

Amanda Goman

**TEOLLISEN INTERNETIN MÄÄRITTELY
KIRJALLISUUDESSA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS
2016

TIIVISTELMÄ

Goman, Amanda
Teollisen internetin määrittely kirjallisuudessa
Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2016, 25 s.
Tietojärjestelmätiede, kandidaatin tutkielma
Ohjaaja: Luoma, Eetu

Teollisen internetin (engl. Industrial Internet) käsite ei ole täysin vakiintunut kirjallisuudessa. Sillä on useita erilaisia englanninkielisiä vastineita, joiden määrittelyt poikkeavat jonkin verran toisistaan. Teollisella internetillä tarkoitetaan usein teknologisia ratkaisuja, joilla pyritään luomaan teollisia sovelluksia prosessien optimointiin, tehostamiseen, mittaamiseen ja tarkkailuun. Laiteverkolla (engl. Internet of Things) taas tarkoitetaan teknologiaa, joka mahdollistaa internetin laajentumiseen tavanomaisilta alustoilta omaan ympäristöömme: vaatteisiin, huonekaluihin ja kulkuneuvoihin.

Kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin teollisen internetin määrittelyä kirjallisuudessa. Katsauksessa tultiin johtopäätökseen, että käsitteellä ei toistaiseksi ole yksiselitteistä määrittelyä. Tutkielma suoritettiin kirjallisuuskatsauksella, joka toteutettiin systemaattisilla ja dokumentoiduilla hauilla SCOPUS- ja ainet-tietokantoihin.

Katsauksen aihe valittiin, koska teollisen internetin ilmiö on suhteellisen tuore, ja tutkimuksessa ilmeni myös, että aiheesta on suhteellisen vähän julkaisuja. Tutkielmassa käytiin seikkaperäisesti läpi laiteverkon käsite, joka on käsitteenä lähellä teollista internetiä. Tutkielmassa pyritään saamaan selvyyttä siihen, mistä puhutaan silloin kun käytetään teollisen internetin tai laiteverkon käsitteitä.

Asiasanat: teollinen internet, laiteverkko, käsitteen määrittely

ABSTRACT

Goman, Amanda

The definition of Industrial Internet in literature

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2016, 25 p.

Information Systems, Bachelor's Thesis

Supervisor: Luoma Eetu

Internet of Things is a vision that is based on a situation where technology is a constant part of our everyday life. Unique objects are reforming the concept of internet to include accessories, domestic appliances and furniture. Industrial Internet on the other hand originates from corporates and is a fresh concept where industrial processes are being optimised with bringing together technologies from different fields.

This literature review has been conducted with systematic research method using SCOPUS-database. Based on the publications the review has been built upon these two concepts and both of them have their own chapter within this review. This review is important because the fields of study are evolving hand in hand with technology. Purpose of the thesis is to look into the definitions of these concepts and solve if there is some consensus behind them. Also adding knowledge of the things which define these constantly evolving concepts.

Keywords: Internet of Things, Industrial Internet, definition of the concept

KUVIOT

KUVIO 1.....	9
KUVIO 2.....	12
KUVIO 3.....	17

TAULUKOT

TAULUKKO 1.....	10
-----------------	----

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
KUVIOT	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TAULUKOT	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1 JOHDANTO.....	6
2 LAITEVERKKO	8
3 TEOLLINEN INTERNET	16
4 YHTEENVETO	20
LÄHTEET	23

1 JOHDANTO

Laiteverkko (engl. Internet of Things) on visio, jossa internet laajentuu päätelaitteilta osaksi jokapäiväistä elämää. Uniikkien objektien muodostama verkosto siirtää internetin käsitteen ulottumaan asusteisiin, kodinkoneisiin ja huonekaluihin. (Welbourne, Battle, Cole, Gould, Rector, Raymer, ... & Borriello, 2009.) Le, Alfredo, Choi, Cho ja Kim (2014) määrittelevät teollisen internetin integroituneena fyysisten laitteiden joukkona, joka on liitetty yhteen sensoreiden ja ohjelmistojen verkoston avulla. Teollinen internet kasaa yhteen tutkimusaloja, kuten koneiden oppiminen (engl. Machine Learning), massadata, laiteverkko ja koneiden välisen kommunikaation (engl. Machine-to-Machine communication) kerätäkseen dataa fyysisistä objekteista, analysoidakseen sitä ja käyttääkseen sitä teollisten operaatioiden ohjaamiseen ja parantamiseen. (Le ym., 2014.)

Teollinen internet on alun perin yritysmaailmasta noussut termi, jonka on lanseerannut yhdysvaltalainen yritys General Electric. Teollisen internetin tuomat mahdollisuudet tarjoavat yritysten investoinneille suuria tuottoja. Laiteverkkosovellukset taas leviävät jatkuvasti mobiililaitteissa, asusteissa, vaatteissa ja älykkäät kodin sovellukset ovat myös yleistyneet. Teollisen internetin ja laiteverkon aihepiireissä kamppaillaan samankaltaisten haasteiden edessä ja esimerkiksi tietoturvaan liittyviä ongelmia on vielä ratkaisematta. Ennen kuin näihin haasteisiin osataan vastata, ei näitä teknologioita voida laajasti omaksua yritysten tai kuluttajien käyttöön.

Kirjallisuuskatsauksessa tarkastelen laiteverkon sekä teollisen internetin käsitteiden erilaisia määritelmiä. Käsitteiden määrittelyn vakiintumisesta voidaan päätellä tutkimuksen määrää ja laajuutta. Laiteverkon ja teollisen internetin käsitteet eroavat toisistaan ainakin iässään. Laiteverkon käsite on syntynyt jo lähes kaksi vuosikymmentä sitten ja siitä on tarjolla runsaasti alan kirjallisuutta. Teollisen internetin käsite taas on siirtynyt yritysmaailman kautta tutkimuksen kohteeksi.

Tutkielman tavoitteena on selvittää laiteverkon ja teollisen internetin käsitteiden määritelmien vakiintumista: mistä puhutaan, kun puhutaan laiteverkosta tai teollisesta internetistä. Tavoitteena on lisätä ymmärrystä siitä,

miten kumpikin käsiteltävistä käsitteistä rakentuu, eroavatko ne toisistaan ja mitä ovat ne kumpaakin määrittelevät tekijät. Kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymys on:

Miten teollisen internetin käsite määritellään kirjallisuudessa?

Kirjallisuuskatsausta varten etsin tietoa SCOPUS-tietokannasta. Etsiessä tietoa laiteverkosta hain tietokannasta "Internet of Things" sanayhdistelmällä ja teollisen internetin kohdalla "Industrial internet" sanaparilla aihealueena "computer science". Näillä hakukriteereillä hakutulos oli laiteverkon kohdalla 5732 julkaisua ja teollisen internetin kohdalla 24.

Laiteverkkoa käsittelevistä julkaisuista valitsin 20 ensimmäistä hakutulosta, kun tulokset oli lajiteltu viittausmäärien perusteella suurimmasta pienimpään. Näistä neljä oli kirjoitettu muulla kuin suomen tai englannin kielellä ja näiden lisäksi yksi julkaisu ei määritellyt laiteverkon käsitettä. Laiteverkon kohdalla aineisto oli siis 15 julkaisun laajuinen.

Teollisen internetin kohdalla valittiin kaikki 24 hakutulosta, lopulta katsaukseen valittiin 10 julkaisua, loput hylättiin niiden ollessa joko 1) kirjoitettu muulla kuin suomen tai englannin kielellä, 2) symposiumi, 3) kirjailijan biografia, 4) saavuttamattomissa tai 5) ne eivät määritelleet teollisen internetin käsitettä.

