. Nämä asettavat reunaehdot lukijan lukuetäisyydelle ja -teholle. Valittavan lukijan käyttöjännitteen pitää olla 24 V, koska se on jakeluautossa saatavilla oleva jännite.

Markkinoilla on tarjolla runsaasti eri valmistajien RFID-lukijoita. Lähtötietoihin nojaten keskustellaan eri laitetoimittajien kanssa ja kartoitetaan projektiin sopivin laite. Valinnassa päädytään SICK RFU630 -laitteeseen, joka otetaan testikäyttöön lähempää soveltuvuuden arviointia varten. Laite on esitetty kuvassa (8).

6.3. SICK RFU630

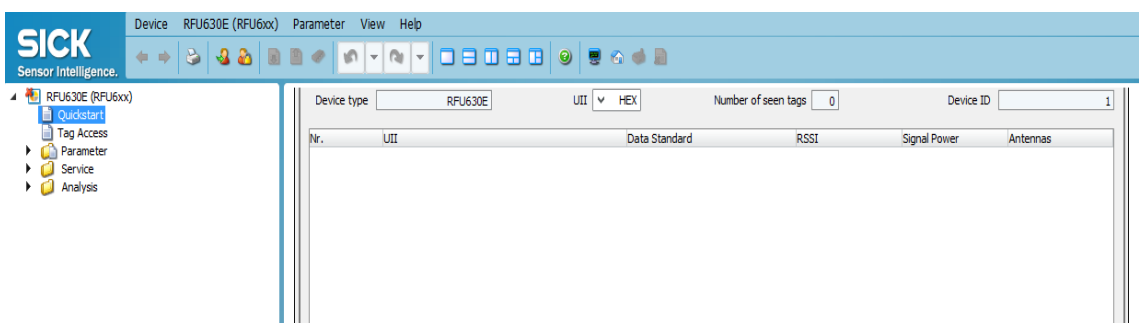
Laite on integroitu RFID-lukija, jossa on sisään rakennettu antenni. Se pystyy tarvittaessa myös kirjoittamaan RFID-tunnisteita. Laite sisältää väliohjelmiston ja on toiminnoissaan tarvittaessa täysin riippumaton muista laitteista. Sen toimintaa hallitaan tietokoneelta SOPAS engineering tool -ohjelmiston avulla.



Kuva 8. SICK RFU630 lukija (RFID / Programmable devices RFU63x / RFU630-131xx / Long Range)

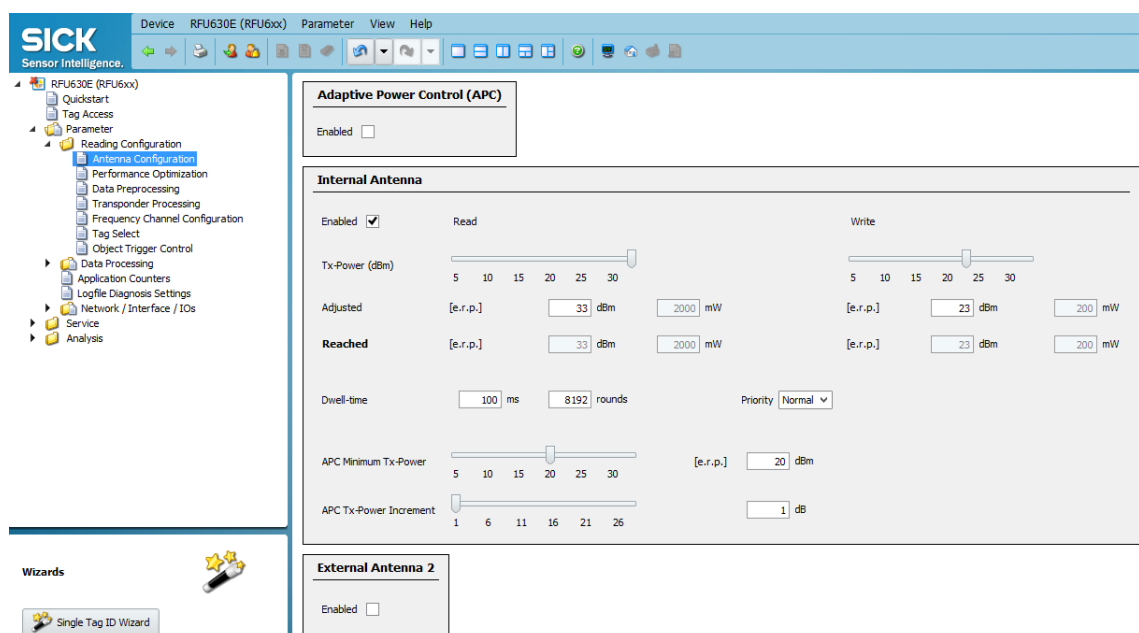
Sopas engineer tool on SICK AG:n kehittämä ohjelmisto valmistamiensa tuotteiden hallintaan ja ohjelmointiin. Ohjelmisto on helppokäyttöinen ja oikeiden ajureiden asentamisen jälkeen se tunnistaa yhdistettävät laitteet automaattisesti. Tästä ohjelmistosta käytetään seuraavia välilehtiä: Quickstart -kuvassa (9), Antenna Configuration -kuvassa (10) ja Output Format -kuvassa (11).

Quickstart -välilehdellä nähdään tunnistettujen kollojen UII-koodit ja lukumäärä. Välilehdeltä voidaan myös käynnistää ja pysäyttää lukija.



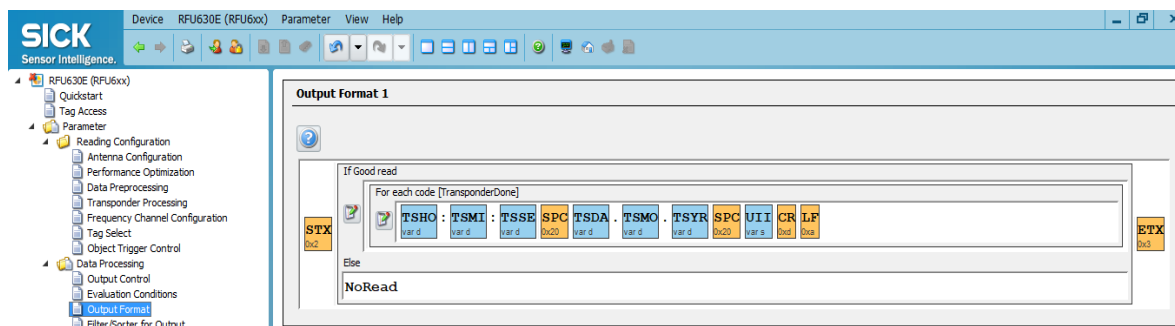
Kuva 9. Quickstart välilehti

Antenna Configuration -välilehdellä säädetään lukijan tehoa ja lukukierroksien määrää sekä aikakatkaisun pituutta.



