

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone – ja tuotantotekniikka koulutusohjelma

Karelia-amk
Jan Keronen

MATERIAALIVIRTOJEN OHJAUS TEOLLISEN INTERNETIN
KEINOIN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2016
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Karjalankatu 3
80260 JOENSUU
FINLAND
Tel. 013 260 6800

Tekijä(t)
Jan Keronen

Nimeke
Materiaalivirtojen ohjaus teollisen internetin keinoin

Toimeksiantaja
Kirike Oy

Tiivistelmä

Kiina-ilmio toi vuosituhanen taitteessa monelle yritykselle suuria vastoinkäymisiä toiminnan kannattamisen suhteen. Monet yritykset lopettivat toimintansa kannattamattomana ja osa siirtyi halvan työvoiman perässä kaukoitään. Länsimaissa toimivien yritysten kilpailukyvyyn kehityksen myötä alkoi myös teollisen internetin esiinmarssi. Tuotteiden ja palveluiden laatua saatiin parannettua tehostamalla tuotantoa ja tekemällä palveluista asiakasläheisempiä. Teollinen internet toi prosesseihin läpinäkyvyyttä eli antoi asiakkaalle mahdollisuutta seurata prosessin etenemistä.

Tässä työssä keskityttiin kehittämään yrityksen materiaalin hallintaa teollisen internetin työkalujen avulla. Tarkoituksena oli saada aikaiseksi ehdotelma, jonka yritys voi ottaa käyttöön omassa toiminnassaan. Työssä oli tarkoitus pystyä hyödyntämään yrityksessä käytössä olevaa ERP-järjestelmää. Ratkaisussa oli painoarvona ottaa huomioon yrityksen taloudelliset ja fyysiset resurssit, toimintaympäristö ja käyttöönottavuus.

Jo työn alkuvaiheessa oli helppo huomata, että teollinen internet on Suomessa vielä uusi asia. Suurimmat yritykset ovat aloittaneet ottamaan kehitysaskelia kohti älykkäitä järjestelmiä ja teollisen internetin osaajista alkaa olla kysyntää. Palveluita ja koulutusta on alettu toteuttamaan usean eri yrityksen voimin, sekä järjestetty luentoja messuilla ja muissa tapahtumissa. Yrityksen menestymiselle on luotu uusia puitteita, jonka edelläkävijänä on mahdollisuus saada kilpailuetu tuotteiden ja palveluiden tarjoajana.

Kieli
Suomi

Sivuja 39
Liitteet 3
Liitesivumäärä 4

Asiasanat
Teollinen internet, Hadoop Hortonworks, materiaalivirrat, toiminnanohjausjärjestelmä, radiotaajuustekniikka



THESIS
May 2016
Degree Programme in Mechanical Engineering
Karjalankatu 3
80260 JOENSUU
FINLAND
Tel +358 13 260 6800

Author (s)
Jan Keronen

Title
Leading the Material Flows with Industrial Internet Technology

Commissioned by
Kirike Oy

Abstract

At the turn of the millennium China- syndrome brought major hardships for many companies in terms of profitability. A lot of companies were disbanded as unprofitable and others relocated their business to the Far East. The development of the competitiveness of companies operating in the Western world began with the industrial Internet. The quality of products and services was improved by enhancing production and making customer- oriented services. Internet of Things brought transparency to the processes and enabled the customer to track the progress of the process.

This work focused on the development of the company's material management with the tools of industrial internet. The intention was to make a proposition which the company can use in its own operations. The work was supposed to utilize the company's existing ERP system. The main purpose of the solution was to consider the financial and physical resources, environment and ability of commissioning.

At the beginning of this work it was easy to see that the Internet of Things in Finland is still a new thing. The biggest companies have started to take steps towards the development of intelligent systems and experts of industrial internet are beginning to be in demand. Many companies have begun to advertise their services and training, as well as organized lectures in fairs and other occasions. The success of enterprises has created a new framework, which is an opportunity to get a competitive advantage as a provider of products and services.

Language
Finnish

Pages 39
Appendices 3
Pages of Appendices 4

Keywords

Industrial Internet, Hadoop, Hortonworks, material flow, Enterprise Resource Planning, radio frequency identification

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
2	Tuotannonohjaus	7
	2.1. ERP.....	8
	2.2. LEAN	9
	2.2.1. Six Sigma	10
	2.3. Lemonsoft.....	11
3	Teollinen internet	13
	3.1. Big Data.....	15
	3.2. IOT	15
	3.3. M2M.....	16
	3.4. Hadoop	17
	3.5. RFID	19
	3.5.1. RFID- tunnistimet	20
	3.5.2. RFID:n etuja.....	21
4	Nykyhetki yrityksessä	23
	4.1. Tilaus	23
	4.2. Yritykseen saapuvat tuotteet	24
	4.3. Työpisteen materiaalivirta	25
	4.3.1. Saapuva materiaali	25
	4.3.2. Lähtevä materiaali	26
	4.4. Valmis tuote	26
	4.5. Materiaalivirrat rakennusten ulkopuolella.....	27
5	Teollisen internetin työkalut.....	28
	5.1. Hadoop Hortonworks	28
	5.2. Sovellukset	29
	5.2.1. Käyttöliittymät	31
	5.2.2. Integrointi ERP-järjestelmään.....	33
	5.3. RFID- tunnistin.....	34
6	Mahdollisia uhkatekijöitä	35
7	Loppupäätelmä	36

Lähteet

Liitteet

Termistö ja lyhenteet

RFID	Radio Frequency Identification, yleinen tekniikka tuotteen tunnistamisessa ilman fyysistä kosketusta
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
LEAN	Kokoelma työkaluja, joilla pystytään tehostamaan yrityksen tuotannollisia toimia
Six Sigma	Jatkuvan kehittämisen malli.
Big Data	Termillä kuvataan suurien datamäärien liikettä, käsittelyä ja hyödyntämistä liiketoiminnassa.
IoT	Internet of Things, asioiden ja esineiden internet.
M2M	Machine To Machine. Älykkäiden laitteiden kommunikointia.
Hadoop	Ohjelmisto suurien tietomäärien tallennukseen ja käsittelyyn
NFC	Near Field Communication, RFID- tekniikkaa hyödyntävä kehittyneempi yhteys.

1 Johdanto

Teollisesta internetistä, Big Datasta tai esineiden ja asioiden internetistä on Suomessa keskusteltu vasta muutaman vuoden ajan ja silloinkin vain suuremmissa yrityksissä. Suurissa teollisuusmaissa, kuten Saksassa ja Yhdysvalloissa, on teollisen internetin kehitykseen panostettu jo useamman vuoden ajan. Kiina-ilmiö on aiheuttanut länsimaisille yrityksille tarpeen kehittää selkeästi kilpailuvoimaa, jotta tuotannollinen kannattavuus suhteessa halvan työvoimin maihin pystytään saavuttamaan. Tiedon siirtäminen internetiin on lisääntynyt kiihtyvällä tahdilla ja tiedon määrän käsittely ja varastointi on tuonut uusia haasteita, mutta myös uusia mahdollisuuksia kehittää liiketoimintaa ja kilpailukykyä yrityksessä. Tällä hetkellä puhutan vielä kilpailuvaltiosta, mutta parin vuoden päästä menestyvä teollisuusyritys tuskin pystyy enää toimimaan ilman teollisen internetin käyttöönottoa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miten teollisen internetin käyttöönotto yrityksessä mahdollistuisi, miten se näkyisi toiminnassa ja minkälaisia seuraamuksia siitä olisi. Tarkastelun pääpaino on yrityksen sisäisessä toiminnassa, mutta myös yrityksen ulkoista toimintaa asiakkaiden ja tavaran toimittajien suhteen. Työ on rajattu tarkastelemaan työjärjestelyitä ja materiaalivirtoja.

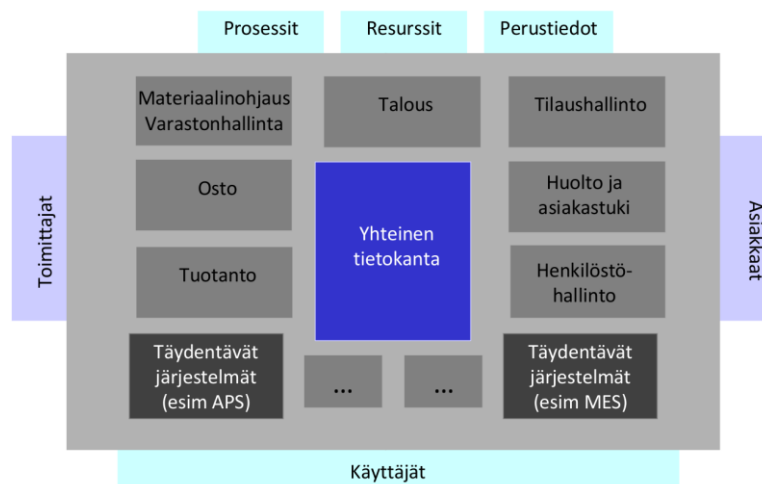
Teollisen Internetin sovellukset ovat lisääntyneet huimasti markkinoilla. Dataa kerätään tuotantolaitteista ja -linjasta, prosesseista, materiaaleista, aihioista aina valmiiseen tuotteeseen. Dataa kerätään syöttämällä käsin, mittareista, antureista, tunnistimista ja kytkimistä. Tässä opinnäytetyössä haettiin sellaista ratkaisua, joka parhaiten soveltuu yrityksen tuotannolliseen toimintaan. Yritykseen on hankittu ERP-tuotannonohjausjärjestelmä, jota silmällä pitäen on tehty sopivin ratkaisu.

2 Tuotannonohjaus

Mitä suurempi yritys on, sitä monipuolisempaa ja laajempaa myös toiminta on. Lähes poikkeuksetta yritykset toimivat yhteistyössä toisten yritysten kanssa joko ostamalla tai tarjoamalla palveluitaan. Kiinnostus toisia yrityksiä kohtaan luodaan yleensä toimintavarmuudella ja laadulla, eli toisin sanoen asiakas saa mitä tilaa. Myös tuotteiden hinnalla on merkitystä, johon pystyy vaikuttamaan usealla eri menetelmällä. Tuotteen hintaan vaikuttaa moni asia kuten läpimenoaika, sarjakoko ja tuotannon tehokkuus. Läpimenoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kestää tuotteen aloitusvaiheesta siihen kun se on valmis. Yksinkertaisen tuotteen tekemiseen menee vähemmän aikaa, kun taas monimutkaisemmassa tuotteessa on enemmän työvaiheita. Jokaisessa työvaiheessa tulee yleensä tuotantolaite valmistella oikeisiin asetuksiin, kuten esimerkiksi sorviin oikeanlainen terä ja työstönopeus. Läpimenoaikaan vaikuttaa se, että miten nopeasti saadaan seuraava työvaihe aloitettua. Aikaa kuluu tuotteen siirtämiseen seuraavaan työpisteeseen ja työhön tarvittavan raakamateriaalin valmistelu. Sarjakoolla on suuri merkitys siihen, kuinka paljon yhden tuotteen tekemiseen menee keskimäärin aikaa. Kun tuotantolaitteeseen on asetettu oikeat asetukset, voidaan työvaihe suorittaa samoilla asetuksilla jokaiselle kappaleelle. Tuotannon tehostamiseen on aikojen saatossa kehittynyt hyviä menetelmiä. Nykypäivänä yrityksissä käytetyt menetelmät ovat saaneet alkunsa 1800-luvulta saakka. On keksitty erilaisia keinoja, joiden avulla saadaan tuotteen valmistusta nopeutettua ja sen laatua parannettua. Kun puhutaan jostain tuotannonohjauksen työkalusta, niin tarkoitetaankin suurta joukkoa menetelmiä ja käytäntöjä. Nämä työkalut eivät kuitenkaan yleensä suoranaisesti toimi yrityksessä, vaan ne täytyy räätälöidä. Lisäksi työntekijöitä ja johtajia tulee kouluttaa ja motivoida uuteen toimintatapaan siirryttäessä.