Lisäksi tein haun tietojärjestelmätieteen ainet-kirjastoon samoilla hakusanoilla, ainoastaan laiteverkon osalta sain kirjastosta hakutuloksia. Teollisen internetin haulla, saatiin tulokseksi nolla julkaisua. Aisnetin tarjoamasta 47 journal-artikkelista valitsin viisi julkaisua osaksi kirjallisuuskatsausta. Tein valinnan sillä perusteella, että vastattiinko julkaisuissa tutkimuskysymykseen.

Tutkielma on jaettu johdannon ja yhteenvedon lisäksi kahteen sisältöluukuun. Molemmat käsitteet käsitellään omassa sisältöluvussa, minkä jälkeen yhteenvedossa kootaan katsauksesta johtopäätökset. Ensin on käsitelty laiteverkon käsitteen määrittely pohjustamaan teollisen internetin käsitettä tutkivaan sisältöluukuun. Sisältöluukuja ei ole jaoteltu alalukuihin, vaan käsitteen rakentumista käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

2 LAITEVERKKO

Laiteverkko on paradigma, jonka perustana on asioiden ja esineiden liittäminen internetiin. Objektien on mahdollista kommunikoida verkossa keskenään ja luoda ympärillemme niistä muodostuva keskusteleva verkosto. Laiteverkko antaa kuluttajille uusia mahdollisuuksia yhdistää digitaalinen ja fyysinen todellisuus. (Atzori, Iera & Morabito, 2010) Tässä luvussa käyn läpi laiteverkon käsitteen määrittelyä eri kirjallisuuslähteissä.

Gubbi, Buuya, Marusic ja Palaniswami (2013) alustavat artikkelissaan laiteverkon termin syntyä. Ensimmäisen kerran termi on otettu käyttöön toimitusketjujen hallinnassa vuonna 1999. Kevin Ahtonin keksimää termiä on sittemmin käytetty laaja-alaisemmin kattamaan erilaisia laiteverkon sovelluksia esimerkiksi terveydenhuollon-, kiinteistö- ja logistiikan toimialoilla. Laiteverkkoon kuuluvien objektien määritelmä on muuttunut teknologian kehittyessä, mutta päämäärä, saada tietokone aistimaan informaatiota ilman ihmisen vaikuttamista, on säilynyt samana. (Gubbi ym., 2013.)

Laiteverkon käsitteestä on monta erilaista näkemystä, jotka voidaan jaotella Atzorin ym. (2010) mukaan kolmeen erilaiseen tapaan määrittellä laiteverkko: laitteisiin keskittyvään, internet-orientoituneeseen sekä semanttiseen näkemykseen. Laiteverkon käsite rakentuu heidän mukaansa näiden määrittelytapojen pohjalta (kuvio 1).

Laitteisiin keskittyvässä määrittelyssä laiteverkko muodostuu laitteista, tarkemmin sanottuna niihin kiinnitetyistä tai sisällytetyistä erilaisista tunnisteista. Tässä määrittelytavassa ovat pääosassa erilaiset tunnisteteknologiat, kuten radiotaajuustunnisteet (RFID-tunnisteet eli Radio-Frequency IDentification), langattomat sensori- ja aktuaattoriverkostot (WSAN eli Wireless Sensor and Actor Networks) ja lähiviestintäteknologia (NFC eli Near Field Communication). Näiden eri teknologioiden tarkoitus on auttaa laitteita tunnistamaan muutoksia ympäristössään. (Atzori ym., 2010.)

Atzori ym. (2010) käyttävät termiä "spime" objektille, joka on seurattavissa ajan ja avaruuden läpi koko sen elinkaaren ja on sekä kestävä, paranneltava että identifioitava. Tämä termi on syntynyt samanaikaisesti laiteverkon käsitteen kanssa, sillä näistä objekteista muodostuu laiteverkon

kokonaisuus. (Atzori ym., 2010.) Tässä tutkielmassa käytän näistä objekteista käsitettä *älykkäät objektit*, ja rinnastan ne älykkääseen objektiin (engl. Smart Object), jonka ovat määritelleet Miorandi, Sicari, De Pellegrini ja Chlamtac (2012).

Miorandin ym. (2012) mukaan objektia voidaan kutsua älykkääksi, kun se täyttää kuusi vaatimusta (Taulukko 1). Taulukossa on myös Sanchez Lopezin, Ranasinghen, Harrisonin ja McFarlanen (2012) vaatimukset älykkäälle objektille. Älykkäistä objekteista voidaankin näiden erilaisten määritelmien pohjalta sanoa lähinnä, että niiden vaatimukset eroavat toisistaan riippuen käyttöympäristöstä ja -tarpeesta.



- 1) Langaton tunnistus ja havainnointialusta (engl. Wireless Identification and Sensing Platforms)
- 2) Uniikki/universaali/kaikkialla läsnä oleva tunniste (engl. Unique/Universal/Ubiquitous Identifier)
- 3) Radiotaajuustunnisteet (engl. Radio-Frequency Identification (RFID tags))
- 4) Objektit, joita voidaan seurata ajassa ja paikassa läpi niiden elinkaaren, ja jotka ovat kestäviä, paranneltavia ja identifioitavissa (engl. "spimes")

KUVIO 1 Laiteverkon paradigma eri näkemysten konvergenssin seurauksena (Atzori ym., 2010, s. 2789)

Taulukossa vertailtävien vaatimusten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että älykkään objektin tulee olla yksilöitävissä ja lisäksi sen tulee pystyä peruskommunikointiin sekä muiden objektien että järjestelmien kanssa. Myös Krantz, Holleis ja Schmidt (2010) yhtyvät näihin taulukosta johdettuihin

johtopäätöksiin. Laiteverkon kontekstissa siis oletetaan, että objekteilla on digitaalisia toiminnallisuuksia, ja että ne voidaan identifioida ja jäljittää automaattisesti (Krantz ym., 2010).

Keesin, Oberlaenderin, Roeglingerin ja Rosemannin (2015) mukaan älykäs objekti taas on olemassa myös riippumatta laiteverkkoteknologiasta, kuten autot ja jääkaapit. Tämä määritelmä irrottaa mikrotietokoneet, tabletit ja älypuhelimet älykkään objektin määritelmän piiristä (Kees ym., 2015). Tämä määritelmä eroaa siinä mielessä taulukossa vertailtavista määritelmistä, joissa älypuhelimet luetaan kuuluvaksi älykkäiksi objekteiksi.

TAULUKKO 1 Älykkään objektin vaatimukset (Miorandi ym., 2012, s. 1498; Sanchez Lopez ym., 2012, s. 295)

	Vaatimukset Miorandin ym. mukaan	Vaatimukset Sanchez Lopezin ym. mukaan
1.	Sillä on vähimmäistoiminnallisuudet kommunikointiin: se on löydettävissä ja se pystyy vastaanottamaan viestejä ja vastaamaan niihin.	Se pystyy havaitsemaan ja säilyttämään siihen yhteydessä olevien sensoreiden tuottamia havaintoja.
2.	Sillä on yksilöllinen identifioiva tunniste (UID).	Sillä on uniikki identiteetti.
3.	Se on yhdistettävissä nimeen ja osoitteeseen: nimen tulee olla ihmisen luettavissa ja osoitteen tulee olla koneella luettavissa oleva merkkijono, jonka avulla voidaan kommunikoida objektin kanssa	Se pystyy antamaan attribuuttejaan kuten identiteettinsä ja sensoreiden havaintoja ulkopuolisille entiteeteille kuten muille objekteille ja järjestelmille.
4.	Sillä on peruslaskennalliset kyvyt	Se pystyy kommunikoimaan muiden älykkäiden objektien kanssa.
5.	Sillä saattaa olla kyky havaita fyysisiä ilmiöitä (sensori) tai laukaista toimintoja, joilla on vaikutusta fyysiseen ympäristöön (aktuaattori).	Se pystyy tekemään päätöksiä liittyen itseensä sekä vuorovaikutukseen ulkoisten entiteettien kanssa.
6.	Sillä on fyysinen olomuoto ja fyysisiä ominaisuuksia kuten koko ja muoto.	