Kuva 10. Antenna Configuration -välilehti

Output Format -välilehdellä annetaan lukijalle malli millaisessa muodossa se lähettää viestin eteenpäin järjestelmässä. Kuvassa (11) lukijalle on annettu malli, joka vastaa viestin muotoa 06:21:56 14.11.2019 33FACA288000004000040E43.



Kuva 11. Output Format välilehti

Lukijan liitettävyyden on hyvin korkealla tasolla, mikä helpottaa laitteen käyttämistä erilaisissa ympäristöissä. Tässä sovelluksessa käytetään laitteen Ethernet-liitäntää tietojen tallentamiseen ja säätöjen tekemiseen. Käyttöjännite syötetään lukijalle 17-pinnisen liitäntäkaapelin kautta, joka on kytketty 24 voltin akustoon.

6.3.1 Laitteen spesifikaatiot

RFU630-lukija soveltuu älykkääseen kuormatilaan, koska sen ominaisuudet vastaavat hyvin tämän käyttökohteen vaatimuksia.

Laite tukee ISO RFID- ja EPCglobal RFID -standardeja, joten se pystyy lukemaan ja kirjoittamaan monia erilaisia tunnisteita. Täydellä lukuteholla laite tuottaa 2 watin tehon, joka on Euroopassa suurin sallittu lukuteho UHF 865 – 868 MHz taajuusalueella. Lisäksi laitteen radiosignaali on pyöröpolarisoitu, joten se pystyy lukemaan tunnisteen mahdollisimman monessa asennossa olevat tunnistet. Laite on saanut IP67 luokituksen joten, se kestää hyvin pölyä ja kosteutta. Lukijan toimintalämpötila on -25 °C - +60 °C, joka mahdollistaa asennuksen eristettyyn mutta ei lämmitettyyn kuormatilaan. Sen tarvitsema 18 – 30 VDC käyttöjännite on vaatimuksien mukainen.

6.3.2 Järjestelmän testaus

Ensimmäinen testaus tehdään Niinivirta Oy:n varastoterminaalilla Pirkkalassa. Koejärjestelyssä rakennetaan väliaikainen teline lukijalle, jonka avulla pystytään kiinnittämään lukija kahden metrin korkeudelle ja 50 ° kulmaan lattiaan nähden. Ensimmäisen kokeen tarkoitus on kartoittaa lukijan lukuetaisyys terminaalissa. Lukutehon ollessa tehdasasetuksella (25/33 dBm) oletettuun lukukenttään tuodaan RFID-tunnisteella varustettu kolli. Siirretään kolli oletetun lukukentän eri kohtiin ja mitataan laseretaisyysmittarilla sen etäisyys lattian tasossa lukijasta. Ensimmäinen tunnistus onnistui 7,9 metrin etäisyydellä lukijasta.

Edellisen testin pohjalta aloitetaan lukijan sijainnin määrittäminen itse jakeluautoissa. Ajoneuvon kuormatila on noin seitsemän metriä pitkä. Lukija asennetaan väliaikaisesti keskelle etuseinää 2,2 metrin korkeudelle lattiasta osoittamaan taaksepäin. Kolleja siirrellään lukukentässä lukijan ollessa edelleen tehdasasetuksissa. Ensimmäinen tunnistus saadaan noin kuuden metrin päässä lukijasta, joka on noin metrin verran ajoneuvon kuormatilan sisäpuolella. Testi toistetaan asettamalla lukija maksimilukuteholle, jolloin lukuetaisyudeksi saadaan 10 metriä. Tämä on kolme metriä ajoneuvon kuormatilan ulkopuolella. Testi toistetaan kolmannen kerran, jolloin lukijan teho säädetään arvoon 27/33 dBm. Lukuetaisyudeksi saadaan kahdeksan metriä, mikä on metrin takalautanostimen päällä. Todetaan, että laitteen toiminta vastaa vaatimuksia ja se asennetaan autoon koekäyttöä varten.

Kuvassa (12) on esitetty testi asetelma lukuetaisyyden määrittämiseksi ajoneuvon kuormatilassa.



Kuva 12. testiasetelma lukuetaisyyden määrittämiseksi

6.3.3 Ensimmäinen koekäyttö

Koekäytössä selvitetään laitteen toimintaa oikeassa lastaus- ja purkutilanteessa. Erona aikaisempaan järjestelmän testaukseen on, että kollit sisältävät rahtia. Tämä vaikuttaa radioaaltojen läpäisykykyyn ja vaikeuttaa siten RFID-tunnistamista. Testissä lukija asennetaan, kuten aikaisemmin ajoneuvon etuseinään 2,2 metrin korkeuteen ja lukuteholle 27/33 dBm. Lukijan läheisyyteen kiinnitetään kannettava tietokone, jolla lukijan toiminta voidaan taltioida lokitiedostoon sekunnin välein.

Kokeessa ajoneuvon lastataan varastoterminalista 97 kappaletta RFID-tunnistein varustettua kolia, jotka kuljetetaan kahden eri asiakkaan kolmeen eri toimipisteeseen. Paluunkuorman saadaan yhteensä 162 muovista kuljetuslaatikkoa, joissa on myös RFID-tunnisteet. Kollissa on yhteensä 518 erilaista tunnistekoodia.

Jokaisessa kollissa on kaksi tunnistetta. Koodit ovat alkuosaa lukuun ottamatta identtisiä, joten ne voidaan yhdistää samaan laatikkoon lokitiedoston tunnistelistan perusteella. Kokeen jälkeen lokitiedoston tunnistedata puretaan ja tutkitaan. Datasta löytyy 189 kollia rahtikirjan sisältämistä 259 kollista, jolloin tunnistustarkkuus on laskennallisesti 73 %.