2.1. ERP

ERP-järjestelmät eli toiminnanohjausjärjestelmät kehittyivät MRP-järjestelmistä, jotka kehitettiin hallitsemaan organisaatioiden tuotannosuunnittelua, -ohjausta ja varastoarvoja. ERP-lyhennys tulee englanninkielisistä sanoista Enterprise Resource Planning. Järjestelmä on kokoelma toisiinsa integroituja moduuleja. Ohjelmia on tarjolla tuotannonohjaukseen, materiaalihallintaan, varastohallintaan, asiakashallintaan, henkilöstöresursseihin, toimitusketjujen hallintaan, valmistuksen hallintaan, projektien hallintaan ja huollon hallintaan. (Stratman Oy 2008.) Kuvassa 1 on Reijo Rautauoman säätiön julkaisema näkemys toiminnanohjausjärjestelmästä. (Kuva 1.)



Kuva 1. ERP- järjestelmän moduulit. (Kuva: Reijo Rautaluoma.)

ERP-järjestelmän käyttöönotto yrityksessä räätälöidään tapauskohtaisesti ja erilaisia palveluita voidaan ottaa käyttöön vaiheittain. Järjestelmän hankkimisessa on myös omat riskinsä, joten käyttöönoton suunnitteluun tulisi panostaa ja arvioida mahdolliset välilliset ja välittömät vaikutukset. Yrityksen johdon ja työntekijät tulisi olla tämän muutoksen takana, jotta uuden järjestelmän käyttöönotto tulisi onnistumaan. Henkilökunnan koulutus vähentää ennakkoluuloja ja lisää kiinnostusta ottaa uusi järjestelmä käyttöön. Työnjohdon motivoiva asenne kannustaa tähän

yhteiseen muutokseen ja kuinka työntekijät saadaan sitoutettua, lisää onnistumisen todennäköisyyttä ERP- järjestelmän käyttöönotolle. (Juhana Simpanen 2013.)

2.2. LEAN

Lean on asiakaslähtöisen prosessijohtamisen malli, joka perustuu virtauksen maksimointiin ja hukan poistamiseen. Tavoitteena on lyhentää läpimenoaikoja erilaisten työkalujen avulla. Yleisimpiä käytössä olevia työkaluja ovat VSM 5S Poka Yoke, Kanban ja imuohjaus. Työkalujen tehtävä on tuoda prosessin ongelmat esille, jotta ne pystytään sitten korjaamaan. Esimiesten tehtävä on löytää ongelmille ratkaisu. Työkalujen ja konseptin väärin ymmärtäminen johtaa suurella todennäköisyydellä Lean-projektin epäonnistumiseen. Tärkeintä olisi omaksua jatkuvan parantamisen ja sopeutumisen ajattelu- ja käyttäytymismallit. (Six Sigma 2016a.)

Pelkkä Lean-työkalujen käyttö ei riitä organisaatiossa, vaan yleensä tarvitaan jonkinlaisia kannustimia toimintatapojen muutokseen. Muutoksessa pyritään päästä konkreettisiin ja mitattavissa oleviin tavoitteisiin. Tällaisia tavoitteita on esimerkiksi pienemmät varastot, parempi koneiden käyttöaste, suurempi kapasiteetti ja virheiden väheneminen. (Kuva 2)



Kuva 1. Toyotan tavoitteet. (Kuva: Six Sigma.)

Tavoitteiden eli vision tarkoitus on luoda toiminnalle suunta, ei niinkään saavuttaminen. Toyotan visiossa on neljä komponenttia, joista ensimmäinen on Nolla-virhe. Tavoitellaan siis toimintaa, jossa ei tapahdu virheitä. Tämä komponentti antaa mahdollisuuden muiden komponenttien onnistumiselle. Toinen komponentti on 100% lisäarvo. Tämä tarkoittaa toimitusketjun kokonaisläpimenoajan lyhenemistä ja asiakkaalle hyödyttömän ajan poistamista prosessista. Kolmas komponentti on peräkkäinen yhden kappaleen virtaus eli prosessi valmistaa tuotteen tai palvelun yksitellen. Neljäntenä komponenttina on varmuus työpaikasta, jossa pyritään muuttamaan omaa ja organisaation toimintaa asiakasta palvelevampaan suuntaan. (Six Sigma 2016b.)

2.2.1. Six Sigma

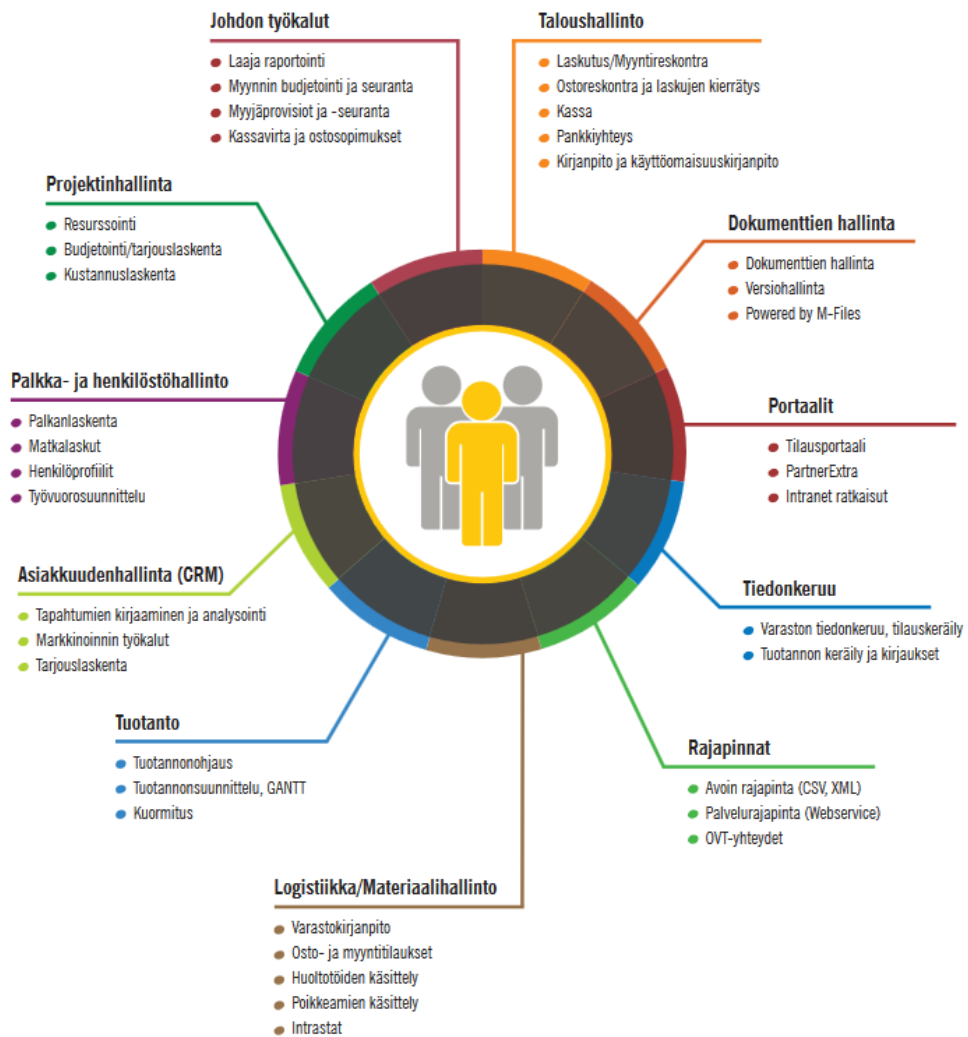
Tietynlaisia tuotannollisia toimintatapoja eli filosofioita on havaittu hyväksi, ne ovat ajan saatossa kehittyneet hyödyllisemmiksi ja ne on nimetty. Six Sigma on kokoelma erilaisia menetelmiä ja käytäntöjä, joilla on tarkoitus kehittää systemaattisesti prosessin suorituskykyä. Menetelmillä ja käytännöillä pyritään kehittämään jatkuvasti toimintaa, joka on määritelty DMAIC-malliksi. (Kuva 3) Lyhennys tulee englanninkielisistä sanoista Define, Measure, Analyze, Improve ja Control. Tämä jatkuvan parantamisen malli tähtää siihen, että pyritään toteuttamaan tilastollisten menetelmien avulla virheettömyyteen. Kun virheiden määrä pienenee, niin myös tuotannon hukkakappaleiden määrä pienenee ja virtauksen (kapasiteetin) määrä kasvaa. Kun tämä laatutaso on saatu toteutettua, tulisi ilmaantua alle 3,4 virheitä miljoonaa virhemahdollisuutta kohden. (Six Sigma 2016c.)

D – Define	→	Tunnista ja rajaa ongelma sekä aseta tavoite
M – Measure	→	Vahvista ongelma, tunnista potentiaaliset ongelman aiheuttajat ja varmista tiedon laatu
A – Analyze	→	Käytä dataa, kerättyä tietoa tutkiaksesi, mitkä prosessin tekijät aiheuttavat ongelman
I – Improve	→	Ratkaistaan ongelma, testataan tekijöitä kokeellisesti
C – Control	→	Luodaan järjestelmä, jolla varmistetaan paremman tilan säilyminen parannusprojektin jälkeen.

Kuva 2. DMAIC-malli ja merkitykset. (Kuva: Six Sigma.)

2.3. Lemonsoft

Lemonssoft tarjoaa yrityksille toiminnanohjaukseen suunnattuja ohjelmistoratkaisuja. Lemonsoft visioi, että heidän ohjelmisto pystyy hoitamaan yrityksen koko toiminnanohjauksen, sekä tukee liiketoiminnan hallintaa ja kehitystä. Ohjelmistot pystytään ottamaan käyttöön joko palveluna tai paikallisesti asennettuna ja niitä pystytään käyttämään myös etäyhteydellä. Tuotteet räätälöidään tapauskohtaisesti, eivätkä ohjelmat ole toimialariippuvaisia. Kuvassa 4 on esitelty Lemonsoft-ohjelmien valikoimaa. (Lemonssoft 2015.) (Kuva 4)



Kuva 3. Lemonsoft- ohjelmisto kokonaisuutena. (Kuva: Lemonsoft Oy.)

Jokainen ohjelmiston osio sisältää erilaisia ohjelmia. Esimerkiksi tuotanto-osio sisältää seuraavia palveluita: Tuotannosuunnitelma, Työnjohdon näkymä, Tekijöiden työjonot, Työajan kerääminen, Visuaalinen Gantt-näkymä tuotantoon, Koneiden kapasiteetin hallinta, Kuormitusnäkyvät graafisesti ja Kattava raportointi.

3 Teollinen internet

Tutkimuslaitos Market-Visio Oy on huomionnut teolliseen internetiin liittyviä käsitteitä käytettävän hyvin erilaisin termein, niin englanninkielisten kuin vapaasti käännettyjenkin termien sekalaisesta käytöstä. Synonyymeinä pidetään käsitteitä ”esineiden internet”, ”asioiden ja esineiden verkottuminen” sekä ”teollinen internet”. Käytettyä termistöä on Market-Visio havainnut yleisesti määriteltävän seuraavan kuvan kaltaisesti. (Kuva 2) (Market-Visio Oy 2014.)