Internet-orientoituneissa näkemyksissä laiteverkossa toimivat objektit liitetään IP-osoitteiden avulla osaksi internetiä. Tällöin jokaisella objektilla olisi oma IP-osoite ja jokainen objekti olisi saavutettavissa paikasta riippumatta. Laitteiden internetiin liittäminen IP-osoitteiden avulla vaatii tarpeeksi laajaa IP-osoitteiden joukkoa, jotta jokainen laiteverkkoon kuuluva objekti saa oman identifioivan osoitteensa. (Atzori ym., 2010.)

Kouchen (2012) mukaan IPv4 tarjoaa noin 4,3 miljardia osoitetta kun taas IPv6 kykenee tarjoamaan $3,4 \times 10^{18}$ uniikkia osoitetta. Hänen mukaansa langaton sensoriverkosto (engl. Wireless Sensor Network), johon kuuluu triljoonia sensorinoodeja, on sopeutettava internet-protokollan kuudenteen versioon. Joukkohavaitsemista mobiililaitteiden avulla (engl. Mobile Crowdsensing) käsittelevässä julkaisussaan Ganti, Ye ja Lei (2011) määrittelevät laiteverkon käsitteen nimenomaan erilaisten internetiin liittyvien laitteiden integroitumisena.

Semanttinen näkemys taas pohjautuu siihen oletukseen, että laiteverkkoon liittyneiden objektien määrä tulee kasvamaan äärimmäisen suureksi, jolloin dataa eivät luo enää vain digitaaliset laitteet vaan kaikki verkkoon liitetyt objektit. Semanttisen teknologian avulla pyritään ratkaisemaan tiedon esittämiseen ja säilyttämiseen liittyviä ongelmia, jotka liittyvät suuriin tiedon määriin (Atzori ym., 2010.) Bandyopadhyay ja Sen (2011) määrittelevät laiteverkon globaaliksi verkostoksi, jossa toimii valtava määrä mahdollisesti heterogeenisiä objekteja keskenään. Heidän julkaisussaan he keskittyvätkin mitä enemmässä määrin juuri laiteverkon tuomiin semanttisiin näkökulmiin, kuten objektin identifiointiin, vaihdetun informaation esittämiseen ja varastoitumiseen liittyviin ongelmiin ja ratkaisuihin.

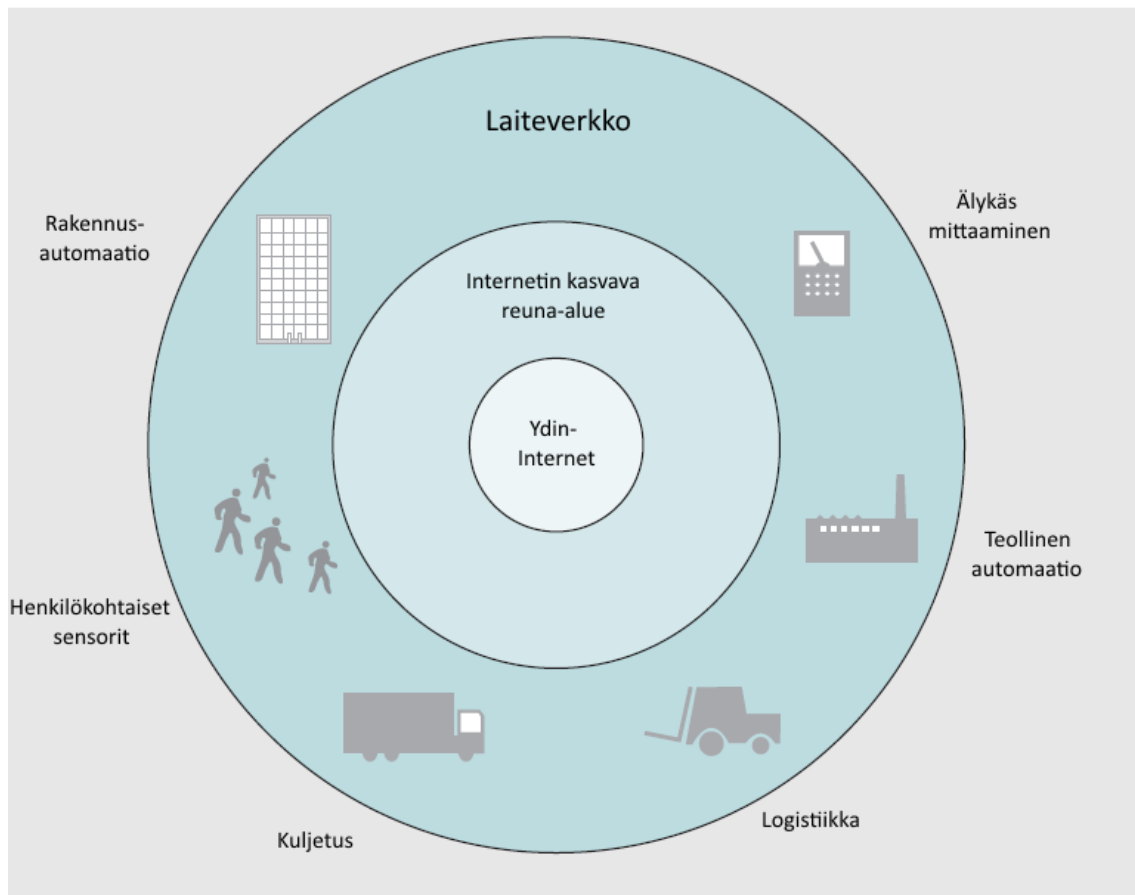
Järjestelmätason perspektiivistä laiteverkko voidaan määritellä erittäin dynaamisena ja radikaalisti jaeltuna verkostona, joka koostuu erittäin suuresta määrästä älykkäitä objekteja, jotka tuottavat ja kuluttavat informaatiota (Miorandi ym., 2012). Laiteverkon käsitteen alle kuuluu useita näkökulmia liittyen internetin laajentumiseen ja verkon siirtymiseen osaksi fyysistä maailmaa. Internetin siirtymisen osaksi fyysistä ympäristöämme mahdollistavat laajaan levitetyt laitteet, joilla on upotettuja identifiointiin, havaitsemiseen tai erilaisiin toimintaan liittyviä kykyjä. Laiteverkko luo vision tulevaisuudesta, jossa digitaaliset ja fyysiset artefaktit voidaan linkittää toisiinsa. Nämä kaksi eri maailmaa voidaan sovittaa yhteen sopivilla tieto- ja viestintäteknologisilla ratkaisuilla, joiden avulla luodaan aivan uudenlaisia sovelluksia ja palveluita. (Miorandi ym., 2012.)

Laiteverkko on kasvava, globaali internetpohjainen arkkitehtuuri, joka tarjoaa ympäristön tavaroiden ja palveluiden kaupankäynnille maailmanlaajuisissa toimitusketjuverkostoissa turvallisella ja luotettavalla tavalla (Weber, 2010). Esimerkiksi tästä Weber (2010) mainitsee tilanteen, jossa hyödykkeen puutos varastossa raportoitaisiin automaattisesti tuotteen tarjoajalle, jolloin raportti aiheuttaisi välittömästi elektronisen tai fyysisen hyödykkeen toimituksen.

Perusajatuksena laiteverkon taustalla on siis tarjota laaja valikoima objekteja, kuten RFID-tageja, sensoreita, aktuaattoreita ja mobiililaitteita, jotka keskinäisen vuorovaikutuksensa ja yhteistoiminnan avulla voivat tarjota uudenlaista kommunikointia, laskentaa ja palveluita. Useimmiten laiteverkko on realisoitu fyysiseen ympäristöömme varustamalla erilaisia objekteja älykkäillä ominaisuuksilla. (Zhou & Chao, 2011.)