6.3.4 Kollien määrän ja etäisyyden vaikutus lukutarkkuuteen

Koekäytön heikon tunnistustarkkuuden vuoksi tehdään lisää testejä ja etsitään ratkaisuja lukutarkkuuden parantamiseksi. Testissä kuormatilaan siirrettiin yhdeksän kollipinoa, joissa kussakin 12 tyhjää kollia eli yhteensä 108 kappaletta. Lukija asennetaan autoon samoin kuin aikaisemmissakin testeissä. Lukuteho asetetaan täydelle teholle 33/33 dBm (2 W). Kollipinot siirretään kolmen pinon riveissä rivi kerrallaan kiinni ajoneuvon etuseinään. Lukija sammutetaan jokaisen lastatun rivin jälkeen ja käynnistetään uudelleen pinojen ollessa paikoilla. Tällä testillä selvitetään, miten lukija pystyy tunnistamaan kollit pinojen ollessa kiinni toisissaan ja lähellä lukijaa. Ensimmäiseltä riviltä tunnistetaan 34/36 (91,6 %) kollia. Toisen rivin jälkeen tunnistetaan 66/72 (93 %) ja kolmannen jälkeen 107/108 (99 %) kollia. Tästä voidaan päätellä, että lukijan lukutarkkuus on yli 90 %. Testiä jatketaan siten, että kaikkia 108 kollia siirretään 2,5 metrin päähän lukijasta ja sitten vielä 4,5 metrin päähän. Testissä selvitetään etäisyyden vaikutusta lukutarkkuuteen. Tulokseksi saadaan, että 2,5 metrin päässä lukijan lukutarkkuus on 90,7 % ja 4,5 metrin päässä 93,5 %. Johtopäätöksenä todetaan, että lukijan tarkkuus heikkenee etäisyyden kasvaessa 99 prosentista 93,5 prosenttiin. Oletetaan, että lukutulos heikkenee vielä ajoneuvon ollessa lastattuna. Radioaallot heikkenevät ilmassa vähemmän kuin kiinteässä materiaalissa kulkiessaan. Testi suoritetaan kollien ollessa paikoillaan radiokentässä, joten lastauksen aiheuttama kollien liike todennäköisesti parantaa lukutulosta.

6.3.5 Toinen koekäyttö

Lukijaa koekäytetään uudelleen täydellä lukuteholla 33/33 dBm koejärjestely on sama kuin ensimmäisessä koekäytössä. Ajoneuvoon lastataan terminaalilta 96 kollia, jotka toimitetaan asiakkaan kolmeen eri toimipisteeseen. Asiakas lähettää paluukuormassa 168 tyhjää kollia.

Varastoterminaalista lastatuista kolleista tunnistetaan 105, koska lastausillalla lastataan samanaikaisesti toista ajoneuvoa. Lukija tunnistaa toiseen autoon lastattavia kolleja, joka vaikeuttaa eTruck-ajoneuvon kollien seurantaan lokitiedostosta. Lastauksen lukutarkkuutta ei oteta arvioinnissa huomioon sen virheellisyyden vuoksi.

Koekäytön aikana lukija tunnisti 184 kollia 264 kollista mikä vastaa 70 % tunnistustarkkuutta. Lukutehon lisääminen ei tässä tapauksessa parantanut tunnistustarkkuutta.

7 POHDINTA

IoT- ja ICT-järjestelmien kehittymisen myötä RFID-tekniikan hyödyntäminen on yleistynyt logistiikassa ja se on globaalisti käytössä. RFID-tekniikan käytön esteenä on useissa sovellutuksissa tunnisteiden suhteellisen korkea hinta verrattuna esimerkiksi viivakoodiin. Elektroniikan pientymisen ja kehittyneiden valmistusmenetelmien ansiosta RFID-tunnisteiden valmistaminen on helpottunut ja lisännyt erityyppisten tunnisteiden määrää sekä laskenut niiden hintoja. Tämän ansiosta RFID-tekniikka voidaan ottaa käyttöön yhä laajemmin ja myös sellaisiin sovellutuksiin, joissa se on aikaisemmin ollut kannattamatonta.

Logistiikassa hyötyä RFID-tekniikasta saadaan kollojen tai tuotteiden yksilöinnistä ja koko elinkaaren aikaisesta seurannasta sekä tunnisteeseen kirjoitettavasta informaatiosta. eTruck-ajoneuvon GPS-lähettimen ja älykkään kuormatilan avulla yksittäistä kollia ja sen jakelureittiä voidaan seurata reaaliajassa pilvipalvelun kautta. Tämän ja kuljetusvälineen tietojen perusteella voidaan laskea kollokohtainen hiilijalanjälki ja tarjota asiakkaalle reaaliaikaista toimituksen seurantaa. SeCLog-hankkeen yhtenä tavoitteena on hiilijalanjäljen pienentäminen älykkäillä sähköisillä ratkaisuilla. Jakeluajoneuvojen kustannustehokkuutta nostetaan hyödyntämällä reaaliaikaista täyttöaste- ja reittitietoa. Sen avulla löydetään ajoneuvoon parhaiten sopiva lisäkuorma jolloin, kollokohtainen hiilijalanjälki pienenee. Tarvittaessa lisäkuormien välittämiseen tulisi kehittää sopiva paikallinen palvelu. Hiilijalanjäljen pienentämisessä oleellisessa asemassa on ajoneuvo ja sen käyttövoimanlähde, joka korostuu erityisesti kaupunkilogistiikassa. Esimerkiksi täysin sähköinen eTruck-ajoneuvo on kehitetty vastaamaan kaupunkilogistiikan tarpeisiin.

Rahdinkäsittelyn kustannustehokkuutta nostetaan automatisoimalla kollojen ja niiden sisältötietojen päivittäminen tietojärjestelmiin RFID-tunnisteiden ja toimivan lukijaverkoston avulla. Se pienentää manuaalisen työn tarvetta vähentämällä koodien käsin tehtävää luetaan ja liimaukseen käytettävää työaikaa toimitusketjun eri vaiheissa.