Termi	Selitys
M2M, machine-to-machine	koneiden välinen älykäs viestintä
Asioiden ja esineiden verkottuminen, Internet of Things, IoT	verkottuneet laitteet ja sulautetut järjestelmät, joissa teknologia mahdollistaa laitteen tilojen mittaamisen, niistä viestimisen ja niiden pohjalta toimimisen joko sisä- tai ulkoverkossa
Teollisuuden internet	Industrie 4.0, Saksassa fokuksessa oleva teollisuustuotannon tehostaminen ICT:n avulla
Teollinen internet	teollisuuden murros, jossa tuotantoa ja tehokkuutta parannetaan lisäämällä älykkyyttä innovatiivisen sensoriteknologian, M2M-yhteyksien, teollisuusautomaation kehittämisen sekä reaaliaikaisen tiedonsiirron mahdollistavan ohjelmistokehityksen avulla (GE Industrial Internet)
Digitalisoituminen	liiketoiminnan siirtyminen tai laajentuminen sähköisiin kanaviin, sisältöihin ja transaktioihin.

Kuva 4. Teolliseen internetiin liittyviä yleisesti käytössä olevia määrittelyitä. (Kuva:Sitra.)

Tärkeämpää on kuitenkin ymmärtää näiden käsitteiden takana oleva periaate kuin käyttää juuri sitä yleisimmässä käytössä olevaa termiä. Kuvassa 5 on erityisosaajien määrittelyitä teollisen internetin käsitteestä. (Kuva 5) Myös se on hyvä tietää, minkälaisin termein puhutaan teollisen internetin käsitteestä. Kun aletaan käymään käsitteitä läpi, käsitteellä asioiden internet eli Internet of Things on laajempi merkitys kuin teollisella internetillä, jonka tarkoituksena on tuoda koneet, datan ja ihmiset älykkäästi yhteen. Puhutaan teollisesta vallankumouksesta, josta odotetaan tuovan valmistavalle teollisuudelle valtaisia mahdollisuuksia. Teollisen Internetin kehittyminen tuottaa jatkuvasti uusia

ekosysteemejä ja saksalaiset ovat uskoneet muutoksen aiheuttavan seuraavan suuren vallankumouksen, josta he käyttävät termiä Teollisuus 4.0 eli saksalaisittain Industry 4.0. (Sitra 2014.)

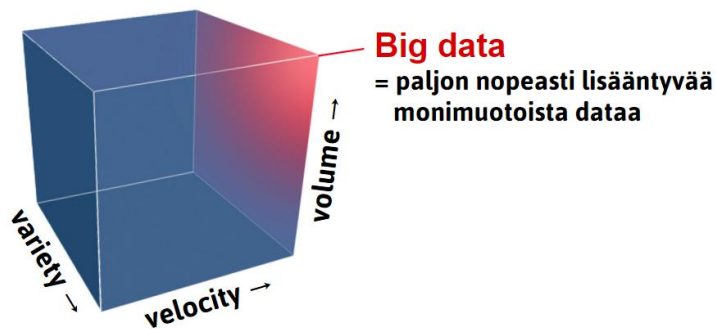
professori Heikki Ailisto, VTT	"Teollisella internetillä tarkoitetaan anturi- ja tietoliikenneteknologioiden sekä kehittyneiden tiedon analysointimenetelmien soveltamista teollisuuden ja palveluiden tuottavuuden parantamiseen ja uusien liiketoimintojen syntymiseen. Usein teollisen internetin käsitteeseen liitetään myös toiminnan digitalisointi laajemmin, esimerkiksi työntekijöiden varustaminen mobiililaitteilla." (Ailiston blogi, www.tieke.fi) "Industrial internet means systematically applying sensor, communication and data analysis technologies for improving productivity and creating new business." (Teollinen Internet 2014 -seminaari)
tj. Pekka Lundmark, Konecranes	"Uusi teknologia on tekemässä mahdolliseksi laitteiden laajamittaisen ja edullisen anturoinnin, mikä puolestaan tekee koneista aivan eri tavalla kuin aiemmin tietoisia omasta tilastaan. Kun laitteet kytketään reaaliajassa verkkoon, avautuu kokonaan uusi mahdollisuuksien maailma teollista tuottavuutta parantavien palveluiden tarjoamiseen." (Lundmarkin Toimitusjohtajablogi 15.8.2013, Teknoliateollisuus ry)
professori Jukka Manner, Aalto-yliopisto	"Industrial Internet is a Use Case." Teollinen internet on B2B-puolen käyttöta- paus. (haastattelu 15.5.2014)
Market-Visio (2014)	Teollinen internet = teollisuuden murros, jossa tuotantoa ja tehokkuutta parannetaan lisäämällä älykkyyttä sensoriteknologian, M2M-yhteyksien, teollisuusautomaation kehittymisen sekä reaaliaikaisen tiedonsiirron mahdollistavan ohjelmistokehityksen avulla. (GE: Industrial Internet)
Teollisen yrityksen digitalisoi- tumi- sen käsikirja.	Teollisuuden tuotannon ja tehokkuuden parantamista lisäämällä laite- ja järjestelmäkantaan älykkyyttä ohjelmistokehityksen avulla sekä (automatisoidun) päätöksen mahdollistamista reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon perustuen. (Teknoliateollisuus 2014)

Kuva 5: Teollisen internetin määritelmiä. (Kuva:Sitra.)

Teollisen Internetin käyttöönotto yrityksessä on määritelty kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa tapahtuu laitetason verkoittuminen, jolloin koneenrakennuksen ja IT-järjestelmäosaaminen yhdistetään älykkäästi. Toisessa vaiheessa integroidaan tehdastasolla laitteet yhdistyvät älykkäästi. Kolmannessa vaiheessa verkoitetaan koko toimitusketju saumattomasti yhteen. (Sitra 2014.)

3.1. Big Data

Teollisen internetin yhteydessä käytetään myös termiä Big Data. Datavirrat ovat avainasemassa puhuttaessa teollisen internetin hyödyistä ja ominaisuuksista. Big Data ei eroa tavallisesti tunnetusta datasta millään tavoin, vaan nimitys tulee siitä minkälaisia painoarvoja se saa. Tietoa kerätään sensoreista, laitteista ja järjestelmistä, joiden avulla saadaan erilaisia analyyskejä. Dataa tulee huomioida ja osata käsitellä sen monimuotoisuuden, paljouden, nopeuden, kuinka se syntyy ja kuinka siihen tulee reagoida. (Kuva 6) Tästä Big Datasta puhuttaessa käytetään myös termejä open data, linked data, mydata tai smart data. (Salo 2014.)



Kuva 6. Big Data- ulottuvuudet. (Kuva: Immo Salo.)

3.2. IOT

Internet of Things on käännetty suomenkieliseksi versioksi joko asioiden internet tai esineiden internet. Se on profiloitunut terminä enemmän kuluttajalle suunnattuihin tuotteisiin ja palveluihin kuin teollisuuden tarpeisiin. IoT:n tehtävä on nosta tuotteen ja palveluiden arvoa ja kehittää tuotetta anturoimalla, välittämällä ja analysoimalla tietoa nopeasti ja edullisesti. IoT tarkastelee kehitystä asiakkaan näkökulmasta, kun taas teollinen internet tarkastelee prosessinäkökulmasta. (Juhanko ym.,2015.)

Seuraavassa kuvassa on eri toimijoiden oma näkemyksensä IoT-lyhenteestä. (Kuva 7)

Lähde	Määritelmä	Avainsanat
Euroopan parlamentin päätöslauselma 15. kesäkuuta 2010 esineiden internetistä.	Termi "esineiden internet" viittaa yleiseen käsitteeseen esineistä, jotka ovat luettavissa, tunnistettavissa, tavoitettavissa, paikannettavissa ja/tai hallittavissa internetin avulla tietyn välimatkan päästä.	esineet luettavissa tunnistettavissa tavoitettavissa paikannettavissa hallittavissa etänä
Market-Visio (2014)	Asioiden ja esineiden verkottuminen / IoT= Verkottuneet laitteet ja sulautetut järjestelmät, joissa teknologia mahdollistaa laitteen tilojen mittaamisen, niistä viestimisen ja niiden pohjalta toimimisen joko sisä- tai ulkoverkossa.	verkottuminen laitteet ja sulautetut järjestelmät laitteen tilojen mittaus sisä- tai ulkoverkko
McKinsey (2013)	The Internet of Things: Networks of low-costs sensors and actuators for data collection, monitoring, decision making, and process optimization.	halvat sensorit datankeruu/monitorointi päätöksenteko prosessioptimointi
RFID Journal (2014)	[RFID Journal] decided that if a company is reading RFID tags on products, inventory, assets and other items ...and data is collected and shared with third parties or consumers, then it would be [an IoT story].	luetaan tagejä dataa kerätään /jaetaan kolmansille osapuolille tai kuluttajille yrityksen sisäinen käyttö ei IoT:tä
Telecomcircle.com (2014)	The Internet of Things (IoT) is a scenario in which objects, animals or people are provided with unique identifiers and the ability to automatically transfer data over a network without requiring human-to-human or human-to-computer interaction.	esineet, ihmiset tai eläimet yksilöllinen tunnistus automaattinen tiedon siirto verkon yli
Teollisen yrityksen digitalisoinnin käsikirja. Teknologiateollisuus (2014)	Asioiden ja esineiden verkottuminen (Internet of Things): laitteista kerättävän (mittaus) datan siirtämistä, analysointia sekä niiden pohjalta automatisoitua toimintaa sekä suljetussa että avoimissa tietoverkoissa.	mittausdatan kerääminen datan siirtäminen datan analysointi automatisoitua toimintaa sisä- tai ulkoverkossa

Kuva 7. IoT-määritelmiä. (Kuva:Sitra.)

3.3. M2M

Lyhennys M2M tulee sanoista Machine To Machine. Termillä tarkoitetaan millä tahansa tekniikalla toteutettua laitteiden välistä kommunikointia, joka tapahtuu verkon välityksellä. Tyypillisesti M2M-viestintää käytetään automaatiolaitteissa,

robotiikassa, liikenteen ohjauksessa, logistiikkajärjestelmissä, kaluston ja toimitusketjujen hallinnassa. Tyypillisesti dataa kerätään antureilta ja tunnistimilta, joka lähetetään verkon kautta toiselle laitteelle analysoitavaksi. Laitteita ja verkkoa kutsutaan älykkäiksi, kun ne eivät tarvitse ihmisen toimintoja toimiakseen. Tällä hetkellä M2M-termiä ei ole standardoitu, joten nimitystä voi käyttää kaupallisissa tuotteissa vapaasti. (Rouse 2010.)