Agrestin (2011) mukaan laiteverkko koostuu laitteista, apuvälineistä, sensoreista ja objekteista, joissa on RFID-tunniste. Hänen määrittelynsä ei poikkea valtaosasta laiteverkon määrittelyistä, huomiota herättävää on sen määrittely niinkin suppeasti kuin yhdellä täsmennyksellä. Agresti (2011) mainitsee laiteverkkoteknologiaan liittyviksi haasteiksi laitteiden välisen kommunikoinnin (engl. interoperation), turvallisuuden ja yksityisyyden. Hänen mukaansa vahvan teknisen osaamisen asiantuntijat ovat tulevaisuudessa tärkeä osa järkeistäessä laajasti itse-mukautuvaa ja kasvavaa laitteiden muodostamaa verkostoa. (Agresti, 2011.)

Shelby (2010) määrittelee laiteverkon käsitteen sipulimaisen rakenteen avulla (Kuvio 2). Keskiössä tässä hänen esittämässään rakenteessa on internetin ydin, johon kuuluvat reitittimet ja serverit. Toisella kehällä on nopeasti kasvava reuna-alue, johon kuuluvat muun muassa tietokoneet ja älypuhelimet. Laiteverkko muodostuu siis kahden sisimmän kerroksen päälle siten, että internet ja sen mahdollistavat, sekä sitä käyttävät, laitteet ovat osa laiteverkkoa.



(Shelby, 2010.)

KUVIO 2 Laiteverkon käsite sipulirakenteella havainnollistettuna (Shelby, 2010, 53)

Laiteverkko kuvastaa maailmaa, jossa ihmisiä ympäröivät keskinäiseen kommunikaatioon kykenevät laitteet, jotka mahdollistavat ihmisen vuorovaikutuksen digitaalisessa maailmassa. Laiteverkon vision onnistumiseen tarvitaan ihmisen ymmärrys ympäristöstään, mutta myös verkostolla täytyy olla kuva käyttäjästä. (Sarma & Girão, 2009.) Tästä voidaan johtaa, että verkoston tuntiessa käyttäjänsä, eikä vain käyttäjä verkostoa, voi se palvella käyttäjänsä parhaalla mahdollisella tavalla. Sarman ja Girãon (2009) mukaan tämä on tietoturvallisuuden lisäksi yksi suurimpia ratkaistavia ongelmia laiteverkon laajassa omaksumisessa. Käyttäjällä täytyy olla valta itseensä liittyvässä tiedonsiirrossa ja -käytössä siirryttäessä kohti laiteverkkoa (Sarma & Girão, 2009).

Kiritsis (2011) viittaa julkaisussaan laiteverkon määrittelyn osalta CERP-IoT-klusterin määritelmään (2009). Tämän mukaan täysimittaisesti toteutuessaan laiteverkko on globaali verkostoinfrastruktuuri, jossa fyysiset ja virtuaaliset identifioitavissa olevat objektit tunnistetaan ja integroidaan saumattomasti. Tässä prosessissa on otettu huomioon turvallisuuteen ja yksityisyyteen liittyvät ongelmat ja verkostossa objektit kykenevät tarjoamaan ja vastaanottamaan liiketoimintaprosessiin kuuluvia palveluita, jotka ovat osa liiketoimintaprosesseja omassa ympäristössään. (Kiritsis 2011, CERP-IoT klusterin (2009) mukaan.) Heidän tarjoamansa määritelmä on teknisiltä rajoitteilta riisuttu, sillä esimerkiksi turvallisuuteen ja yksityisyyteen liittyviä ongelmia ei toistaiseksi ole pystytty kestävästi ratkaisemaan.

Guinard, Trifa, Karnouskos, Spiess ja Savio (2010) kuvailevat laiteverkkoa yksinkertaisesti tilanteena, jossa suurimmalla osalla laitteista on kommunikointi- ja laskentaominaisuuksia, joita ne käyttävät vuorovaikuttamiseen niitä ympäröivän maailman kanssa. Krantz ym. (2010) yhtyvät näiden ytimekkäiden määritelmien joukkoon kuvailemalla laiteverkon käsitteen lyhyesti sulautetuksi vuorovaikutukseksi (engl. Embedded Interaction).

Näistä julkaisuista poimittujen laiteverkon määritelmien perusteella voidaan sanoa, että laiteverkon termillä on suosittua kuvata globaalia fyysisten objektien muodostamaa verkostoa. Yksinkertaisuudessaan laiteverkon visio on viehättävä ja yhdenmielisyyttä puuttuu yhä esimerkiksi laiteverkon konseptin toteuttamisen keinoista (Kortuem, Kawsar, Fitton & Sundramoorthy, 2010).

Kees ym. (2015) määrittelevät laiteverkon käsitteen, todettuaan käsitteenmäärittelyn olleen kirjallisuudessa aiemmin hieman toisistaan poikkeavaa, fyysisten objektien kytkeytymisenä toisiinsa. Tämä tapahtuu objektien ollessa sensoreilla ja aktuaattoreilla varustettuja ja kytkettynä internetiin tietoliikenneteknologioiden avulla. Nämä teknologiat mahdollistavat kommunikoinnin sekä näihin objekteihin että niiden välillä. (Kees ym., 2015.)

Wan ja Zeng (2015) nostavat artikkelissaan esiin mielenkiintoisen ja hieman poikkeuksellisemman laiteverkon määritelmän vuodelta 2005. Siinä he viittavaat kansainvälisen televiestintäliiton (2005) julkaisuun, jossa laiteverkko määritellään internetin laajennoksena, ikään kuin sovelluksena, jolloin informaatio- ja kommunikaatioteknologiat kehittyvät kaiken kytkeytymisestä

kaikkeen. Laiteverkko syntyisi määritelmän mukaan siis kenen tai minkä tahansa ottaessa yhteyden internetiin ja kytkeytyessä mihin tahansa internetiin kytkettyyn laitteeseen. (Wan & Zeng, 2015.)

Laiteverkko mahdollistaa ensimmäistä kertaa ihmisten ja ympäristön vuorovaikutuksen sekä ympäristöön liittyvän informaation vastaanottamisen, joka ei ole aikaisemmin ollut saatavilla yksinkertaisesti vain katsomalla objekteja ympärillämme. Joten enemmänkin kuin vain mahdollistaa vuorovaikutuksen, laiteverkko antaa mahdollisuuden fyysiselle ympäristöllemme vaihtaa informaatiota keskenään ja käyttää sitä hyväkseen luodakseen ihmisille uudenlaisia mahdollisuuksia toimia ympäristössään. (Zorzi, Gluhak, Lange & Bassi, 2010.)

Laiteverkon siirtymistä ihmisten arkeen voidaan tulevaisuudessa verrata murrokseen, joka tapahtui internetin kehittyessä. Internet yhdisti ihmisiä ennenäkemättömällä laajuudella ja vauhdilla. Gubbi ym. (2013) toteavat, että laiteverkko on kasvanut ulos kehitysvaiheestaan ja on muuttamassa nykyistä staattista internetiä täysin integroituneeksi tulevaisuuden internetiksi (engl. Future Internet) luoden näin ollen seuraavan vallankumouksen keskenään kommunikoivien objektien muodostaessa älykkään ympäristön. Internetin evoluutiossa laiteverkko vie maailmaa kohti toisiinsa yhteydessä olevien objektien muodostamaa verkostoa. Tässä verkostossa objektit, paitsi keräävät informaatiota ympäriltään ja keskustelevat fyysisen maailman kanssa, myös käyttävät jo olemassa olevia internetin standardeja tarjotakseen palveluita tiedon siirtämiseen, analysointiin, sovelluksiin ja kommunikointiin. (Gubbi ym., 2013.)