7.1. Tuloksien pohdinta

Kollien tunnistaminen lähes 100 % tarkkuudella ja sähköinen kuormakirja ovat avainasemassa älykkään kuormatilan riittävän luotettavuuden takaamiseksi. Auton etuseinään asennetulla lukijalla ei saavuteta riittävää tunnistustarkkuutta vaan jäädään noin 70 % tarkkuuteen. Tästä syystä jatkotoimenpiteet lukijan toiminnan parantamiseksi ovat välttämättömiä. Seuraavaksi testataan lukijan asentamista kuormatilan peräosaan, jolloin sisään tulevat kuormat kulkevat esteettömästi porttina toimivan radiokentän läpi. Tällä pyritään vähentämään kuormasta johtuvaa radiosignaalin heikentymistä sen kulkiessa jo lastattujen kollien lävitse. Lisäksi kokeillaan lukijaan sopivaa lisäantennia, jolla voidaan parantaa lukutarkkuutta. Näin samalle lukualueelle voidaan johtaa kaksi lukukenttää, mikä nostaa lukualueen tehoa. Arvioidaan, että näillä toimenpiteillä lukutarkkuus paranee lähelle 100 %.

RFID-laitteiston koekäytöt tehdään oikeassa toimintaympäristössä, jotta niiden luotettavuus vastaisi aitoa tilannetta. Haittapuoli aidosta testiympäristöstä on kuljetettavien kollien määrän vaihtelu ja muut yllättävät tekijät, jotka saattavat vaikuttaa koekäytön tulosten luotettavuuteen ja vertailukelpoisuuteen. Testit puolestaan suoritetaan ajoneuvon ollessa lastauslaiturissa ja kollien määrä ja laatu on paremmin hallittavissa. Tehtyjen kokeiden luotettavuuden parantamiseksi on tarpeellista tehdä enemmän kokeiden toistoja. Lisäksi on tarpeellista tehdä koe, jossa kollit merkitään siten, että niiden tarkka sijainti kuormatilassa voidaan havaita. Tämä antaa paremman mahdollisuuden tuloksien analysointiin.

7.2. Älykkään kuormatilan kehityskohteet

7.2.1 Sähköisen kuormakirjan hyödyntäminen pilvipalvelussa

Sähköinen kuormakirja on keskeisessä roolissa älykkään kuormatilan konseptissa, sillä kaikki pilvipalvelussa toimivat ohjelmat nojaavat siihen ja sen paikkansa pitävyyteen. Älykästä kuormatilaa palvelevan kuormakirjan tulee sisältää ainakin seuraavat tiedot: kollien määrä, kuorman kolli- tai/ ja lavakohtaiset UUI- tai EPC-koodit, lähetys- ja toimitusosoite sekä tarkemmat kuljetusohjeet. Näiden lisäksi tarvitaan myös kollien painot ja tilavuudet lähettäjältä tai älykkästä kuormatilasta.

Pilvipalvelussa toimiva ohjelma vertaa rahtikirjalla olevien kollien UUI- tai EPC-koodeja ajoneuvon lastattujen kollien koodeihin. Näin pystytään varmistamaan, että jokainen lastattava kolli on ajoneuvon kyydissä. Järjestelmä ei osaa reaaliaikaisesti varoittaa lastattavista kolleista, joita se ei ole pystynyt tunnistamaan. Tilanteen hallintaa helpotetaan asentamalla kuormatilaan näyttö, joka päivittyy jatkuvasti näyttäen autoon lastattujen tunnistettujen kollien määrän. Siitä kuljettaja voi seurata tunnistettujen kollien määrää ja verrata siirtämiensä kollien määrään. Haittana on edelleenkin se, että järjestelmä ei pysty kertomaan tunnistamattoman kollin sijaintia ajoneuvossa. Tämän puuttuvan kollin etsintä voi johtaa ainakin kuorman osittaiseen purkamiseen. On tärkeää ymmärtää, että vastuu lastauksesta ja kollien määrästä on jatkossakin ajoneuvon kuljettajalla. Hänen täytyy olla jatkuvasti ajan tasalla lastausprosessin etenemisestä ja valvoa järjestelmä toiminnan oikeellisuutta.

Kuormakirjan tietojen avulla voidaan myös suojautua ajoneuvon ulkopuolelta tulevilta virhelukutilanteilta. Kuormatilan ohjelmat voivat verrata kuormakirjan sisältämiä koodeja lukukenttään tuleviin koodeihin. Näistä lukija rekisteröisi vain kuormaan kuuluvat kollit ja hylkää muut tunnisteet. Lukija voi antaa myös hälytyksen, jos lukualueella on jatkuvasti kuormaan kuulumattomia tunnisteita.

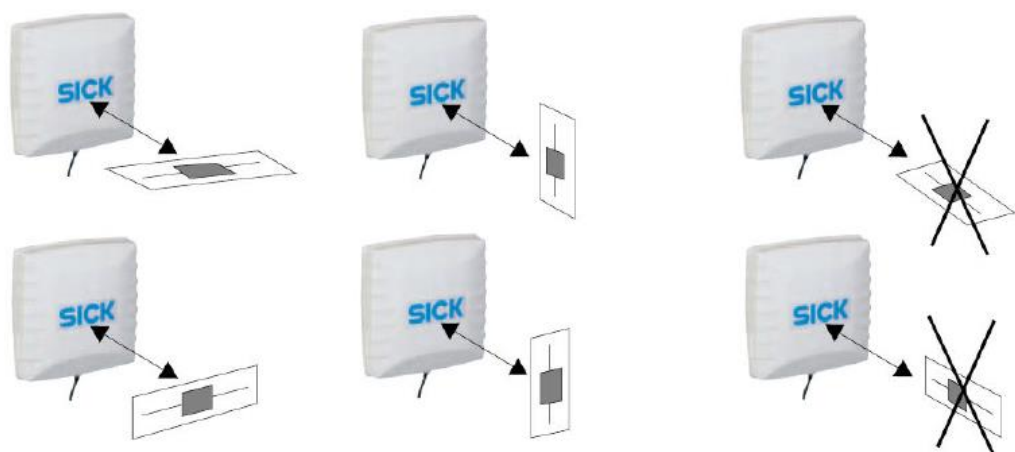
Osoite- ja rahtitietojen perusteella ohjelma optimoi ajoreitin ja opastaa kuljettajaa tekemään parhaan mahdollisen lastaus järjestyksen niin, että kollit ovat hyvin saatavilla jokaisessa purku- ja lastaustilanteessa. Optimointi ottaa huomioon myös ajoneuvon tarvitsemien latauspisteiden sijainnit ja mahdolliset ruuhkat reittivalinnassaan. Tällä säästää kuljetusaikaa ja kustannuksia. Lisäksi eTruck- ajoneuvon mahdollistama GPS-paikkamerkintä yhdistetään jokaiseen lastaus- ja purkutilanteeseen. Tämä mahdollistaa reaaliaikaisen kuljetuksien seurannan pilvipalvelussa. Vastaanottajalle voidaan siten tarjota jatkuvaa reaaliaikaista toimituksen seuranta.