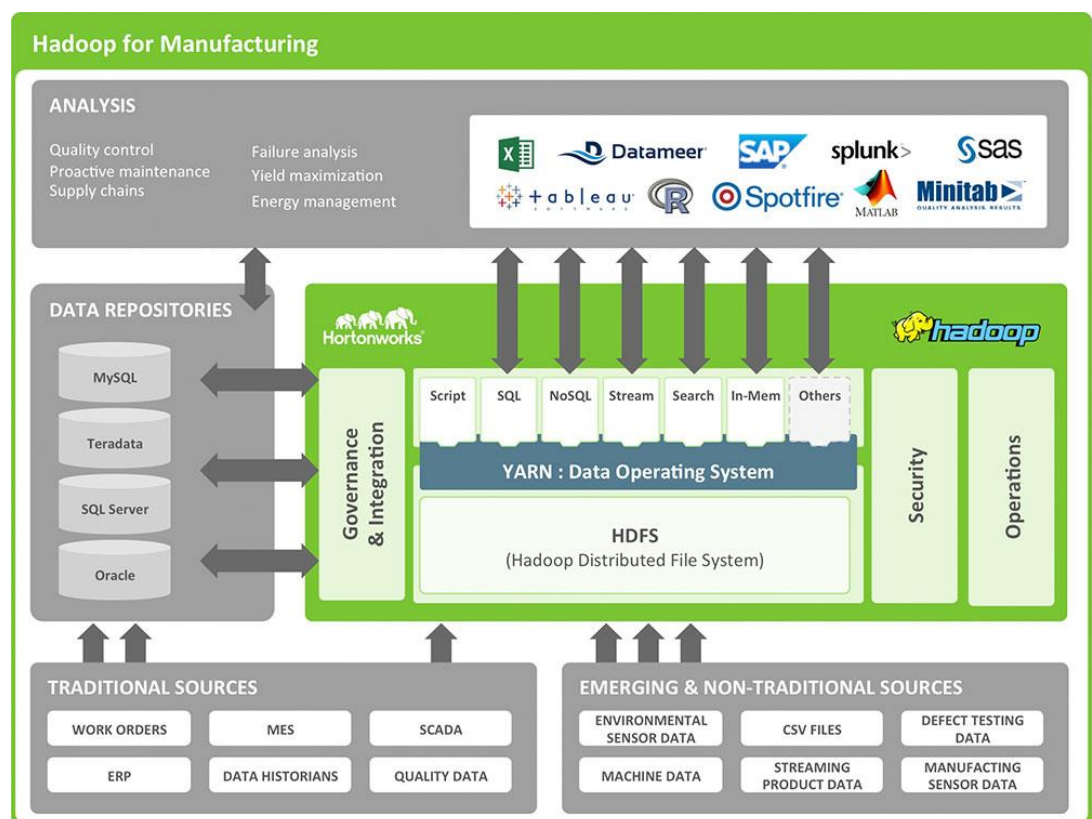
M2M:n vaatimuksia on skaalautuvuus eli suuria määriä laitteita pystytään verkottamaan keskenään. Ongelmaksi saattaa aiheutua, että yrityksen verkko ylikuormittuu. Toinen vaatimus on muunneltavuus, joka tarkoittaa erilaisiin toimintaympäristöihin muokkautumista. Näkymättömyys on vahva vaatimus M2M-sovelluksissa. Tämä tarkoittaa, että sen toiminta ei tarvitse ollenkaan ihmisen valvontaa. M2M-laitteen toimintavarmuus tulee esille erityisesti niissä tilanteissa, joissa on kyse ihmisen hengestä. Tällöin sovellukselta vaaditaan matalaa latenssia ja korkeaa luotettavuutta. Vaikka M2M on suunniteltu kehittämään toimintaa, niin yhtenä vaatimuksena on myös asiakkaan yksityisyyden säilyttäminen. Tiedon välittämisen tulee rajoittua niin, ettei se loukkaa yksityisyyttä. Vaatimusten lisäksi ilmenee rajoitteita, jotka tulee huomioida M2M-ympäristöä suunnitellessa. M2M-laitteiden suorituskyky voi olla paljon matalampi muihin laitteisiin nähden. Esimerkiksi paristoilla toimivien ja erityisen hankalassa ympäristössä olevien antureiden ja tunnistimien suorituskyky on yleensä matala. (Boswarthick ym, 2012, 3-5.)

3.4. Hadoop

Hadoop on avoimen lähdekoodiin pohjautuva järjestelmä eli sitä pystyy vapaasti kehittää ja muokata. Ensimmäinen Hadoop-versio julkaistiin vuonna 2007. Tärkeimpänä tehtävänä oli estää tallennuskapasiteetin hukkakäyttö ja tähän tarkoitukseen järjestelmään kehiteltiin jaettu levynhallintaohjelma HDFS eli Hadoop Distributed File System. HDFS luo palvelinklusterin eli yhdistää

virtuaalisoidut ja fyysiset palvelimet yhdeksi loogiseksi kokonaisuudeksi. Klusterin hyviä puolia on edullisuus, toimintavarmuus ja skaalautuvuus. Edullisuus perustuu avoimeen lähdekoodiin eli kalliita lisenssimaksuja ei tarvitse maksaa. Toimintavarmuus perustuu hajautettuun dataan eli yhden palvelimen vikaantuminen ei johda klusterin toimimattomuuteen eikä datan menetykseen. Hadoopin keskeisimpiä käsitteitä on skaalautuvuus eli toimintaympäristössä voi tapahtua suuriakin muutoksia, eikä toiminta silti häiriinny. (Salo 2014, 73-74.)

Järjestelmä on kokoelma useita eri työkaluja, joita voi täydentää useilla erilaisilla komponenteilla. Hadoop-ohjelmasta on olemassa sekä ilmaisia että kaupallisia versioita. Kaupalliset versiot ovat pidemmälle kehiteltyjä ja niiden ominaisuuksia on muokattu. Ilmaisversion käyttöönotto vaatii vahvaa Hadoop-osaamista ja järjestelmän ylläpito on hankalampaa. Kaupallinen versio on yleensä pidemmälle kehitelty ja ohjelmisto on suunniteltu toimivaksi kokonaisuudeksi. Kehittäjien välinen kilpailu on myös aiheuttanut sen, että järjestelmää pyritään parantelemaan jatkuvasti kilpailukykyisemmäksi. (Iconiq Inc 2016.) Esimerkkinä kehitellystä järjestelmästä on Hadoop Hortonworks (Hortonworks 2015). (Kuva 9)



Kuva 8. Hadoop Hortonworks. (Kuva: Hortonworks.)

YARN on Hadoop:in komponentti, joka hallitsee klustereiden työkuormaa ja resursseja. YARN valvoo resursseja ja seuraa ohjelmia ja päättää, mikä siihen kytketty työkalu saa milloinkin käyttää klusteria. YARN:in resursointi jaetaan kahteen osaan, joista toinen hoitaa töiden ajoittamisen ja toinen ohjelmakontrollin. (Salo 2014, 74.)

Yksi näistä YARN:in ohjailemista komponenteista on Map/Reduce, joka on suunniteltu tiedon muokkaamista ja yhdistämistä varten. Käsitelty data on tällöin luettavissa ja analysoitavissa aiempaa paremmin. Tez on uusi Map/Reduce-ohjelma, joka mahdollistaa monta samanaikaista ajoa. Sen tarkoitus on monipuolistaa ja nopeuttaa Hadoop:in analytiikkaa. (Salo 2014, 74.)

HBase ja Hive ovat tietokantoja käsitteleviä ohjelmia. Hive:n avulla voidaan tehdä SQL-kyselyjä ja tallennettua metadataa pystyy hyödyntämään myös muissa työkaluissa. HBase toteuttaa NoSQL-tietokannan, joka tukee useamman yhteyden kytkeytymisen. HBase:n vahvuus on, että se tukee erityyppisiä rajapintoja, kuten Java. (Sirkesalo 2015.)

Tarjolla on jatkuvasti kasvava määrä eri kehittäjien valmistamia työkaluja. Järjestelmän suunnittelijan tehtävä on löytää toimivin kokonaisuus, joka palvelee parhaiten yrityksen toimintaa.

3.5. RFID

RFID-lyhennys tulee englanninkielisistä sanoista Radio Frequency Identification ja on yleisnimitys erilaisille radiotaajuuksilla toimiville tekniikoille. RFID-tekniologialla on tarkoitus havainnoida tuotteita ja asioita, tunnistaa ja yksilöidä. RFID-tunnisteelle tallennetaan tietoa ja siitä voi lukea tietoa langattomasti. RFID-lukija kerää tiedon, joka on taustajärjestelmän käytettävissä. Tiedonsiirron

yhteydessä lukija siirtää energiaa tunnisteele. (RFID Lab Finland ry 2016.) (Kuva 16)



Kuva 9. RFID-järjestelmän toiminta. (Kuva: Lab Finland ry.)

RFID-järjestelmiä toimii eri toimintataajuuksilla, jotka on jaoteltu LF-, HF-, UHF- ja mikroaaltoalueiksi. LF-taajuudeksi on määritelty 125kHz ja tämän taajuuden tekniikkaa käytetään kulunvalvontalaitteissa ja eläintunnistuksessa. HF-tekniikan toimintataajuus on standardoitu 13,56 MHz:iin ja etuna tälle taajuudelle on hyvä materiaalin läpäisevyys, häiriösietoisuus teollisuusympäristössä sekä helppo lukualueen rajaaminen. UHF-laitteen toiminta perustuu far field -tekniikkaan, jossa tunniste ja lukija kommunikoi sähkömagneettisen säteilyn avulla, kun LF- ja HF- järjestelmät käyttävät induktiivista kytkentää. Euroopassa sallittu UHF-taajuus on 869 MHz. Koska UHF-järjestelmä on häiriöherkkä metallien ja nesteiden läheisyydessä, on siitä kehitelty lähikenttä- UHF (Near Field UHF). Lähikentän toimintasäde on 20 cm ja se tekee järjestelmästä häiriösietoisemmän kuin tavallinen UHF. (RFID Lab Finland ry 2016b.)

3.5.1. RFID-tunnistimet

Tunnistintyyppit jaotellaan niiden virran käytön mukaan:

- Passiivinen tunnistin saa tiedonsiirtoenergiansa lukijasta. Tunnistin reagoi vain lukijan komentoihin ja sillä on heikko prosessointi- ja kommunikointikyky.
- Paristokäyttöinen tunnistin aktivoituu, kun lukija tuodaan lähelle. Suoritin pystyy toimimaan oman virtalähteen ansiosta.
- Aktiivinen tunnistin pystyy virtalähteen ansiosta lähettämään tunnistesignaaleja määrääjain. Toimintaetäisyys lukijaan ja tietoturva ovat myös muita tyyppisiä parempi.

(RFID Lab Finland ry 2016.)

3.5.2. RFID:n etuja

RFID:llä on monia etuja, kun alkaa vertaamaan esimerkiksi viivakoodiin tai QR-koodiin. Koodin määrä on RFID-tunnistimessa paljon suurempi ja sitä pystytään muokkaamaan. Tallennuskapasiteeteista RFID:stä puhuttaessa käytetään jo kilotavuja yksikkönä, kun viivakoodiin mahtuu vaan muutamia kymmeniä merkkejä. Tallentaminen RFID-tunnistimeen tapahtuu lukijan avulla, joka ei tuhlaa luonnon varoja samalla tavoin kuin viivakoodin tai QR-koodin tulostaminen. Vaikka RFID-tunnistimen valmistus on monimutkaisempaa ja kuluttaa energiaa, kestää se tuhansia tallennuskertoja, toisin kun viivakoodi ja QR-koodi on kertakäyttöinen.

RFID-tunnistimen voi sijoittaa hyvin monipuolisesti eri kohteisiin. Tyypillisesti RFID-tunnistin on integroitu muovikuoren sisään. Näin tunnistin kestää kosteutta ja mekaanista kulutusta paremmin. Tällaisia RFID-tekniikan sovelluksia ovat esimerkiksi tunnistusrannekkeet, tunnistepannat ja kulunvalvontakortit. Hyvin yleinen on myös yhdistää RFID-tunnistin tarrapaperiin. Erilaisissa anturiratkaisuissa on käytetty RFID-tunnistusta. RFID:n etuna on se, että se ei

vaadi tunnistukseen kosketusta eikä tarvitse olla näkyvissä. RFID-tunnistimia on asennettu eläimien kaulapantoihin ja ihon alle. RFID:tä on siis useampaan käyttötarkoitukseen.

Mobiililaitteisiin on nykyisin sisällytetty NFC-ominaisuus. NFC:ssä tekniikka on ihan sama kuin RFID:ssä, mutta NFC- laite voi olla sekä tunnistin että lukija sekä laitteiden välille voidaan muodostaa laitepareja. Vaikka mobiililaitteissa on NFC-tunnistus, on laitteisiin integroitu myös RFID-lukija. (RFID Lab Finland ry 2016.)