Laiteverkon tulevaisuudesta luvataan kirkasta ja odotukset teknologiaa kohtaan kasvavat jatkuvasti. Huolimatta auvoisista tulevaisuudennäkymistä, ja innokkaista taloudellisen hyödyn tavoittelijoista huolimatta, sen merkittävimmät haasteet säilyvät edelleen ratkaisemattomina. Wortmann ja Flüchter (2015) painottavat, että haasteet painottuvat luonnollisesti teknologiaan, mutta yhä suuremmissa määrin myös liiketoiminnalliset kysymykset nousevat esiin yritysten yrittäessä omaksua laiteverkkoteknologiaa omiin liiketoimintamalleihinsa. (Wortmann & Flüchter, 2015)

Yhä useammin on kyse siitä, että vanhat liiketoimintamallit eivät taivu laiteverkkoteknologian tarpeisiin tai ainakaan teknologia ei tuota parasta tulosta yrityksen liiketoiminnalle. Myös heidän mukaansa eri teollisuuden toimialojen välisiä raja-aitoja on kaadettava ja siirrettävä, kun teknologia mahdollistaa toiminnan laajentamisen aiemmin tuntemattomille alueille. (Wortmann ja Flüchter, 2015.)

Liiketoiminnan johtamiskäytänteiden sopeutuminen laiteverkkoteknologiaan toimii hyvänä esimerkkinä vallalla olevien rakenteiden purkautumisesta. Uudet toimintamallit valtaavat yritykset esimerkiksi ketterän kehityksen siirtyessä osaksi jopa kaikkein jäykimpiä teollisuusyrityksiä. Digitalisaation keskellä yrityksillä ei ole varaa nojautua kankeisiin operationaaliisiin prosesseihin vaan niiden täytyy uudistua. (Wortmann ja Flüchter, 2015.)

Wortmann ja Flüchter (2015) mainitsevat laiteverkon vaikutukset myös yrityksen strategiatyöhön. Opitut mallit tietohallinnon johtamiseen standardinmukaisena yksikkönä ja informaatioteknologian pakonomaista sovittamista liiketoimintastrategiaan tulisi heidän mukaansa laiteverkkoteknologian murroksessa haastaa. Uusissa viitekehyksissä olisi syytä ottaa uudenlainen näkökulma laiteverkkoteknologiaan, jossa sitä katsottaisiin tukitoiminnon sijaan lisäarvon tuottajana ja kilpailuedun saavuttamisen keinona. Uusia johtamisen ja hallinnon välineitä tarvitaan organisaatioissa, jotta tarvittavat resurssit pystytään käyttämään sekä organisaation sisällä että sen ulkopuolella tehokkaasti teknologian hyödyntämiseen liiketoiminnallisten tavoitteiden saavuttamiseksi. (Wortmann ja Flüchter, 2015.)

Turber ja Smiela (2014) ovat julkaisussaan hyvin pitkälti samaa mieltä uusien teknologian tuomista mahdollisuuksista ja haasteista yritysten liiketoiminnalle kuin Wortmann ja Flüchter (2015). Eteenpäin vievänä voimana toimivat numenomaan uudet digitaalisen maailman tuomat muutokset ennen staattisiin ja muuttumattomiin tuotteisiin, muun muassa polkupyöriin, autoihin ja kelloihin. Digitaaliset ominaisuudet juuri tämänkaltaisissa tuotteissa muuttavat asiakaskokemusta ja tuotteen luonnetta täysin. Tästä johtuen laiteverkkoteknologialla on suuri vaikutus liiketoimintamalleihin.

He mainitsevat esimerkkinä tällaisesta tuotteen merkityksen muuttumisesta digitalisoidun termostaatin "Nest":in (suom. pesä). Hyvin perinteisenä tuotteena termostaatti pitää huolta kodin lämmön- ja myös energiansäätelystä. Tällainen laite varustettuna sensorein ja kytkettynä internetiin antaa mahdollisuuden jatkuvaan energiankulutuksen tarkkailuun ja -optimointiin. Energiayhtiöt voivat tämänkaltaisten tuotteiden avulla palkita asiakkaitaan esimerkiksi ilmastointilaitteen sammuttamisesta pidempien poissaolojen ajaksi. (Turber & Smiela, 2014)

3 TEOLLINEN INTERNET

Tässä tutkielmassa keskityn ainoastaan teollisen internetin käsitteeseen ja sen mahdollisiin vivahteisiin, jotka asemoivat teollisen internetin suhteessa muuhun saman alueen termistöön. Teollisella internetillä on myös paljon vaihtoehtoisia käsitteitä kuten saksalainen "Industrie 4.0", "Cyberphysic Systems", yhdysvaltalainen "The Advanced Manufacturing Partnership", ranskalainen "la Nouvelle France Industrielle" ja "laitteiden ja palveluiden verkko" (engl. "Internet of Things and Services") (Toro, 2015).

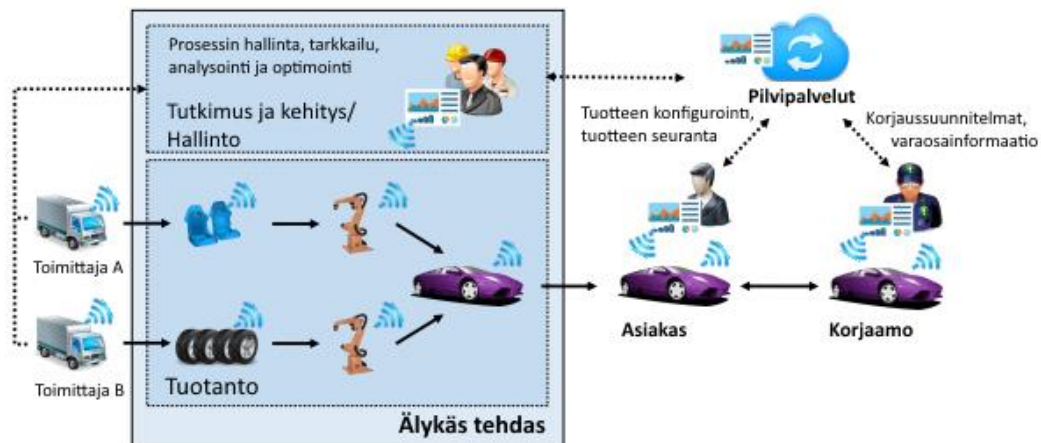
Saksalainen Industrie 4.0 -käsite on teollisen internetin kanssa teknisesti hyvin samankaltainen. Drathin ja Horchin (2014) mukaan teollisen internetin sovellus on kuitenkin laajempaa kuin pelkästään teollinen tuotanto ja sisältää esimerkiksi myös älykkäät sähköverkot toisin kuin keski-eurooppalainen vastineensa. Drathin ja Horchin käyttämästä diskurssista voidaan tulkita hentoja eroja erilaisten käsitteiden välillä, vaikkakin Danieliksen ym. (2014) mukaan näillä kaikilla visioilla on sama lopullinen päämäärä, joka on niin kutsuttu älykäs tehdas.

Älykkään tehtaan tuotantologiikassa jokainen tuote on identifioitavissa, paikannettavissa ja ne ovat itse tietoisia tuotantotilastaan ja vaiheistaan (Danielis ym., 2014). Sadeghi, Wachsmann ja Waidner (2015) toteavat kyberfyysisten järjestelmien (engl. Cyberphysical Systems) olevan älykkäiden tehtaiden perusta, jossa kyberfyysiset järjestelmät dynaamisesti organisoivat ja optimoivat tuotantoprosesseja huomioiden näin tuotantoresurssien käytön upotettujen järjestelmien keräämän datan perusteella.