7.2.2 RFID-virtakytkin

RFID-lukijan virrankulutuksen pienentämiseksi, ajoneuvon perälautanostimeen asennetaan kytkin, joka käynnistää ja sammuttaa RFID-lukijan sen asennon mukaan.

7.2.3 Lastaustoiminnan muutos

Tunnisteiden lukutarkkuutta voidaan parantaa kiinnittämällä huomioita kollien lastaussuuntaan. Paras lukutulos saadaan huomioimalla kollien tunnisteen antennien suunta lukijaan nähden alla olevan kuvion (13) mukaisesti.



Kuvio 13. Tunnisteen optimaalinen asento (RFU63x, RFU65x RFID Write/Read Devices (UHF) 2018)

Mikäli samalle asiakkaalle on menossa paljon pieniä kolleja, voidaan lukuvarmuutta parantaa lastaamalla kollit samalle lavalle. Sille kirjoitetaan oma tunniste, johon ohjelmisto liittää kaikki lavalla olevat kollit. Tämän tunnisteiden löytyessä järjestelmä kuittaa kaikki lavalla olevat kollit löydettyiksi.

Äärimmäisenä keinona lisätä tunnistustarkkuutta on asentaa ajoneuvoon lisääntenni tai antenni, niin että lukualueen lukuteho kasvaa.

7.2.4 Kollien painon ja tilavuuden määrittäminen

Älykkään kuormatilan punnitusratkaisuksi valitaan load cell -antureihin perustuva tasovaakaratkaisu. Vaaka asennetaan ajoneuvon perälautanostimen päälle, jossa se on helposti käytettävissä lastaustoiminnan aikana. Punnituslevy on vain 3 - 5 cm korkeudella perälautanostimen pinnasta. Sen aiheuttamat kynnykset loivennetaan sopivilla rampeilla vaa'an yliajon helpottamiseksi.

Tasovaakaratkaisu muodostuu neljästä punnituslevyn kulmiin asennettavista load cell -antureista, jotka kiinnitetään perälaudan ja punnituslevyn väliin. Vaa'an paino vähentää perälautanostimen kantavuutta, mikä pitää huomioida tätä ratkaisua suunniteltaessa.

Tasovaa'an ohjainlaitteen näytöstä nähdään punnittu massa, joka siirretään IoT-alustalla olevalle sähköiselle kuormakirjalle. Tasovaa'an punnituslevyn kallistuskulma ei saa ylittää 5 °, ettei sen aiheuttama vääristymä punnitusvirheeseen ole liian suuri. Mikäli kallistus kulma ylittää 5 °, pitää sen aiheuttama punnitusvirhe korjata laskennallisesti ohjelmiston avulla. Vaa'an käyttäminen laskutusperusteena edellyttää järjestelmän viranomaishyväksynnän.

Kollin muoto ja tilavuus määritetään konenäön avulla. Älykkään kuormatilan konseptiin soveltuva konenäköratkaisu on Intel Realsense 3D -stereokamera tai vastaavasti Framoksen valmistama ruggedoitu versio siitä. Kamera on hinnaltaan ja ominaisuuksiltaan kilpailukykyinen ja siten prototyyppiin soveltuva. Kamerassa voidaan hyödyntää CurvSurf / Find Surface™ -ohjelmaa, joka pystyy tunnistamaan kappaleen 3D-muodon ja mitat. Näiden perusteella ohjelma laskee kappaleen tilavuuden.

7.2.5 Varmistus

Älykkään kuormatilan pitää toimia keskeytyksettä, vaikka ajoneuvon internetyhteys katkeaisi. Tämä on mahdollista toteuttaa pienellä ajoneuvoon asennettavalla tietokoneella, joka käyttää kuormatilan ohjelmia itsenäisesti internetyhteyden puuttumisen ajan. Internetyhteyden palauduttua data synkronoidaan pilvipalvelun tietokannan kanssa.

7.3. Eettinen pohdinta

RFID-tekniikka perustuu korkea taajuisiin radioaaltoihin, jotka ovat elektromagneettista säteilyä. Altistuminen suuritehoiselle elektromagneettiselle säteilylle on todettu haitalliseksi terveydelle. Tässä sovelluksessa käytetyt RFID-laitteet ovat 2 watin tehoisia. Laitteen käyttöön liittyy mahdollinen terveysriski, jos työskennellään jatkuvasti lähempänä kuin 30 cm etäisyydellä lukijasta. Työn sovelluksessa joudutaan harvoin näin lähelle lukijaa. Käytetyt laitteet ovat hyväksytyjä käytettäväksi EU-alueella taajuusalueensa ja turvallisuutensa puolesta, eikä niiden pitäisi aiheuttaa häiriöitä muihin laitteisiin.

Suuressa kuvassa opinnäytetyö palvelee SeCLog-hankkeen tavoitteiden toteutumista, joita ovat kaupunkilogistiikan tehostaminen ja liikenteen negatiivisten ympäristövaikutuksien pienentäminen. Tämä on linjassa Euroopan hiilipäästöjen vähentämistavoitteiden kanssa.

Työssä kerätty data muodostuu RFID-tunnistekoodista, joiden sisältö on ainoastaan koodin omistajan tiedossa. Koodit ovat luettavissa millä tahansa UHF RFID -lukijalla, joten ne eivät ole luottamuksellista tietoa.

7.4. Tutkimusmenetelmän hyödyntäminen opinnäytetyössä

Opinnäytetyön tavoite on kehittää uusi konstruktio, joka liittää RFID-tunnistusjärjestelmän eTruck ajoneuvon älykkääseen kuormatilaan. Tavoite on esitetty työn johdannossa.

Työn teoriaosuudessa haetaan tietoa jakeluauton toiminnasta ja sille asetettavista vaatimuksista logistiikassa. Osuudessa tutkitaan myös RFID-tekniikan soveltamiseen tarvittavia perustietoja ja sen käyttömahdollisuuksia. Lopuksi osuudessa vertaillaan muita tunnistusratkaisuja, jotka voisivat soveltua RFID-tekniikan sijaan älykkääseen kuormatilaan. Työssä kehitetyssä RFID-ratkaisussa hyödynnetään työn teoriaosuudessa hankittua RFID-osaamista.