4 Nykyhetki yrityksessä

Tällä hetkellä yritys toimii kahdessa eri tuotantorakennuksessa Outokummun teollisuuskylässä. Yritykseen on hankittu tuotannonohjausjärjestelmä Lemonsoft Oy:lta parisen vuotta sitten. Kirike Oy on ottanut palveluista käyttöönsä asiakasrekisterit, tarjouslaskenta, tuotanto, myynti, ostot, palkat, työaikaleimaukset ja kirjanpito. Yrityksessä on käytössä Windows 7-käyttöjärjestelmällä varustetut tietokoneet, joihin tämä ohjelmisto on otettu käyttöön paikallisesti.

Tuotantotiloissa suoritetaan hitsausta käsin ja robotilla, sorvausta, jysintää, aarporausta, pintakäsittelyä ja kokoonpanoa. Yrityksellä on vakituisia asiakkaita, mutta tilauksia tulee myös yksittäisiltä tilaajilta. Yrityksen erityisosaamista on työkoneiden osakokonaisuuksien vaativat hitsaukset, koneistukset ja maalaukset.

4.1. Tilaus

Tyypillinen tilaus asiakkaalta toteutuu niin, että asiakas on laatinut tilauslistan, jonka yritys joko käy lataamassa internetin välityksellä tiedonsiirtona tai se on saapunut sähköpostina. Yrityksen myyntitilausten käsittelijä kirjaa tilauksen ERP-järjestelmään, jonka jälkeen ERP varaa resurssit ja materiaalit sekä määrittää karkean aikataulun. Karkean kuormituksen jälkeen työnjohto suorittaa hienosäädön ja vapauttaa työt tuotantoon. Yleensä tuote suunnitellaan valmistuvaksi pari päivää ennen asiakkaan toivetta.

4.2. Yritykseen saapuvat tuotteet

Saapuvia tuotteita tulee sekä alihankkijoilta että materiaalin valmistajilta asiakkaalta tulleen tilauksen mukaisesti. Tilauksen saapuessa materiaalimies purkaa kuorman ja sijoittelee sen joko varastorakennuksen lattialle tai ulos. Vastaanottotarkastuksen jälleen tuotteet sijoitellaan varastorakennukseen ja niille on määriteltä omat paikkansa. Tilauksen saapuessa materiaalimies vastaanottaa lähetyksen eli tarkistaa ja hyväksyy saapuvan erän. Tarkistamaton tuote on varaston lattialla, jolloin se ei ole vielä tuotannon käytettävissä. Tarkistaminen tapahtuu vertaamalla tilauslistaa saapuneeseen tuotteeseen ja hyväksyminen kuittaamalla lähetykslistan. Tämän jälkeen tuote voidaan sijoittaa omalle paikalleen hyllyyn ja se on tuotannon käytettävissä. Hyllyssä olevan koodi tulee täsmätä tuotteessa olevan kanssa.

Raakamateriaali tulee yleensä isommissa erissä ja ne vievät enemmän tilaa. Levyt, putket, tangot tulevat yleensä aika pitkinä ja tilaa vievinä erinä, joka tuo omat haasteellisuutensa varastointiin. Osa materiaalista voidaan varastoida ulos ja osa varastorakennukseen.

Raaka-aihoita tulee tilausmäärien mukaan. Materiaalimies tarkastaa tuotteet ja sijoittaa ne sen jälkeen omille paikoilleen hyllyyn. Raaka-aihiota säilytetään varastossa yleensä hyvin lyhyen ajan, koska ne tilataan aina tiettyä valmistuserää varten ja ne voi saapua pienemmissä erissä. Raaka-aihioiden siirtäminen tapahtuu silloin, kun tuotetta aletaan valmistaa, jolloin materiaalimies saa tiedon ensimmäisen työvaiheen tekijältä, että tuote tulee siirtää varastosta tuotantotiloihin.

4.3. Työpisteen materiaalivirta

Työpisteet on sijoitettu yrityksessä kahteen eri rakennukseen. Ensimmäisessä rakennuksessa on osavalmistusta (jyrsintä, poraus, sorvaus ja sahaus) sekä loppukoneistusta (aarporaus). Jälkimmäisessä rakennuksessa on loppukoneistusta (aarporaus), hitsausta (robotti- ja käsihitsaus), pintakäsittelyä ja kokoonpanoa.

4.3.1. Saapuva materiaali

Tyypillisesti tuote etenee tuotantolinjalla niin, että ensin valmistetaan tarvittavat osat, hitsataan ne yhteen, maalataan, loppukoneistetaan ja kokoonpannaan. Tuote tuodaan työvaiheeseen joko varastosta tai edelliseltä työpisteeltä. Työvaihetta odottavalle tuotteelle on työpisteen läheisyydessä hylly, johon materiaalmies ne trukilla kuljettaa. Hitsausvaiheessa tuotteeseen liitetään useampi osa, jolloin näiden osienkin tulisi olla valmiiksi saapuneita, jotta työ voidaan aloittaa. Tuotteesta riippuen hitsaus tapahtuu joko käsin tai robotilla. (Kuva 11)



Kuva 10. Hitsausrobotti toiminnassa tuotantolinjalla. (Kuva: Kirike Oy.)

Hitsattu tuote siirretään maalaamon joko kuormalavalla tai kuljetustelineessä. Kun tuote tulee pintakäsittelyyn, niin jokainen kappale siirretään maalaustelineeseen. Osalle tuotteista on suunniteltu omanlaisensa maalaustelineet-

4.3.2. Lähtevä materiaali

Työvaiheen valmistuttua tuote siirretään pois työpisteeltä. Siirtojen apuna käytetään nosturia, jolla kappale siirretään trukkilavalle. Lava siirretään yleensä nosturilla jonnekin ovenpieleen, että siitä sen voi siirtää seuraavaan työpisteeseen. Ohjeeksi materiaalimiehelle lisätään lappu, minne tuote menee seuravaksi.

Kun työvaihe on valmistunut, kuitataan se toiminnanohjausjärjestelmässä (ERP) tehdyksi. Jokainen työntekijä on vastuussa tekemästään työstä ja hän tarkastaa tuotteiden oikeellisuuden. Työvaiheen opasteessa on mainittu työssä määritellyt tarkkuudet ja laadut, joita tulee noudattaa.

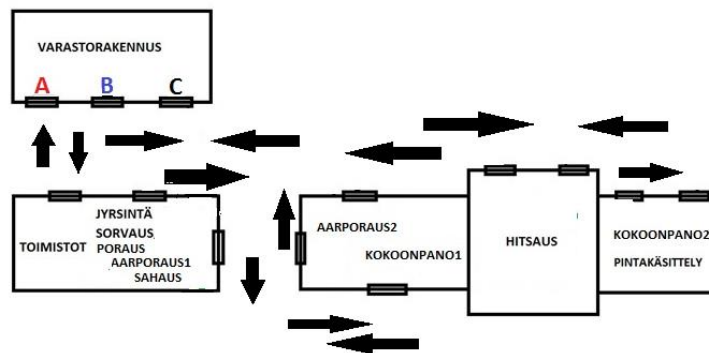
4.4. Valmis tuote

Kun tuotteen viimeinen työvaihe on suoritettu, niin se hyväksytään valmiiksi. Tuotteen laatu tarkastetaan jokaisen työvaiheen yhteydessä, joten varsinaista lopputarkastusta ei suoriteta muuten kuin silmämääräisesti. Kuitenkin ensierä tuotteet tarkistetaan laajemmin ja useamman silmäparin toimesta. Tuotteeseen lisätään yksilöidyt merkinnät, jonka perusteella tiedetään tarkkaan, mihin laitteeseen tuote asennetaan. Lähetettävä tuote koostuu useammasta erillisestä osasta ja tätä valmista pakettia kutsutaan setiksi. Setti sisältää osia, jotka tulevat asennettavaksi samaan laitteeseen asiakkaalla.

Setin lähetyskuntoon laitto toteutetaan viimeisessä työvaiheessa ja se on yleensä kokoonpano. Kun tuote on lähetyskunnossa, materiaalimies käy siirtämässä setin varastoon lähteviin tuotteisiin. Kuljetus on toteutettu yöllä tapahtuvaksi.

4.5. Materiaalivirrat rakennusten ulkopuolella

Materiaalimies huolehtii talon sisäisistä ja ulkoisista materiaalivirroista. Työpisteellä olevan työntekijän on huolehdittava, että materiaalimies kuljettaa trukilla tuotteet seuraavalle työpisteelle. Kuitenkin tämän tiedon välittäminen tarpeesta, että tuotteita tulisi siirtää työpisteelle, voi usein olla aikaa vievää. Tieto kuljetuksen tarpeesta ei välity materiaalimiehelle kuin keskustelemalla kasvotusten. Vaikka materiaalimies saisikin tiedon mikä tuote pitää siirtää minnekin, voi oikean tuotteen löytämisessä olla hankaluuksia. Myöskin odotusajat voivat olla pitkät, jos materiaalimiehellä sattuu juuri silloin olemaan muuta tekemistä. Kuvassa 12 on kuvattu materiaalimiehen liikkeitä yrityksen pihalueella. (Kuva 12)



Kuva 11. Materiaalimiehen liikkuminen tuotantotilojen ulkopuolella.

Teollisen internetin työkalut

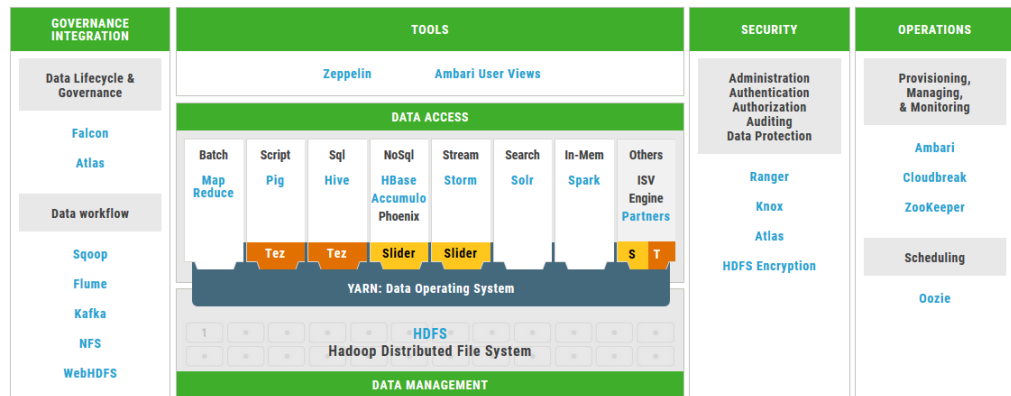
Mietin ongelmaa siitä näkökulmasta, että mikä järjestelmä tarjoaisi parhaimman ratkaisun. Kaupallisia ohjelmistoa löytyy hyvin laaja valikoima ja yleensä jokaisella on tarjota laitteisto samassa paketissa. Ongelmaksi muodostui se miten voisi yhdistää kahden eri palveluntarjoajan järjestelmät keskenään toimivaksi ratkaisuksi, sillä vaatimuksena oli hyödyntää jo olemassa olevaa ERP-järjestelmää. Lisäksi nämä kaupalliset järjestelmät tuntuivat aika kankeilta taipumaan tämän työn vaatimaan suoritukseen, eivätkä ne vastanneet suoranaisesti tämän työn tavoitteita.

Hadoop-järjestelmän perustuminen avoimeen lähdekoodiin eli käyttäjän mahdollisuuden muokata ohjelmistoa, oli mielestäni paras ratkaisu suunnitella teollisen internetin ympäristöä.