Kyberfyysiset järjestelmät ovat ohjelmistoalustoja, jotka valvovat ja kontrolloivat fyysisiä prosesseja. Ne mahdollistavat olotilojen seuraamisen, rakenteellisen ihmisten terveydentilan seuraamisen, etädiagnoosit ja tuotantojärjestelmien kauko-ohjaamisen reaaliajassa. (Sadeghi ym., 2015.) Kyberfyysiset järjestelmät voivat toimia myös yli yritysten rajojen; älykkäissä tehtaissa tuotteet itse tietävät identiteettinsä, historiansa, yksityiskohdat, dokumentaation ja voivat jopa kontrolloida omia tuotantoprosessejaan.

Kuviossa esitetään kuvitteellisen älykkään tehtaan prosessi, jossa tuotteen tuotanto on älykäs toimitusketjun alusta loppuun saakka (kuvio 2) (Sadeghi

ym., 2015). On hyvä huomata, että kyberfyysisten järjestelmien käsite määritellään upotettujen järjestelmien verkostona, joka kykenee jakamaan dataa toimiakseen tehokkaasti yhdessä (Danielis ym., 2014). Tämä kyberfyysisten järjestelmien määritelmä ei juurikaan poikkea teollisen internetin ajatuksesta.



KUVIO 3 Älykkään tehtaan prosessi, joka ulottuu koko tuotantoketjuun (Sadeghi, 2015, 2).

Teollinen internet tulee esiin laiteverkon teollisena ilmentymänä, jossa fyysiset sensorit keräävät kentältä mitattavissa olevaa tietoa ja kuljettavat dataliikenteen internetiin. Kerätty reaaliaikainen massadata (engl. Big Data) tuo yrityksille massiivisen tuoton suhteessa investointiin sen mahdollistaessa laajan toiminnan optimoinnin. Palattella ym. (2013) tiedostavat julkaisussaan, että vaikka teollisen internetin mukanaan tuomat tuotot voivat olla yrityksille erittäin suuria, monia teknisen suunnittelun haasteita on vielä voitettavana.

Esimerkkeinä tällaisista haasteista ovat teollisten sovellusten tiukentuvat vaatimukset viiveelle, elinkaarelle ja standardien mukaisuudelle. Koko ajan enemmän esiin nouseva teollinen internet perustuu pitkälti kommunikointiin liittyviin standardeihin, jotka on omaksuttu merkittävilta kansainvälisiltä yhteisöiltä, kuten IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ja IETF (The Internet Engineering Task Force). (Palattella ym., 2013.)

Sadeghi ym. (2015) määrittelevät julkaisussaan laiteverkon käsitteen aikaisemman luvun kirjallisuutta mukailien ympäristönä, jossa jokapäiväiset asiat ja esineet ovat varustettu elektroniikalla, joka tarjoaa näille objekteille identifiointi-, laskenta- ja kommunikointikyvyt. He toteavat artikkelissaan tämän kaltaisen verkoston antavan lukuisia mahdollisuuksia varsinkin teollisessa ympäristössä.

Tuotantolaitoksissa on tyypillisesti useita itsenäisesti toimivia tuotantojärjestelmiä, joilla on korkeintaan rajalliset laskennalliset ominaisuudet.

Teollinen internet muodostuu Sadeghin ym. (2015) mukaan perinteisiin teollisuusympäristöihin seuraavanlaisesti: 1) lisäämällä entistä sivistyneempää elektroniikkaa tuotantojärjestelmiin, 2) yhdistämällä itsenäisesti toimivia järjestelmiä sekä 3) integroimalla ne perinteisiin liiketoiminnan tietojärjestelmiin.

Näin muodostuva keskenään paremmin kommunikoiva verkosto luo pohjan uudelleen tavalle organisoida ja hallita teollisia arvoketjuja ja mahdollistaa erittäin joustavan ja resursseja säästävän tuotannon. Teollisen internetin avulla voidaan myös saavuttaa yksilöllisten tuotteiden tuottaminen massatuotannon hinnalla. (Sadeghi ym., 2015.)

Viime vuosikymmeninä perinteiset tuotantojärjestelmät, automaatio ja älykkäät järjestelmät ovat sulautuneet teolliseksi internetiksi. Teolliseen internetiin liittyvien laitteiden määrä kasvaa tasaisesti. Ohjelmoitavat loogiset hallintajärjestelmät korvaantuvat kehittyneemmällä kyberfyysisillä järjestelmillä, jotka ovat vapaasti ohjelmoitavia upotettuja laitteita, jotka hallitsevat fyysisiä prosesseja. Kyberfyysiset järjestelmät kommunikoivat tyypillisesti suljetuissa teollisissa verkostoissa, mutta ovat usein myös yhteydessä internetiin. Teollisen internetin käsitteen yhteydessä puhutaan paljon myös massadata-, liikkuva tietojenkäsittely- (engl. Mobile Computing) sekä pilviteknologia-termeistä. Massadata-algoritmien avulla pystytään toteuttamaan yhtä teollisen internetin tärkeimmistä ominaisuuksista, jossa ennustetaan koneiston häiriöitä. Ennustamalla häiriötiloja, voidaan optimoida tuotannon ja liiketoiminnan prosesseja sekä vähentää seisokkiaikaa ja huoltokustannuksia. (Sadeghi ym., 2015.)

Weiss, Chandhoke ja Melvin (2015) toteavat artikkelissaan, että kyberfyysiset järjestelmät sekä teollinen internet kuuluvat laiteverkon käsitteen alle. Samat vaatimukset pätevät heidän mukaansa koko tutkimusalueella – tarvitaan ajanomaisten (engl. time-sensitive) sekä työn suhteen optimoitujen järjestelmien (engl. best-effort systems) vahvaa yhtenäisyyttä. Laiteverkko ja teollinen internet viitoittavat tietä konvergenssille, jossa fyysisen- ja kybermaailman integroiminen on saumatonta. Tällä tutkimusalueella on edelleen paljon avoimia kysymyksiä useilla eri tutkimusaloilla. (Weiss ym., 2015)

Teollisen internetin konsepti implementoidaan Dujovnen, Watteynen, Vilajosanan ja Thubertin (2014) mukaan ratkomalla toiminnallisia haasteita informaatioteknologian avulla. Dujovne ym. (2014) mainitsevat keinoiksi esimerkiksi laitteiden virtualisoinnin jäljentämään säätimiä ja instrumenttejä, minkä avulla voidaan yksinkertaistaa verkostojen käyttöönottoa. Teollisen internetin maailmaa kuvaa, että keinoiksi on nostettu myös massadatatekniikat, jolloin työskennellään suurten historiallisten arkistojen ja massiivisten suoraan mittareista kerättävän syötemäärien kanssa. Näillä työkaluilla päästään kiinni teollisten prosessien optimointiin, joka on yksi teollisen internetin tärkeimmistä hyödyistä. (Dujovne ym., 2014.)

Teollisen internetin paradigman mahdollistamiseen hyödynnetään MAC-kerroksen (engl. Media Access Control) standardeja, joilla yhdistetään toisiinsa

miljoonia teollisia laitteita (Martinez, Vilajosana, Chraim, Vilajosana & Pister, 2015). Tällaisia laitteita voivat olla esimerkiksi laivan moottoriin kiinnitettävät sensorit, jotka lähettävät ajantasaista tietoa moottorin käytöstä sekä huoltotarpeesta. Teknologisilla ratkaisuilla on pystytty kehittämään sekä MAC-kerroksen luotettavuutta että vähentämään energiankulutusta ja nostamaan verkoston käyttöikä. Näin ollen on pystytty esittelemään uudenlaisia sekä toiminnallisia että tarkkailevia laitteita, joiden avulla tähdätään teollisuuden turvallisuuden, prosessiautomaation, tehokkuuden ja tuottavuuden kehittämiseen. (Martinez ym., 2015.)