Teoriaosuuden ja siellä tehtyjen vertailujen perusteella varmistetaan, että passiivinen RFID-tekniikka soveltuu hyvin älykkääseen kuormatilaan. Tämän perusteella päätetään asentaa UHF RFID -lukija tulevia testejä varten.

Työn kokeellisessa osuudessa tehdään testauksia ja kokeita terminaalisissa sekä ajoneuvon kuormatilassa. Kokeita tehdään myös oikeissa lastaus- ja purkutilanteissa. RFID-lukija toimii muutoin odotusten mukaisesti, mutta ei saavuta tarvittavaa tunnistustarkkuutta. Toteuttamalla ehdotetut muutokset voidaan saavuttaa riittävä tunnistustarkkuus.

RFID-ratkaisun sovellusalueen laajuutta ja mahdollisuuksia on esitetty seitsemännen kappaleen alussa.

Konstrukttiivinen tutkimusmenetelmä soveltuu hyvin tähän opinnäytetyöhön, koska työ on tuotekehitysprojektin kaltainen kehitystehtävä. Menetelmä antaa loogisen rakenteen työn etenemiselle ja ohjaa kiinnittämään huomiota tärkeisiin asioihin.

8 Yhteenveto

Tässä työssä kehitetään ratkaisuja SeCLog-hankkeen älykkään kuormatilan konseptin tavoitteiden toteuttamiseksi. Näitä ovat kollin tunnistus ja sen painon, mittojen ja tilavuuden määrittäminen kuormatilassa. Työn kokeellisessa osuudessa tutkitaan kollin tunnistamista RFID-tekniikan avulla sekä arvioidaan järjestelmän toimivuutta lukutarkkuuden perusteella. Tehdyt kokeet osoittavat, että lukutarkkuuden parantamiseksi lukijan sijaintia kuormatilassa täytyy muuttaa tai asentaa lisäantenni.

Kollin painon ja tilavuuden määrittäminen ovat merkittäviä älykkään kuormatilan jatkokehityskohteita, koska ne mahdollistavat kuormatilan reaaliaikaisen kuormitusasteen määrittämisen. Punnitus toteutetaan perälautanostimeen asennettavan tasovaakaratkaisun avulla, joka on suoraan yhteydessä pilvipalveluun. Tilavuuden määrittäminen tehdään konenäköratkaisun avulla, joka tunnistaa kollin 3D-muodon ja mitat sekä laskee niistä kollin tilavuuden.

Järjestelmän toimivuuden perustana on hyvä laitteiden välinen kommunikaatio, joka toteutetaan IoT-Ticket -pilvipalvelun avulla. Se yhdistää sähköisen kuormakirjan tiedot kuormatilan tuottamiin kollin tunnisteen, painon ja tilavuus tietoihin. Tätä tietoa IoT-Ticket käyttää sovelluksiensa kautta älykkääseen rahdinhallintaan.

SeCLog-hankkeen mukainen älykäs kuormatila toteutuu, kun kaikki edellä mainitut järjestelmän osat toimivat riittävän luotettavasti.

LÄHTEET

Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference? 4.3.2016.
Suzanne Smiley. Luettu 21.10.2019.

<https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid>

Ag eStandards. 18.11.2013. RFID Guidelines. Luettu 25.10.2019. (PDF).

https://s3.amazonaws.com/aggateway_public/RFID_Guidelines_2013-11-18.pdf

Ahmed Wasif Reza. 1.10.2015. Renewable energy harvesting for wireless sensors using passive RFID tag technology: A review. Luettu 1.11.2019. (PDF).

https://www.researchgate.net/publication/299391317_1-s20-S1364032115017153-main_Renewable_Energy

Ahson, S. & Ilyas, M. 2008. RFID Handbook. Yhdysvallat: CRC Press
ISBN 13: 9781420054996.

Al-Mutlaq, S. n.d. Getting Started with Load Cells. Luettu 20.10.2019.

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells/all>

American Barcode and RFID. 2019. What is RFID and How Does RFID Work?.

Luettu 16.9.2019. <https://www.abr.com/what-is-rfid-how-does-rfid-work/>

AtlasRFIDstore. 28.02.2019. What is RFID? The Beginner's Guide to RFID

Systems. Luettu 24.10.2019. <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-beginners-guide/>

Berbers, Y. 14.12.2014. Internet of Things: A Context-Awareness Perspective.

Luettu 5.10.2019. https://www.researchgate.net/figure/A-passive-RFID-tag-having-96-bits-of-memory-to-represent-an-EPC-number_fig1_265745794

Cognex. n.d. Benefits of Machine Vision. Luettu 30.10.2019.

<https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/benefits>

David Dechow. n.d. The Fundamentals of MachineVision. Luettu 25.10.2019.

(PDF). <https://www.visiononline.org/userAssets/aiaUploads/file/T1-The-Fundamentals-of-Machine-Vision.pdf>

Das, R. 30.8.2014. Passive RFID grows by 1.12 billion tags in 2014 to 6.9 billion. Luettu 15.10.2019.

<https://www.3dprintingprogress.com/articles/7031/passive-rfid-grows-by-1-12-billion-tags-in-2014-to-6-9-billion>

Digitalisaatio. n.d. Logistiikan maailma. Luettu 10.10.2019.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/digitalisaatio/>

Encoding RFID Tags: 3 Things to Know. 24.5.2017. Suzanne Smiley.
Luettu 20.10.2019.

<https://blog.atlasrfidstore.com/encoding-rfid-tags-3-things-to-know>

EPC Gen2 Memory. n.d. RFID4U. Luettu 26.7.2019.

<https://rfid4u.com/rfid-basics-resources/epc-gen2-memory/>

EPC-RFID Info. n.d. EPC Information. Luettu 12.05.2019.

<https://www.epc-rfid.info/>

Esineiden Internet. n.d. Logistiikan maailma. Luettu 15.8.2019.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/digitalisaatio/esineiden-internet/>

Extronics. n.d. iTAG100 Intrinsically Safe Wi-Fi RFID Tag. Luettu 2.10.2019.

<https://www.extronics.com/product/itag100-zone-1-RFID--tag/>

Factoring in the Environment: RFID Deployments. 31.3.2017. Suzanne Smiley. Luettu 21.10.2019.