4.6. Hadoop Hortonworks

Tässä opinnäytetyössä vertailin kolmea eri kaupallista Hadoop-versiota ja tarkastelin ominaisuuksia, jotka olisivat sopivimmat Kirike Oy:n toiminnalle tällä hetkellä ja tulevaisuudessa. Järjestelmistä tuli vaihtoehtoiksi Hadoop:in kolme eri jakeloversiota: Hortonworks, Cloudera ja MapR. Näistä järjestelmistä valitsin Hortonworks:in useasta eri syystä. Hortonworks on ainoa järjestelmä, josta löytyy tuki yrityksessä käytössä oleviin Windows-käyttöjärjestelmiin. Hortonworks on myös näistä kolmesta järjestelmästä kaikista monipuolisin ja se on suunnattu käytettäväksi yrityksissä. Järjestelmä on intergoitavissa erilaisten muiden ohjelmistojen, järjestelmien ja laitteistojen kanssa. Järjestelmästä löytyy myös ERP-rajapinta, jonka hyödyntäminen oli opinnäytetyön yksi vaatimus.

Seuraavassa kuvassa on esitelty Hortonworks-arkkitehtuuria (Hortonworks 2016a). (Kuva 13)



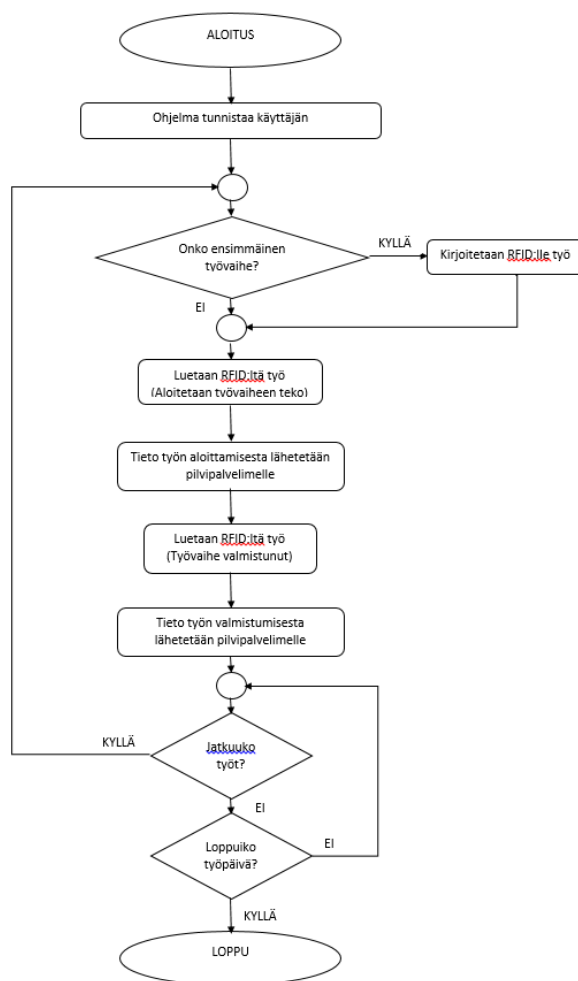
Kuva 12: Hortonworks:n ohjelmapaketti. (Kuva: Hortonworks.)

Hortonworks tarjoaa asiakkailleen hyvin monipuolisesti erilaisia palveluitaan. Palveluita löytyy esimerkiksi järjestelmän arkkitehtuurin suunnitteluun, järjestelmän asentamiseen ja turvallisuuden varmistamiseen. Järjestelmästä itsestään on tarjolla kolme eri tyyppistä palvelupakettia: HDP Jumpstart, HDP Enterprise ja HDP Enterprise Plus. Eroa näillä paketeilla on se, että kuinka paljon ohjelmia käyttäjä tarvitsee ja tukipalveluiden satavuus. Liitteessä 1 on palvelupakettien vertailutaulukko.

4.7. Sovellukset

Ohjelmat toteutetaan Java- ohjelmoinnilla Windows-ympäristöön sekä Android-laitteille. Tiedonsiirto laitteiden välillä toteutuu langatonta lähiverkkoa hyödyntäen. Laitteet keräävät tietoa RFID-tunnistimelta. Pilvipalvelimelle kerätään kaikki tieto, josta se on sekä Hadoop:in että Java-sovellusten käytössä. Sovelluksia tulee kaksi erilaista, materiaalimiehelle ja työpisteissä

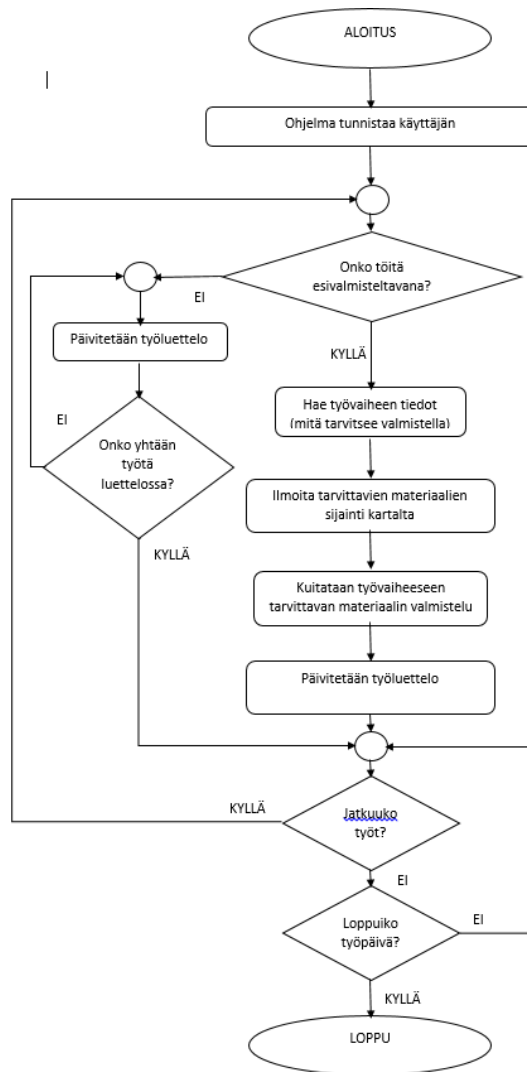
työskentelijoille omansa. Sovellus noutaa ERP-järjestelmän työjonon datan pilvestä, josta se ehdottaa työtä työntekijälle tehtäväksi. Työntekijä kuittaa työn ottamalla sen vastaan ja työ merkitään aloitetuksi. Kuittaus tapahtuu lukemalla työn mukana oleva RFID-tunnistin. Kun tunnistin on luettu, niin ohjelma käy hakemassa työjonosta seuraavan työn. Työvaiheen valmistuttua kuitataan se lukemalla RFID-tunnistin uudestaan. Tällöin työ näkyy suoritettuna, tieto siitä lähetetään pilveen ja jäädään odottamaan seuraavan tunnisteiden lukemista. Sovelluksen vuokaavio kuvassa 14. (Kuva 14)



Kuva 13. Diagrammi tuotannon sovelluksesta.

Materiaalimiehen ohjelma tunnistaa valmistuneet ja seuraavaksi tuotantoon tulevat työt, joiden tiedot saadaan pilvestä. Kun tuotantopisteellä aloitetaan työn valmistus, niin materiaalimiehelle tulee tieto seuraavasta työstä. Myös työn valmistuminen ilmoittaa materiaalimiehelle, että kappaleet voi siirtää seuraavalle

tuotantopisteelle. Materiaalimiehen sovelluksen diagrammi on kuvassa 15. (Kuva 15)



Kuva 14. Diagrammi materiaalimiehen sovelluksesta.

4.7.1. Käyttöliittymät

Käyttöliittymiä tulee omanlaisensa sekä materiaalimiehelle (Kuva 16) että tuotantotyöntekijöille. (Kuva 17) Käyttöliittymät on aika yksinkertaisia, että niitä olisi helpompi ohjata kosketusnäytöltä. Lisäksi on pyritty sisällyttämään vain

oleellinen tieto, että käyttöliittymä olisi selkeästi ja nopeasti havainnoitava. Periaatteena on käyttää värikoodeja sen mukaan, missä vaiheessa työ on milläkin työpisteellä. Punainen väri merkitsee, että tuote ei ole vielä valmis seuraavaa työvaihetta varten. Keltainen väri merkitsee, että työ on mahdollista aloittaa. Vihreä väri merkitsee, että työ on aloitettu. Työt haetaan järjestelmään siinä järjestyksessä, johon ne ovat työjonossa järjestäytyneet. Työjonoa tulee tarkistaa tietyin väliajoin, jotta tapahtuneisiin muutoksiin pystyttäisiin reagoimaan reaaliaikaisesti.

TYÖNTEKIJÄ SIMO SORVARI

SEURAAVA TYÖ

7900 (työkortin numero)
F622797x35 (työvaiheen tunniste ja sarjakoko)

TUOTE TYÖN ALLA

7657 (työkortin numero)
F638437x16 (työvaiheen tunniste ja sarjakoko)

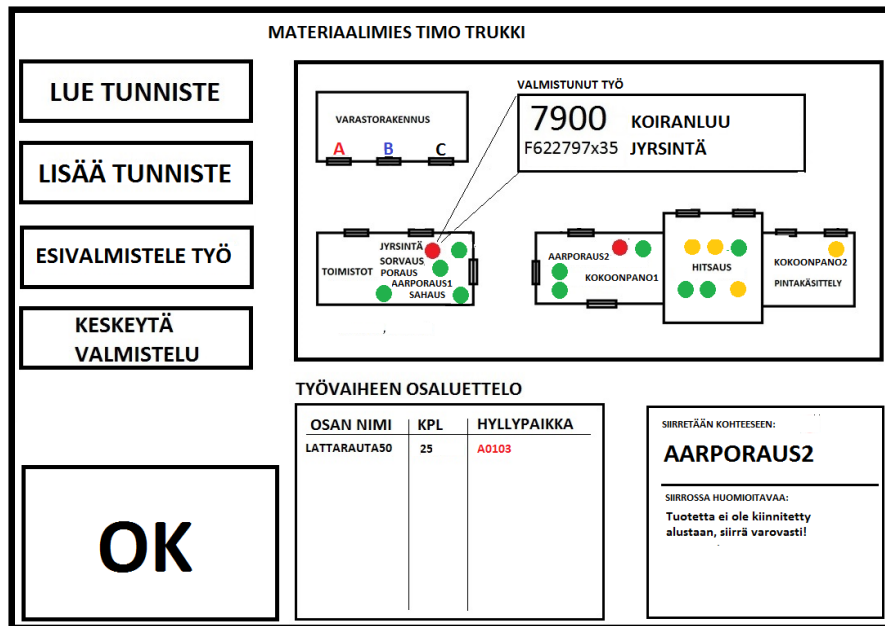
VALMISTUNUT TYÖ

7501 (työkortin numero)
F635462x18 (työvaiheen tunniste ja sarjakoko)

LISÄTIETOJA

TYÖN KESKEYTYS

Kuva 15. Tuotannon käyttöliittymä.



