

Juhanko, Jari et al.

Research Report

Suomalainen teollinen internet - haasteesta mahdollisuudeksi: Taustoittava kooste

ETLA Report, No. 42

Provided in Cooperation with:

The Research Institute of the Finnish Economy (ETLA), Helsinki

Suggested Citation: Juhanko, Jari et al. (2015) : Suomalainen teollinen internet - haasteesta mahdollisuudeksi: Taustoittava kooste, ETLA Report, No. 42, The Research Institute of the Finnish Economy (ETLA), Helsinki

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/201324>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi

Taustoittava kooste

Jari Juhanko* (toim.), Marko Jurvansuu** (toim.), Toni Ahlqvist, Heikki Ailisto, Petteri Alahuhta, Jari Collin, Marco Halen, Tapio Heikkilä, Helena Kortelainen, Martti Mäntylä, Timo Seppälä***, Mikko Sallinen, Magnus Simons, Anu Tuominen

* Aalto-yliopisto, jari.juhanko@aalto.fi

** Teknologian tutkimuskeskus, marko.jurvansuu@vtt.fi

*** ETLA – Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, timo.seppala@etla.fi

Tämä taustakooste on toteutettu osana Valtioneuvoston kanslian tutkimus- ja selvityshanketta (VNK 465/48/2914) Teollinen Internet muuttaa Suomen haasteet mahdollisuuksiksi.

Kirjoittajat kiittävät tutkimus- ja selvityshankkeen ohjausryhmän ja LinkedIn Teollinen Internet keskusteluryhmän jäseniä keskusteluista ja kommenteista taustakoosteen kirjoitusprosessin ja viimeistelyn aikana. Erityisesti LinkedIn keskusteluryhmässä esille tulleita kommentteja huomioimme tutkimus- ja selvityshankkeen loppuraporttia laadittaessa. Erityiskiitokset Laila Riekkiselle ja Kimmo Aaltoselle.

ISSN-L 2323-2447

ISSN 2323-2447 (print)

ISSN 2323-2455 (online)

Sisällysluettelo

	Tiivistelmä	2
	Abstract	2
	Tiivistelmä	3
1	Taustaa	8
2	Käsitteet ja määritelmät	8
2.1	Määritelmät	10
2.2	Murroksen laajuus	16
2.3	Globaalit megatrendit ja teollinen internet	18
3	Miten hyödyntää teollista internetiä?	20
3.1	Yritykset	21
3.2	Yhteiskunta	26
3.3	Kuluttajan näkökulma	28
4	Murroksen elementit	29
4.1	Liiketoimintamallit ja ansaintalogiikan muutos	29
4.2	Teknologiat	35
4.3	Esteet ja hidasteet	40
4.4	Yhteiskunnan toimenpiteet	41
5	Edelläkävijät	43
5.1	Maat	43
5.2	Alustat	47
5.3	Yritykset	48
6	Suomalainen näkökulma teollisesta internetistä	49
6.1	Suomen teollinen internet -toimijoita	51
7	Yhteenveto	53
	Lähteet	54
	Liitteet	56

Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi: taustoittava kooste

Tiivistelmä

Teollinen internet (TI) on tämän hetken tärkeimpiä murroksia niin Suomessa kuin maailmanlaajuisesti. Suomelle haetaan uutta kasvua ja kilpailukykyä teollisen internetin hyödyntämisen kautta. Valtioneuvoston kanslia (VNK) on nimennyt sen yhdeksi kärkiteemoistaan ja teettää selvitystyön teemalla ”Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi”. Selvityksen toteuttaa erillinen työryhmä, joka koostuu alan tutkijoista ja asiantuntijoista VTT:stä, Aalto-yliopistosta ja ETLAsta.

Selvitystyö koostuu neljästä osiosta: taustoittava kooste (tämä raportti), skenaariot ja vaikutukset, Suomen vahvuudet ja heikkoudet sekä toimenpidesuositukset. Hankkeen painotus on suomalaisessa valmistavassa teollisuudessa, mutta se leikkaa teollisuuden lisäksi myös muita keskeisiä elinkeinoelämän alueita (mm. energia, liikenne ja logistiikka, kauppa, kiinteistöt ja infrastruktuuri) sekä julkisen sektorin toimintaa.

Hankkeen tuloksena syntyy perusteltu käsitys internet-talouden vaikutuksista Suomessa ja suomalaiseen teollisuuteen osana globaalia kehitystä, arvio Suomen vahvuuksista ja heikkouksista teollisen internetin mahdollisuuksien hyödyntämisessä sekä johtopäätökset ja toimenpidesuositukset julkisille toimijoille. Suositukset voivat sisältää ehdotuksia TKI-investoinneista, sääntelystä tai sen purkamisesta ja julkisiin hankintoihin liittyvistä toimista sekä koulutuksesta.

Tämä taustoittava kooste sisältää teollisen internetin määritelmän, kuvaa murrosta sekä sen tuomia mahdollisuuksia sekä esittelee teollisen internetin edelläkävijöitä Suomessa ja muualla.