<https://blog.atlasrfidstore.com/factoring-environment-rfid-deployments>

How to Select a Correct RFID Tag – Standards & Mandates. n.d. RFID4U.

Luettu 27.6.2019. <https://rfid4u.com/rfid-basics-resources/how-to-select-a-correct-rfid-tag-standards-mandates/>

Kontakt. n.d. Tough Beacon TB15-1. Luettu 10.11.2019.

<https://store.kontakt.io/our-products/28-tough-beacon-tb15-1.html>

Logistiikka ja toimitusketju. n.d. Logistiikan maailma. Luettu 22.10.2019.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/>

Lukka, K. 2001. Metodix. Luettu 4.12.2019.

<https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktivinen-tutkimusote/>

Maantiekuljetus. n.d. Logistiikan maailma. Luettu 28.10.2019.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/>

Maantiekuljetusten kalusto. n.d. Logistiikan maailma. Luettu 18.9.2019.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/kalusto/>

Motiva Oy. 30.8.2018. Työkoneet. Luettu 28.10.2019.

https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/tyokoneet

Miller, J. 24.04.2019. RFID and the Differences in Passive, Semi-Passive, and Active Tags. Luettu 10.7.2019.

<https://www.computype.com/blog/rfid-and-the-difference-in-passive-semi-passive-and-active-tags>

NetBurner. n.d. Architectures in the IoT Civilization. Luettu 25.11.2019.

<https://www.netburner.com/learn/architectural-frameworks-in-the-iot-civilization/>

Niinivirta Oy. n.d. Sähkökuorma-auto. Luettu 28.10.2019.

<http://www.niinivirta.fi/content/fi/1/20171/S%C3%A4hk%C3%B6kuorma%2Dauto.html>

Ojasalo, K. MOILANEN, T. RITALAHTI, J. 2015. Kehittämistyön menetelmät – Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: Sanoma Pro.

OMNIP400 Active RFID Security Tag External Photos Omni-ID USA. n.d. FCC ID.io. Luettu 15.10.2019. <https://fccid.io/N74-OMNIP400/External-Photos/External-Photos-2368322>

OMNIP400 Active RFID Security Tag Teardown Internal Photos Internal Photographs Omni-ID USA. n.d. FCC ID.io. Luettu 15.10.2019. <https://fccid.io/N74-OMNIP400/Internal-Photos/Internal-Photographs-2368319>

Pearson it certification. 4.8.2006. RFID Interrogation Zone Basics. Luettu 16.10.2019. <http://www.pearsonitcertification.com/articles/article.aspx?p=485644&seqNum=5>

Pointr. n.d. Beacons: Everything you need to know. Luettu 13.10.2019. <https://blog.pointr.tech/beacons-everything-you-need-to-know>

RFID Middleware Introduction. n.d. RFID4U. Luettu 27.6.2019. <https://rfid4u.com/rfid-basics-resources/rfid-middleware-introduction/>

RFID. Päivitetty n.d. Logistiikan maailma. Luettu 28.10.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/varastonhallintajarjestelmat/rfid/>

RFID Vs WiFi Comparing The Technology & Costs For Asset Location. 7.2.2017. Brian Ray. Luettu 25.10.2019. <https://www.airfinder.com/blog/rtls-technologies/rfid-vs-wifi-comparing-technology-and-cost>

RFID4USTORE. n.d. Integrated RFID Readers. Luettu 27.6.2019. <https://rfid4ustore.com/rfid-readers/integrated-rfid-readers/>

Rfidhy. n.d. Wet Inlay RFID Tags. Luettu 28.10.2019. <https://www.rfidhy.com/wet-inlay-rfid-tags/>

RFU Parameter Description. 11.8.2018. SICK. Luettu 28.10.2019. (PDF). https://cdn.sick.com/media/docs/7/37/037/Technical_information_RFU_Parameter_Description_en_IM0081037.PDF

RFU63x, RFU65x RFID Write/Read Devices (UHF). 14.10.2018. SICK. Luettu 28.10.2019. (PDF). <https://www.sick.com/at/en/identification-solutions/rfid/rfu63x/rfu630-13106/p/p348691>

RFID / Programmable devices RFU63x / RFU630-131xx / Long Range. n.d. SICK. Luettu 28.10.2019. (PDF). <https://www.sick.com/at/en/identification-solutions/rfid/rfu63x/rfu630-13106/p/p348691>

Roberti, M. 12.06.2010. What Are the Class and Generation of RFID Tags? Luettu 1.8.2019. <https://www.rfidjournal.com/blogs/experts/entry?8049>

Rokka, H. 25.7.2018. Edge Computing haastaa, mutta ei riko. Luettu 25.7.2019.
<https://www.tivi.fi/kumppaniblogit/dna/edge-computing-haastaa-mutta-ei-riko/4e845468-ed0e-37a7-8beb-ae1023cf024e>

Smart-TEC. n.d. Industry 4.0. Luettu 25.10.2019.
<https://www.smart-tec.com/en/auto-id-world/industry-4.0>

Simplot-Ryl, D & Mitton, N. 20.05.2011. Is RFID dangerous?
Luettu 1.7.2019. <https://www.inria.fr/en/centre/lille/news/is-rfid-dangerous>

SkyRFID Inc. 2019. RFID Tag Inlays. Luettu 10.7.2019.
https://skyrfid.com/RFID_Tag_Inlays.php

Tanim, M, M. 2016. How does passive RFID works, briefly explained.
Luettu 15.6.2019. (PDF).
https://www.researchgate.net/publication/310465148_How_does_passive_RFID_works_briefly_explained

Tapaninen, U. (2018[Versio 9.1.2019]). Logistiikka ja liikennejärjestelmät.
(E-kirja). Luettu 13.9.2019. <https://www.ellibslibrary.com/tau/9789516723764>

The Complete Active RFID Overview. 14.3.2018. Brian Ray. Luettu 13.9.2019.
<https://www.airfinder.com/blog/active-rfid>

TIEKE. n.d. Sähköinen asiointi kuljetusyritysten kanssa. 28.10.2019.
<https://oma.tieke.fi/pages/viewpage.action?pageId=15111848>

Toimitusketju ja kilpailukyky. n.d. Logistiikan maailma. Luettu 18.9.2019.
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/toimitusketju-ja-kilpailukyky/>