Le, Alfredo, Choi, Cho ja Kim (2014) viittaavat teollisella internetillä kompleksien fyysisten laitteiden integraatioon, joka toteutuu sensoreiden ja ohjelmistojen verkoston avulla. Teollinen internet kasaa yhteen tutkimusaloja, kuten koneiden oppiminen (engl. Machine Learning), massadata, laiteverkko ja koneiden välinen kommunikaatio (engl. Machine-to-Machine communication) kerätäkseen dataa fyysisistä objekteista, analysoidakseen sitä ja käyttääkseen sitä operaatioiden ohjaamiseen ja parantamiseen (Le ym., 2014).

Teollisen internetin avulla voidaan ottaa käyttöön uudenlaisia ratkaisuja, jotka kehittävät tehokkuutta ja lopulta kehittää älykkäämpiä, nopeampia ja entistä ennakoivampia ratkaisuja massatuotannon, tehokkuuden ja luotettavuuden parantamiseen (Le ym., 2014). Schurgotin, Shinbergin ja Greenwaldin (2015) mukaan potentiaalisesti suuret saatavilla olevat hyödyt teollisesta internetistä, laiteverkon- ja koneiden välisen kommunikaatioteknologian ohella, ajavat yritykset tekemään suuria investointeja. Teollisuuden laitteistovalmistajat lisäävätkin lähes rutiininomaisesti sensoreita ja liitettävyyssominaisuuksia laitteisiin kuten turbiineihin, joita on perinteisesti ohjattu ainoastaan paikallisesti. Tämä on vain yksi esimerkki kuinka saavuttaa kustannussäästöjä laitteistojen valvonnan sekä etäohjausmahdollisuuksien lisääntyessä. (Schurgot ym., 2015.)

4 YHTEENVETO

Tutkielmassa tutkittiin teollisen internetin käsitteen määrittelyä tieteellisessä kirjallisuudessa. Teollista internetiä käsitteleviä artikkeleita on saatavilla toistaiseksi hyvin niukasti. Teollisen internetin käsitteeseen yhdistyy vahvasti laiteverkon käsite. Laiteverkkoa käsiteltiin ensimmäisessä sisältöluvussa perusteellisemmin, jolla pohjustettiin teollisen internetin käsitteen määrittelyä toisessa sisältöluvussa.

Kirjallisuuskatsaus suoritettiin systemaattisesti ja dokumentoiden tehden hakuja sekä SCOPUS-kirjastossa sekä tietojärjestelmätieteen alan kirjallisuutta kokoavassa ainet-kirjastossa. Katsaukseen päätynyt kirjallisuus on ollut karsinnan jälkeen hyvälaatuista. Julkaisu hylättiin, jos siinä ei määritelty jompaa kumpaa katsauksessa tutkituista käsitteistä.

Katsaus tehtiin, koska teollisen internetin tuoma mullistus eri toimialoilla on jo nyt nykypäivää, ja lähitulevaisuudessa yritykset siirtyvät yhä enemmän teollisen internetin sovelluksien tuottamiseen ja hyödyntämiseen. Katsauksesta voidaan huomata, että edelleen käsitteiden määrittelyssä on näkökulmasta riippuen hieman eri tyyli ja lähestymistapa. Voidaan nähdä ongelmana puhua teknologiaan liittyvien haasteiden ratkaisemisesta, kun ei olla täysin yksimielisiä siitä, että mitä näillä peruskäsitteillä tarkoitetaan. Vaikuttaa siltä, että on yhteisössä vallalla tilanne, jossa käsite määritellään omasta näkökulmasta, hyvin väljien yhteisten nimittäjien pohjalta.

Tutkimuskysymys kirjallisuuskatsauksessa on: ”miten teollisen internetin käsite määritellään kirjallisuudessa?” Katsauksen perusteella vastaus tutkimuskysymykseen kuuluu:

Kirjallisuudessa ei ole vakiintunutta määritelmää teollisen internetin käsitteelle.

Teollisella internetillä voidaan tarkoittaa teollisuuden eri toimialoilla käytettävää laiteverkon teknologiaa tai sitten erilaisten teknologioiden yhdistelmää, jolla kerätään, käsitellään ja analysoidaan dataa. Kirjallisuuden perusteella teollinen internet on määritelty yksimielisesti ainoastaan

toimintaympäristön osalta. Teollinen internet liittyy teollisuuden käyttämiin teknologioihin, joilla laitteista kerätyllä datalla pyritään optimoimaan tuotantoprosesseja.

Teollisen internetin monet keskenään hieman limittäiset määritelmät johtunevat osittain myös teollisen internetin käsitteen englanninkielisistä vastikkeistaan. Englanninkieliset käsitteet määritellään jokainen omalla kielellään hieman eri tavalla, mutta suomen kielessä ne asettuvat kaikki teollisen internetin käsitteen alle. Teollisen internetin käsite on syntynyt yritysmaailmasta, yritysten luodessa laiteverkkoteknologiaan perustuvia teollisia sovelluksia liiketoimintansa optimointiin, tehostamiseen ja prosessien mittaamiseen ja tarkkailuun.

Yksi tärkeä käsite teollisen internetin alla on *älykäs tehdas*, jonka tuotantologiikassa, jokainen tuote on identifioitavissa, paikannettavissa ja ne ovat tietoisia omasta tilastaan sekä tuotantoketjun vaiheesta. Älykkään tehtaan visio ylittää aivan kuluttajalle saakka ja on täydellisesti toteutuessa mielenkiintoinen tapa havainnoida tehtaan toimintoja, viestiä asiakkaalle tilauksen aikataulusta sekä havaita tuotantoketjun ongelmia tai puutostiloja.

Pohjan älykkäälle tehtaalle luovat kyberfyysiset järjestelmät, joka on prosesseja kontrolloiva ohjelmistoalusta. Teollinen internet ja sen teknologiat ovat käytössä hyvin monipuolisesti eri toimialoilla ja niiden avulla monet toimialat muotoutuvat uudelleen. Yritykset käyvätkin jatkuvaa kilpajuoksua keskenään parhaiden käytänteiden ja standardien luomisessa. Juuri kyberfyysiset järjestelmät mahdollistavat muun muassa erilaisten olotilojen seuraamisen ja rakenteellisen ihmisten tutkimisen terveydenhuoltosektorilla.

Tutkielmassa läpikäydyn kirjallisuuden perusteella voidaan siis nähdä sekä laiteverkon että teollisen internetin käsitteiden aika laveaakin tulkintaa. Laiteverkon käsitettä käytetään pääsääntöisesti selittämään laitteen kuin laitteen liittämistä internetiin ja niiden keskenään muodostamaa verkostoa. Ollakseen lähes kaksikymmentävuotias on laiteverkon käsitteellä edelleen aika monia erilaisia määritelmiä, joita on tässäkin katsauksessa lueteltu. Laiteverkko on määritelty arkkitehtuuriksi, internetin sovellukseksi, älykkäiden objektien verkostoksi, sulautetuksi vuorovaikutukseksi sekä laitteiden ominaisuuksiksi, jotka mahdollistavat vuorovaikutuksen ympäröivän maailman kanssa.

Laiteverkon käsite on kuitenkin siinä mielessä suhteellisen vakiintunut, että sen perusidea ymmärretään. Laiteverkko on esillä julkisessa keskustelussa vuosi vuodelta yhä enemmän. Älykkäät vaatteet, asusteet sekä kodit tulevat jatkuvasti olemaan yhä suurempi osa ihmisten arkea. Kirjallisuuden perusteella saatetaan tulkita, että laiteverkko on jonkinlainen kattokäsite muille samaan tutkimusalueeseen kuuluville käsitteille kuten esimerkiksi teolliselle internetille. Toisaalta laiteverkon käsite voidaan nähdä myös teollisen internetin alakäsitteenä. Näiden kahden käsitteen välinen suhde ei ole selkeästi tulkittavissa.