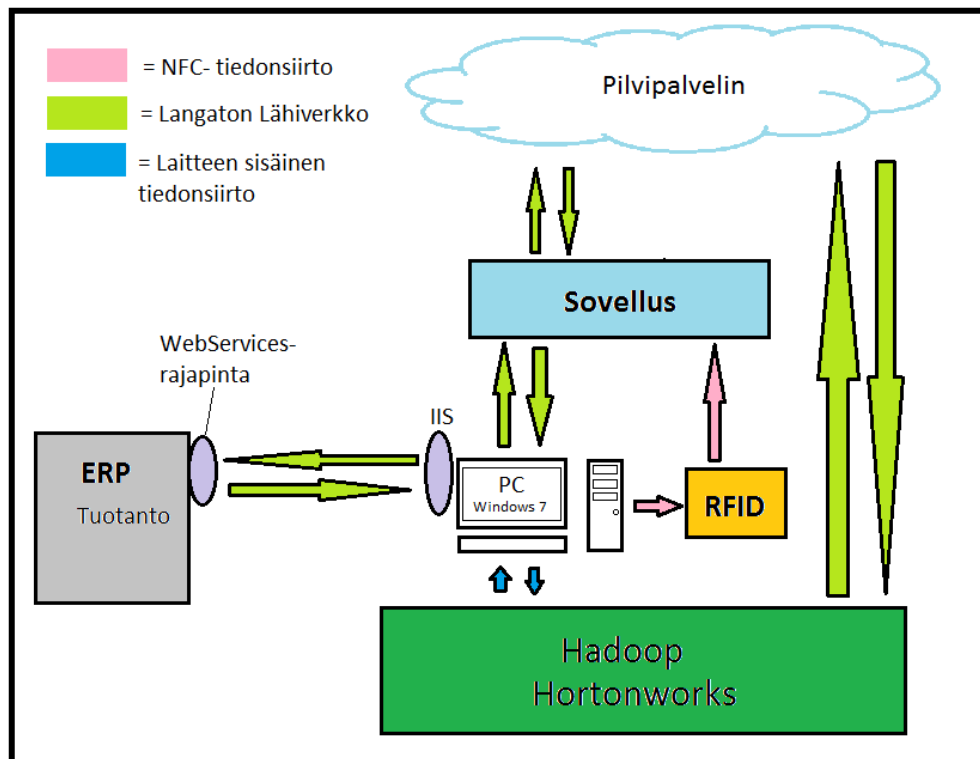
Kuva 16. Materiaalimiehen käyttöliittymä.

4.7.2. Integrointi ERP-järjestelmään

Lemonsoft lupaa rajapintoja, joita on mahdollisuus ottaa käyttöön datan tuomista ja viemistä varten. Rajapinnoista WebServices on sopivin, sillä se on ainoana rajapinta reaaliaikaisesti vuorovaikutteinen. Tämän rajapinnan käyttöönotolle Lemonsoftilta löytyy oma asennuspaketti. Asennuspaketin käyttöönotto vaatii tietokoneeseen asennettavan Internet Information Services-ohjelman. (Laatu 2013.)

Hadoop Hortonworks- järjestelmälle kiinnostavia tietoja ovat työjono ja työvaiheiden materiaalitiedot, joita kysellään reaaliaikaisesti WebServices-rajapinnasta. Reaaliaikaisuus on yritykselle tärkeää, sillä työjonoon saattaa tulla muutoksia ja työn valmistumisen seuraaminen on helpompaa. Saatu tieto ladataan RFID-kortille RFID-lukijan avulla, niin että tunnistimella on tiedot työstä, työn vaiheista ja materiaaleista. Mobiililaitteella RFID-korttia lukiessa tieto välittyy myös sovellukselle. Hortonworks tallentaa sovellukselta tulleita tietoja työn

etenemisestä. Viimeisen työvaiheen jälkeen väitetään ERP-järjestelmälle työ suoritetuksi. Tiedonsiirtoa on selvitetty seuraavassa kuvassa. (kuva 18)



Kuva 17. Tiedonsiirto systeemissä.

4.8. RFID- tunnistin

RFID- tunnistimeksi valitsin tähän työhön kortti-muodon. Korttia on helppo säilyttää tuotteen mukana säilytystaskussa. Korteja myydään tyypillisesti isommissa erissä, joiden kappalehinnat myyjästä ja ominaisuuksista riippuen on 0,50€– 2€ välillä. Valitsin työhön Sokymat Oy:n valmistaman RFID-kortin. Kortin ominaisuudet ovat teollisuustiloihin vastaavat. Kortin ominaisuudet liitteessä 2.

5 Mahdollisia uhkatekijöitä

Nämä uhkatekijät jaoin järjestelmän käyttöönottoon ja järjestelmän käyttöön liittyviin tekijöihin. Järjestelmän käyttöönottoon liittyy enemmän yrityksen taloudellisiin tekijöihin ja järjestelmän käyttö taas tietoon liittyviin uhkiin. Uhkissa on myös nähtävillä suoria sekä epäsuoria vaikutuksia. Kaikki uhkat kuitenkin liittyvät jollain tavoin yrityksen toimintakykyyn. Hadoop-ohjelmistoon liittyvistä riskeistä on tehty F.M.E.A-analyysi. Suurimmaksi riskitekijäksi tuli ohjelmistoon liittyvän muutoksen hallitseminen. Riskianalyysi on liitteessä 3. (Liite 3)

Järjestelmää käytettäessä suurin uhka kohdistuu tietoturvaan. ERP-järjestelmään avataan rajapinta, josta saatavia tietoja siirretään muihin laitteisiin. Tietoa jaetaan monelle eri laitteelle ja anturille. On arvioitava tarkkaan, mitä tietoa RFID-tunnistimelle syötetään, sillä on mahdollista, että tunnistin kulkeutuu ulkopuolisen käsiin.

Myös tietomurron mahdollisuus on olemassa. Internetin käytön ongelmana on se, että voi saada jonkun ulkopuolisen henkilön tai sovelluksen kiinnostumaan tietoliikenteestä ja etsimään järjestelmästä haavoittuvuuksia. Samaan aikaan tulisi olla tietoa mahdollisimman paljon tarjolla asiakkaille ja samalla pystyä salaamaan se tieto muilta tahoilta.

Järjestelmän haavoittuvuutta tulee tarkkailla myös inhimillisen vahingon ja onnettomuuden kautta. Mahdollista on, että tulee sähkökatkos tai internetin verkkoyhteys ei toimi. Materiaalimiehen tai tuotantotyöntekijän tabletti saattaa vikaantua, jolloin ei dataa pystytä siirtämään. Näihin tilanteisiin tulisi miettiä etukäteen, miten tulee järjestelmä väliaikaisesti korvata.

6 Loppupäätelmä

Tehtävänannon tarkistaminen oli opinnäytetyössäni hyvin tärkeä toimenpide, sillä huomasin olevani todella suuren työn edessä, jonka loppuunsaattaminen olisi voinut olla jopa mahdotonta minulta. Teollisen internetin käsite on hyvin laaja ja siihen liittyvät ominaisuudet ja niiden ymmärtäminen on todella haasteellista. Työn rajaaminen materiaalivirtoihin antoi selkeät raamit sille, minkälaista lopputulosta olen tavoittelemassa.

Työn vaatimuksena oli myös pystyä hyödyntämään jo olemassa oleva toiminnanohjausjärjestelmä. Tämä intergrountitehtävä tuli haasteelliseksi, sillä kaupallisen järjestelmän rajapintojen mahdollinen käyttö olisi vaatinut jonkinlaisen sopimuksen tekoa. Tein tässä työssä oletuksen, että rajapintojen käytölle ei ole estettä ja että toiminnanohjausjärjestelmää pystytään hyödyntämään ongelmitta.

Yrityksessä on pyritty hyödyntämään LEAN-ajattelua ja tämä työ hyvin pitkälle tukee sitä tuotannon työkalua. Tässä työssä on pyritty nopeuttamaan tuotannon läpivientiaikoja ja hukka-ajan minimointia niin, että materiaalimies saa tiedon tuotantoon tulevista töistä ja kuinka ne tulee esivalmistella. Tämä tieto on pyritty pitämään reaaliaikaisena sekä selkeänä. Tarkoituksena ei ole ollut monimutkaistaa työntekoa, vaan tehdä siitä jouhevaa ja tehokasta. Käyttöliittymät on tästä syystä pyritty säilyttämään yksinkertaisena ja sisältämään vain tarvittava tieto. Olen myös pitänyt silmällä mahdollisuutta kehittää järjestelmää niin ohjelmistojen kuin laitteistojenkin osalta. Ajatuksena oli pyrkiä pitämään kustannukset mahdollisimman alhaisena.

Pidin työtä tosi haastavana, sillä Teollinen Internet on laaja ja uusi aihealue minulle, mutta myös Suomessa toimiville yrityksille. Tietoa aiheesta oli aika vähän saatavilla, joten käytin lähteinä myös blogikirjoituksia. Aiheeseen liittyviä kirjoja ei oikein ole saatavilla. Työtä olisi myös helpottanut, jos minulla olisi ollut työkaveri, joka oli alkuperäisessä suunnitelmassa.

Työssä en käynyt kovin syvällisesti järjestelmän toimintaa, koska monesti se olisi vaan ollut hakuammuntaa. Selvitin asioista tärkeimmät tiedot ja hahmotin toimintaa pääpiirteittäin.

Lähteet

1. Boswarthick, D ym. 2012. M2M Communications : A Systems Approach. John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom
2. Hortonworks Inc. 2015. Manufacturing diagram
http://hortonworks.com/wp-content/uploads/2015/07/15-HORT-2396_HadoopForManufacturing_Diagram_30Jun15.jpg 30.6.2015
3. Hortonworks Inc. 2016a. Hortonworks Data Platform
<http://hortonworks.com/products/hdp/> 3.5.2016
4. Hortonworks Inc. 2016b. Hortonworks Services
<http://hortonworks.com/services/support/#hdpservices> 23.5.2016
5. Iconiq Inc. 2016. Cloudera vs. Hortonworks vs. MapR - Hadoop Distribution Comparison <https://www.dezyre.com/article/cloudera-vs-hortonworks-vs-mapr-hadoop-distribution-comparison-/190> 3.5.2016
6. Juhanko, J. 2015. Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi. Taustoittava kooste. <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Raportit-Reports-42.pdf> 11.5.2016
7. Laatu, V. 2013. Web CRM -järjestelmän toteuttaminen Lemonsoft-rajapintaan. Laurea ammattikorkeakoulu. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
8. Lemonsoft Oy. 2015. Lemonsoft ratkaisukuvaus.
<http://www.lemonsoft.fi/wp-content/uploads/Lemonsoftratkaisukuvaus.pdf> 12.5.2016
9. Logistiikan maailma. 2016. Toiminnanohjausjärjestelmä
<http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Toiminnanohjausjärjestelmä> 4.5.2016
10. Market-Visio Oy. 2014. Internet Of Things ja teollinen internet Suomessa. Markkina- ja tilannekatsaus.
11. RFIDLab. 2016. Mitä on RFID? <http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta> 11.5.2016
12. RFIDLab. 2016b. RFID-tekniikan käyttämät taajuusalueet
<http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-kayttamat-taajuusalueet> 11.5.2016
13. Rouse, M. 2010. Machine-to-machine (M2M). TechTarget.
<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M> 11.5.2016
14. Salo, I. 2014. Big Data ja pilvipalvelut. Saarijärven offset Oy. Jyväskylä.
15. Salo, I. 2014. Teollinen internet on valtaisa mahdollisuus
<http://www.bigdata.fi/artikkelit/teollinen-internet-valtaisa-mahdollisuus> Blogikirjoitus 4.5.2016
16. Simpanen, J. 2013. Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto varastojen ja työkalujen hallintaan. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tuotantotalouden tiedekunta. Diplomityö
17. Sirkesalo, K. 2015. Hadoop. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Tietojenkäsittelyn tradenomi. Opinnäytetyö.
18. Sitra. 2016. Q&A: Konecranesin Pekka Lundmark ja teollinen internet
<http://www.sitra.fi/artikkelit/qa-konecranesin-pekka-lundmark-ja-teollinen-internet> 4.5.2016

19. Six Sigma. 2016a. Mitä Lean Six Sigma on? <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/> 14.4.2016
20. Six Sigma. 2016b. Lean- visio <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/lean-visio/>14.4.2016
21. Six Sigma. 2016c. Mitä Lean on? <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/>14.4.2016
22. Sokymat Oy. 2013. Contactless ISO Cards <http://www.therfidshop.com/images/sokymat-rfid-ci-contactless-iso-cards-ds-en.pdf> 23.5.2016
23. Stratman Oy. 2016. Mikä on ERP? http://www.toiminnanohjaus.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=31&Itemid=96 4.5.2016
24. Vesa, J. 2015. Teollinen internet ja huoltovarmuus, Esiselvitys Huoltovarmuuskeskukselle siilojen vahtijasta siilojen purkajaksi. Multiprint. Helsinki

Liitteet

Liite 1: Hortonworks-palvelupaketit (Hortonworks 2016b).