TSP.RFID. n.d. LF/ HF/ UHF Stainless Steel Bolt. Luettu 13.10.2019.
<https://tsp.rfid.com/products/overview.aspx?id=103>

UHF RFID Tag Communications: Protocols and Standards. 20.5.2016.
Suzanne Smiley. Luettu 25.10.2019.
<https://blog.atlasrfidstore.com/uhf-rfid-tag-communications-protocols-standards>

Viivakooditekniikka. n.d. Logistiikan maailma. Luettu 15.9.2019.
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/varastonhallintajarjestelmat/viivakooditekniikka/>

What is EPC Gen 2? n.d. RFID Journal. Luettu 10.10.2019.
<https://www.rfidjournal.com/faq/show?92>

What is ISO 18000-6? n.d. RFID Journal. Luettu 10.10.2019.
<https://www.rfidjournal.com/faq/show?95>

What's the difference between ISO and EPC? n.d. RFID Journal.
Luettu 10.10.2019. <https://www.rfidjournal.com/faq/show?94>

Xiaolin, J & Quanyuan, F & Taihua, F & Quanshui, L. 17.5.2012. RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). Luettu 1.8.2019. (IEEE Xplore tietokanta)

<https://ieeexplore-ieee-org.libproxy.tuni.fi/document/6201508>

LIITTEET:Liite 1. SeCLog-hankkeen tiivistelmä

Hakemusnumero: 305337

Hankekoodi:

2 (15)

Hankkeen nimi: SeCLog - älykäs sähköinen kaupunkilogistiikka

3 Hankkeen perustiedot

Hankkeen julkinen nimi SeCLog - älykäs sähköinen kaupunkilogistiikka	
Alkamispäivämäärä 1.3.2019	Päätymispäivämäärä 28.2.2022
Toimintalinja 2. Uusimman tiedon ja osaamisen tuottaminen ja hyödyntäminen	
Erityistavoite 3.2. Uusiutuvan energian ja energiatehokkaiden ratkaisujen kehittäminen	

4 Tiivistelmä (julkaistaan internetin tietopalvelussa)

4.1 Hankkeen julkinen tiivistelmä (tavoitteet, toimenpiteet, tulokset)

Suomen ja EU:n liikenteen ympäristövaikutusten ja erityisesti kasvihuonepäästöjen vähentämistavoitteet sekä yleiset energiatehokkuustavoitteet heijastuvat kaupunkilogistiikan kehittämiseen. Erilaiset toimenpiteet, joilla tuetaan näiden tavoitteiden saavuttamista niin tavaraliikenteen kuin henkilöliikenteen osalta, ovat tämän hankkeen keskiössä. Sähköisen liikenteen tekniikan kehittyminen sekä digitalisoituminen tarjoavat uudenlaisia mahdollisuuksia kehittämistoimenpiteisiin niin yritys- kuin alue- ja paikallistasolla.

EU:n tavoitteena on vähentää liikenteen kasvihuonepäästöjä vähintään 40 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä ja 80 % vuoteen 2050 mennessä. Suomen keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa ja energia- ja ilmastostrategiassa tavoitteeksi on asetettu vähentää päästöjä 50 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Päästöjen vähentämisessä korostuu paitsi energiatehokkuuden parantaminen myös uusien teknologioiden käyttöönotto. Tavoiteltujen päästövähennysten ja energiatehokkuuden parantamisen saavuttaminen edellyttää näiden käytännön toteutusta alueellisella tasolla ja ottamista merkittävänä tekijänä huomioon alue- ja paikallishallinnon strategioissa ja toimenpiteissä.

Älykäs sähköinen kaupunkilogistiikka -hanke, SeCLog, pyrkii edistämään edellä mainittujen tavoitteiden toteutumista. Hankkeessa kehitetään sähköisiin hyötyajoneuvoihin (sähköbussit, sähkökäyttöiset jakeluautot) perustuvia uusia energia- ja kustannustehokkaampia toimintatapoja ja -malleja ilmastonmuutoksen haasteisiin kaupunkilogistiikan ympäristössä. Näitä toimintatapoja ja -malleja kehitetään konkreettisten kehittämistoimenpiteiden muodossa pirkanmaalaisissa logistiikka- ja kuljetusyrityksissä yhteistyössä alueen eri toimijoiden (julkinen sektori ja yritykset) kanssa. Hankkeen tuloksena syntyy kaupunkilogistiikkaa tukevia älykkäitä sähköisiä ratkaisuja, joista pirkanmaalaiset ICT-toimijat voivat kehittää kaupallisia tuotteita ja palveluita. Hankkeen aikana ja päättyessä tuloksia viestitään laajasti ja aktiivisesti pirkanmaalaisille toimijoille. Hankkeessa järjestetään muun muassa ideariihi- ja seminaarilaisuuksia.

Hankkeessa hyödynnetään Tampereen ammattikorkeakoulun EAKR-rahoitteisessa eTruck-hankkeessa (2016-2017) kehitettyä IoT-tekniikkaan perustuvaa teknologia-alustaa, joka kerää ajoneuvosta tietoja ja mahdollistaa kaksisuuntaisen reaaliaikaisen tiedonsiirron ajoneuvojen ja palvelimen välillä. eTruck-alusta mahdollistaa ajoneuvojen reaaliaikaisen energiankulutuksen mittaamisen ja seurannan, jolloin energiankulutuksen ja päästöjen vähentyminen voidaan tarkasti todentaa. Seurannan avulla sähkökäyttöisten hyötyajoneuvojen toimintavarmuutta voidaan parantaa, kun mahdolliset ongelmatilanteet ja niiden syyt voidaan havaita heti niiden syntyessä. SeCLog-hankkeessa reaaliaikaista tiedonvälitystä voidaan hyödyntää myös esimerkiksi kuljetusreittien määrittämisessä optimaalisesti huomioiden käytettävissä oleva sähköajoneuvojen latausinfrastruktuuri. SeCLog-hanke tuottaa kaupunkilogistiikkaa kehittäviä uudenlaisia älykkäitä digitalisuutta hyödyntäviä ja edistäviä ratkaisumalleja, joilla on mahdollista vähentää paitsi kasvihuonepäästöjä myös kehittää yritysten liiketoimintaa Pirkanmaalla. Samalla hanke tukee julkisen sektorin päästötavoitteiden saavuttamista.

4.2 Hankkeen nimi englannin kielellä

SeCLog - Smart electric CityLogistics