Teollisen internetin ja sen sovelluksien integroimista nykyisiin yritysten tietojärjestelmiin on mielenkiintoista seurata. Onnistutaanko esimerkiksi integraatioiden kannalta olennaiset API-rajapinnat rakentamaan järkevällä ja

pitkäkestoisella tavalla yritysten arkkitehtuureihin? Teollisen internetin kuin myös laiteverkkoteknologian vaikutukset kaikkiin yhteiskunnan osiin tulee mitä luultavimmin olemaan internetin kaltainen teknologiamullistus.

Miten yhteiskunta, yritykset ja kuluttajat osaavat ottaa vastaan täysin uudenlaisen teknologian, joka tulee muuttamaan käsityksiämme vähintäänkin yksityisyydestä, palveluista ja infrastruktuurista sellaisena kuin me ne nykyään tunnemme.

Jatkotutkimusta kaivataankin varsinkin teollisen internetin ja sen rinnakkaiskäsitteiden asemoinnista. Siitä, miten teollinen internet sitoutuu esimerkiksi laiteverkkoon ja massadataan. Kirjallisuuden käsittelyssä huomioon otettavaa on nimenomaan julkaisujen ikä. Teollisen internetin osalta tutkimusta on odotettavissa tulevaisuudessa runsaasti ja myös sen ohella käsitteen määrittely vakiintuu.

Mielenkiintoista on nähdä, miten käsitteistö tutkimusalueen tulevaisuudessa elää. Kehittykö käsitteistö niin, että jokin muu kuin teollinen internet valitaan kuvaamaan tutkimusaluetta. Suomenkielisessä tutkimuksessa teollinen internet varmasti jää elämään, mutta englannin kielisessä tutkimuksessa käsitteelle on vielä useita vaihtoehtoja ja niiden tämänhetkiset määritelmät tuntuvat olevan vielä toisistaan ainakin osittain poikkeavia.

LÄHTEET

- Agresti, W. (2011). Toward an IT agenda. *Communications of the Association for Information Systems*, 28(1), 255-276.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805.
- Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011). Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications*, 58(1), 49-69.
- CERP-IoT Cluster, <http://www.rfid-in-action.eu/cerp-iot>. 2009.
- Danielis, P., Skodzik, J., Altmann, V., Schweissguth, E. B., Golatowski, F., Timmermann, D., & Schacht, J. (2014, September). Survey on real-time communication via ethernet in industrial automation environments. *Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*, 2014 IEEE (pp. 1-8). IEEE.
- Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype?[Industry Forum]. *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, 8(2), 56-58.
- Dujovne, D., Watteyne, T., Vilajosana, X., & Thubert, P. (2014). 6TiSCH: deterministic IP-enabled industrial internet (of things). *Communications Magazine, IEEE*, 52(12), 36-41.
- Ganti, R. K., Ye, F., & Lei, H. (2011). Mobile crowdsensing: current state and future challenges. *Communications Magazine, IEEE*, 49(11), 32-39.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Guinard, D., Trifa, V., Karnouskos, S., Spiess, P., & Savio, D. (2010). Interacting with the soa-based internet of things: Discovery, query, selection, and on-demand provisioning of web services. *Services Computing, IEEE Transactions on*, 3(3), 223-235.
- International Telecommunication Union (ITU). (2005). *ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things*. Tunis: World Summit on the Information Society.
- Kees, A., Oberlaender, A. M., Roeglinger, M. & Rosemann, M. (2015). Understanding the Internet of Things: A Conceptualisation of Business-to-Thing (B2T) Interactions. *ECIS 2015 Completed Research Papers*. Paper 92. http://aisel.aisnet.org/ecis2015_cr/92
- Kiritsis, D. (2011). Closed-loop PLM for intelligent products in the era of the Internet of things. *Computer-Aided Design*, 43(5), 479-501.
- Kortuem, G., Kawsar, F., Fitton, D., & Sundramoorthy, V. (2010). Smart objects as building blocks for the internet of things. *Internet Computing, IEEE*, 14(1), 44-51.

- Kouche, A. E. (2012, June). Towards a wireless sensor network platform for the Internet of Things: Sprouts WSN platform. In *Communications (ICC), 2012 IEEE International Conference on* (pp. 632-636). IEEE.
- Kranz, M., Holleis, P., & Schmidt, A. (2010). Embedded interaction: Interacting with the internet of things. *Internet Computing, IEEE*, 14(2), 46-53.
- Le, T. M. H., Alfredo, L. A., Choi, H. R., Cho, M. J., & Kim, C. S. (2014, December). A Study on BPaaS with TCO Model. *Big Data and Cloud Computing (BdCloud), 2014 IEEE Fourth International Conference on* (pp. 249-256). IEEE.
- Martinez, B., Vilajosana, X., Chraim, F., Vilajosana, I., & Pister, K. S. (2015). When Scavengers Meet Industrial Wireless. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 62(5), 2994-3003.
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.
- Palattella, M. R., Accettura, N., Grieco, L. A., Boggia, G., Dohler, M., & Engel, T. (2013). On optimal scheduling in duty-cycled industrial IoT applications using IEEE802.15.4 e TSCH. *Sensors Journal, IEEE*, 13(10), 3655-3666.
- Sadeghi, A. R., Wachsmann, C., & Waidner, M. (2015, June). Security and privacy challenges in industrial internet of things. *Proceedings of the 52nd Annual Design Automation Conference*. ACM.
- Sanchez, T., Ranasinghe, D. C., Harrison, M., & McFarlane, D. (2012). Adding sense to the internet of things – an architecture framework for smart object systems. *Pers Ubiquitous Comput*, 16(3), 291-308.
- Sarma, A. C., & Girão, J. (2009). Identities in the future internet of things. *Wireless personal communications*, 49(3), 353-363.
- Schurgot, M. R., Shinberg, D. A., & Greenwald, L. G. (2015, June). Experiments with security and privacy in IoT networks. In *World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2015 IEEE 16th International Symposium on a* (pp. 1-6). IEEE.
- Shelby, Z. (2010). Embedded web services. *Wireless Communications, IEEE*, 17(6), 52-57.
- Toro, C., Barandiaran, I., & Posada, J. (2015). A Perspective on Knowledge Based and Intelligent Systems Implementation in Industrie 4.0. *Procedia Computer Science*, 60, 362-370.
- Wan, J. & Zeng, M. (2015). Research on Key Success Factors Model for Innovation Application of Internet of Things with Grounded Theory. *WHICEB 2015 Proceedings*. Paper 38. <http://aisel.aisnet.org/whiceb2015/38>
- Weber, R. H. (2010). Internet of Things–New security and privacy challenges. *Computer Law & Security Review*, 26(1), 23-30.
- Weiss, M., Chandhoke, S., & Melvin, H. (2015, April). Time signals converging within cyber-physical systems. *Frequency Control Symposium & the European Frequency and Time Forum (FCS), 2015 Joint Conference of the IEEE International* (pp. 684-689). IEEE.

- Wortmann, F. Flüchter, K. (2015) Internet of Things. *Bus Inf Syst Eng* 57(3):221-224.
- Zhou, L., & Chao, H. C. (2011). Multimedia traffic security architecture for the internet of things. *Network, IEEE*, 25(3), 35-40.
- Zorzi, M., Gluhak, A., Lange, S., & Bassi, A. (2010). From today's intranet of things to a future internet of things: a wireless-and mobility-related view. *Wireless Communications, IEEE*, 17(6), 44-51.
- Turber S. & Smiela, C. (2014). A business model type for the Internet of Things. *Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS) 2014, Tel Aviv, Israel, June 9-11, 2014, ISBN 978-0-9915567-0-0*
<http://aisel.aisnet.org/ecis2014/proceedings/track05/4>