	HDP JUMPSTART	HDP ENTERPRISE	HDP ENTERPRISE PLUS
Term	6 Months	1 Year	1 Year
Named Support Contacts	3	Ranges depending on size of cluster	Ranges depending on size of cluster
Support Incidents	Unlimited operational support incidents through development, pilot, staging and deployment	Unlimited operational support incidents through development, pilot, staging and deployment	Unlimited operational support incidents through development, pilot, staging and deployment
Availability & Response Times			
Access	Web	Phone and Web	Phone and Web
Hours of Direct Support *	Business Hours: Monday - Friday	24 x 7	24 x 7
Severity 1 Response **	1 Business Day	1 Hour	1 Hour
Severity 2 Response **	1 Business Day	4 Hour	4 Hour
Severity 3 Response **	1 Business Day	8 Hours	8 Hours
Severity 4 Response **	1 Business Day	1 Business Day	1 Business Day
Support Services Provided			
Remote Troubleshooting	Webex, SSH	Webex, SSH	Webex, SSH
Hortonworks SmartSense >	Yes	Yes	Yes
Advanced Knowledgebase	Yes	Yes	Yes
Customer Support Portal	Yes	Yes	Yes
Access to Upgrades, Updates and Patches	Yes	Yes	Yes
Diagnosis of Installation & Configuration Issues	Yes	Yes	Yes
Diagnosis of Cluster Management Issues	Yes	Yes	Yes
Diagnosis of Performance Issues	Yes	Yes	Yes
Diagnosis of Data Loading, Processing, and Query Issues	Yes	Yes	Yes
Application Development Advice	Yes	Yes	Yes
Hortonworks University Self Paced Learning			
Learning Library	Yes	Yes	Yes

Additionally, each subscription support offering provides support for the HDP components:

	HDP JUMPSTART	HDP ENTERPRISE	HDP ENTERPRISE PLUS
Apache Hadoop in HDP (HDFS, YARN, MapReduce)	✓	✓	✓
Apache Tez in HDP	✓	✓	✓
Apache Hive in HDP	✓	✓	✓
Apache Pig in HDP	✓	✓	✓
Apache Sqoop in HDP	✓	✓	✓
Apache Flume in HDP	✓	✓	✓
Apache Mahout in HDP	✓	✓	✓
Apache Ambari in HDP	✓	✓	✓
Apache Oozie in HDP	✓	✓	✓
Apache Falcon in HDP	✓	✓	✓
Apache Knox in HDP	✓	✓	✓
Apache HBase in HDP	✓	✓	✓
Apache Phoenix in HDP	✓	✓	✓
Apache Accumulo in HDP	✓		✓
Apache Atlas in HDP	✓		✓
Apache Storm in HDP	✓		✓
Apache Ranger in HDP	✓		✓
Apache Spark in HDP	✓		✓
Apache Kafka in HDP	✓		✓
Cloudbreak in HDP	✓		✓

Liite 2: RFID-tunnisteen ominaisuudet (Sokymat 2013)

SOKYMAT.COM

SPECIFICATIONS

	Contactless Cards							
	ISO Single-Frequency			Combination Multi-Frequency				
Frequency	LF	HF		UHF	LF + HF	HF + HF	LF + HF or UHF	
ELECTRONIC								
Operating Frequency	125 kHz	13.56 MHz			860 to 960 MHz	125 kHz + 13.56 MHz	13.56 MHz + 13.56 MHz	125 kHz, 13.56 MHz or UHF
Chip Type	Hitag: 1, 2, S Q5, Titan, Unique, ATAS577	LEGIC: MIM256, MIM1024, ATC128, ATC256, ATC1024-MV	I-Code SL(x), I-Code SL(x)>S	MIFARE UL, UL C MIFARE 1K, 4K MIFARE Plus S/X 2K, 4K MIFARE DESFire EV1: 2K, 4K, 8K, SLE66R35R, LEGIC: ATCS12, ATC2048, ATC4096-MP, CD21 (Calypso)	Monza 4QT	Hitag 2, Q5, Unique + MIFARE: 1K, 4K	LEGIC: MIM256, MIM1024 + MIFARE: 1K, 4K	Combine 2 to 3 chips per card
Memory	64 bit read-only to 2048 bit read-write	128 to 1024 bit EEPROM	1024 to 2048 bit EEPROM	64 to 8192 byte EEPROM	128 bit EPC + 512 bit user memory	LF: 64 bit read-only to 2048 byte read-write; HF: 1024 to 4096 bit EEPROM	256 bit to 4096 byte EEPROM (per chip)	Based on requirements
Anti-Collision	Yes (Hitag)	Yes (ATC)	Yes			Yes (Hitag, MIFARE)	Yes (MIFARE)	Based on requirements
PHYSICAL								
Dimensions	ISO card: 3.4 x 2.1 x 0.03 in (85.6 x 54 x 0.76 mm)							
Housing Material	PVC (default)							
Color	White							
CHEMICAL AND MECHANICAL								
Water	IP68, 68° F (20° C), 3.3 ft (1 m) x 24 h							
Withstands Exposure to	Acetic acid water, artificial perspiration, carbonated sodium water, ethylene glycol, fuel B, salt mist, salt water, sugared water; humidity 95% at 122° F (50° C) 24 h							
Force	Dynamic bending and torsion, 4 x 250 bends							
THERMAL								
Storage	PVC: -31° to +122° F (-35° to +50° C), Composite: -40° to +158° F (-40° to +70° C)							
Operating	PVC: -31° to +122° F (-35° to +50° C), Composite: -40° to +158° F (-40° to +70° C)							
Shock/Fatigue	-31° to +176° F (-35° to +80° C), 50 cycles, 5 min soaking time, 20 sec transition							
OTHER								
Standards	ISO 10373, ISO 7816-1, optional NFC							
	ISO 15693 (ATC only)	ISO 15693, ISO 18000-3	ISO 14443	EPC C1G2, ISO 18000-6	ISO 14443	ISO 14443	ISO 14443, UHF EPC C1G2	
Optional Features	Artwork; encoding: laser engraving; magnetic stripe; other contactless-, contact- or memory-chips signature panel and optical security features. ATAS577 optional available in non-ISO thickness of 0.04 (1.1 mm) with higher read range than ISO card.							
Optional Materials	PC, PET, PETG or Composite PET/PVC (Note: Chemical, mechanical and thermal tolerances will vary versus standard PVC, listed above.)							
Warranty	1 year							

Sokymat can create a custom card solution to fit your application requirements for chip type, programming and memory. Also, inquire about alternate form factors, such as contactless sticker cards, mini cards and fobs.

Liite 3: F.M.E.A -riskianalyysi järjestelmästä

F.M.E.A									
Asiakas:	Kirike Oy					Osallistajat :	Jan Keronen		
Tuote:	Hadoop Hortonworks					Pvm, laati:			
Tuotenro:	1					Viim.muutos :	4.5.2016		
Prosessin kuvaus	Mahdollinen virhe	Mahdollinen seuraus / merkitys	S	Mahdollinen esiintyminen / syy	O	Löytyminen / Tarkastusmenet.	D	R	Korjaavat toimet
Ideointi	Järjestelmä yhteensopimaton	aikataulut venyy, tulee taloudellisia kustannuksia	7	Tuotteeseen valittu väärä/liikaa ominaisuuksia	3	Vertaillaan tuotteita keskenään	3	63	Pyydetään konsultti arvioimaan
	Keskitytään epäolennaiseen	Järjestelmän tehokkuus heikkenee, ei saada haluttuja tuloksia	4	Ei ole aiempaa kokemusta vastaavasta järjestelmästä	5	Joku ulkopuolinen konsultti arvioi	2	40	Yksinkertaistetaan järjestelmää
	Ammattitaito puutteellista	Tehdään väärä ratkaisuja, resurssit ei riitä	5	Ei ole aiempaa kokemusta vastaavasta järjestelmästä, koulutus ei ole riittävää	6	Vertaillaan tuotteita vastaaviin muihin projekteihin	6	180	Hankitaan lisäkoulutusta ja motivoidaan henkilökuntaa
Suunnittelu	Painotetaan väärin ominaisuuksiin	Järjestelmä ei toimi halutulla tavalla, tehokkuus kärsii	5	Kokemuksen puute	4	Käydään läpi tavoitteita	4	80	Yksinkertaistetaan järjestelmän toimintaa
	Suunnittelussa liian monimutkaisia/yrityksenkertaiset ratkaisut	aikataulut venyy, järjestelmä ei valmistu, aiheuttaa taloudellista tappiota	4	Ei olla huomioitu yrityksen toimintaa tarpeeksi monipuolisesti	3	Järjestelmän simulointi	2	24	Tilataan suunnittelupalvelu tueksi
	Komponenttivalinta väärä	Järjestelmä ei toimi oikein	5	Kiire, osaamattomuus	4	Komponentin simulointi	2	40	Kokeillaan toista komponenttia
	Järjestelmää ei pystytä toteuttamaan suunnitellusti	Budjetti ei riitä, aikataulut venyy, joudutaan tekemään konehankintoja	8	Integrointiongelmia	8	Järjestelmän simulointi	3	192	Tilataan suunnittelupalvelu tueksi
Asennus	Järjestelmää ei saada asennettua	Budjetti ei riitä, aikataulut venyy, joudutaan tekemään konehankintoja	8	Yhteensopivuusongelmat ohjelmisto- ja laitetasolla	4	Tarkistetaan yrityksen valmiuksia järjestelmän käyttöönotolle	4	128	Tilataan asennus palveluna, pyydetään arvio resurssista
	Järjestelmässä havaitaan ongelmia	Järjestelmän käyttöönotto viivästyy	5	Ammattitaito ei riitä	6	Testataan järjestelmää asennuksen jokaisessa vaiheessa	3	90	Tilataan asennus palveluna, pyydetään arvio resurssista
	Resurssit ei riitä	Yrityksen toiminta hankaloituu, aikatauluongelmat	6	Liian suuri muutos,	7	Tarkastetaan tilauskantaa	5	210	Palkataan lisää henkilökuntaa, varataan resurssit tälle projektille
Käyttö	Käyttö tuntuu vaikealta, tapahtuu virheitä	Järjestelmän käytössä ongelmia	6	Osaaminen puutteellista	7	Koekäytetään järjestelmää jossain muussa ympäristössä	4	168	Tehdään selkeät ja yksinkertaiset ohjeet järjestelmän käytöstä
	Käyttäjät eivät ole motivoituneita	Ei päästä toivottuihin tuloksiin, sairauspoissaolot lisääntyvät	8	Koulutus puutteellista, yhteishenkeä muutokselle ei ole pystytty luomaan	5	Esimiesten keskustelu muutoksesta ja sen tärkeydestä yritykselle henkilökohtaisesti	2	80	Keksitään jotain porkkanaa, lisäkoulutetaan henkilökuntaa
	Järjestelmä ei toimi halutulla tavalla	Ei päästä haluttuihin tuloksiin, järjestelmän käyttö epämieliekästä	6	Valittu väärä järjestelmää ei osata käyttää	4	Asiantuntijan koekäyttö ennen käyttöönottoa	1	24	Pyydetään konsultin arvio ongelman aiheuttajasta
	Järjestelmässä esiintyy vikoja	Järjestelmää ei pysty käyttämään, luottamuspuola,	7	Laitteita ja/tai ohjelmistoa ei ole asennettu oikein, käyttäjät ei hallitse järjestelmää	3	Asiantuntijan koekäyttö ennen käyttöönottoa	2	42	Selvitetään ongelmaa palveluntarjoajan kanssa