Asiasanat: Teollinen internet, murros, automaatio, digitalisaatio, kilpailukyky, teollisuus

JEL: L6, L86, L8

Industrial internet transforms Finland’s challenges into opportunities: background synthesis

Abstract

The industrial internet has been described as a new industrial revolution, a significant re-shaper of markets and a global impetus for growth. Finland is looking for new growth opportunities and competitive edge in the industrial internet. The Prime Minister’s Office has identified it as one of its key themes. This project is run by VTT Technical Research Centre of Finland, Aalto University and ETLA, the Research Institute of the Finnish Economy.

The Finnish industrial internet – from challenge to opportunity is a project which will carry out an extensive evaluation of the grand scheme of internet economics, clarifying its social and economic impacts both within Finland and globally, while focusing on Finnish manufacturing industry. Furthermore, the project will cover other critical areas of business life (such as energy, transport and logistics, trade, property and infrastructure) as well as the functioning of the public sector.

Finland has all the prerequisites for success: a competitive and international technology industry, solid ICT skills, and a public sector that is well-managed and capable of reform. The Finnish industrial internet – from challenge to opportunity project will produce suggestions for policy and measures that would enable Finnish society and Finnish industry to best create and capture value added from this opportunity. This report serves as a background synthesis for the theme.

Key words: Industrial Internet, disruption, automation, digitalization, competitiveness, industry

JEL: L6, L86, L8

Tiivistelmä

Teollinen internet (TI) on tämän hetken tärkeimpiä murroksia niin Suomessa kuin maailmanlaajuisestikin. Myös Suomelle haetaan uutta kasvua ja kilpailukykyä teollisen internetin hyödyntämisen kautta. Valtioneuvoston kanslia (VNK) onkin nimennyt sen yhdeksi kärkiteemoistaan ja päättänyt toteuttaa selvitystyön ”Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi”. Selvityksen laatii työryhmä, joka koostuu alan tutkijoista ja asiantuntijoista VTT:stä, Aalto-yliopistosta ja ETLAsta.

Selvitystyö koostuu neljästä osiosta: taustoittava kooste (tämä raportti), skenaariot ja vaikutukset, Suomen vahvuudet ja heikkoudet sekä toimenpidesuositukset. Hankkeen painotus on suomalaisessa valmistavassa teollisuudessa, mutta se leikkaa teollisuuden lisäksi myös muita elinkeinoelämän alueita (mm. energia, liikenne ja logistiikka, kauppa, kiinteistöt ja infrastruktuuri) sekä julkisen sektorin toimintaa.

Tämä taustoittava kooste sisältää teollisen internetin määritelmän, kuvaa sen siivittämää murrosta ja tarjoamia mahdollisuuksia sekä esittelee teollisen internetin edelläkävijöitä Suomessa ja muualla. Taustoittavan koosteen tiedonkeruun menetelminä käytettiin kirjallisuusanalyysiä, ajankohtaisia lähteitä sekä tutkimukseen osallistuvien asiantuntijoiden kokemuksia ja arvioita tulevasta kehityksestä. Myös eri ministeriöiden (TEM, LVM ja OPM), Tekesin ja Suomen Akatemian näkemyksiä otettiin huomioon ja rikastettiin työn kuluessa.

Miksi teollinen internet tulee juuri nyt? Yhtenä olennaisena tekijänä tähän on tuotteiden älykkyyden edellyttämän teknologian kypsyminen ja sen käyttöönoton kustannuksien laskeminen. Toiseksi tietoverkot ulottuvat suurimpaan osaan teollista maailmaa ja mahdollistavat nopeat yhteydet. Kolmanneksi internet mahdollistaa prosessien ja liiketoiminnan hallinnan ja operoinnin globaalissa mittakaavassa edullisia ja tehokkaita pilvipalveluja hyödyntäen. Lisäksi ”big data” -alustojen ja analytiikan kehitys ovat mahdollistaneet suureen informaation määrään perustavan liiketoiminnan. Ei ole myöskään syytä aliarvioida työntekijöiden kasvavan tietoteknisen osaamisen ja teknologiamyönteisten asenteiden vaikutusta.

Teolliselle internetille keskeisiä ovat kolme megatrendiä: 1) *globalisaatio*, jolla viitataan talouden kasvun keskittymiseen kehittyviin kansantalouksiin, 2) *digitalisaatio*, jolla kuvataan laajemmin fyysisen todellisuuden täydentymistä digitaalseksi digitaalisuuden eri muodoissa ja 3) *kaupungistuminen* eli yhä suurempi osa väestöstä asuu kaupungeissa ja siten yhä suurempi osuus jalostusarvosta syntyy kaupungeissa. Näiden megatrendien yhteisvaikutus johtaa uuteen talousmaantieteeseen mm. tuotannon ja kulutuksen kannalta, mikä ilmenee uudenlaisena asiakaskäyttäytymisenä ja uusiutuvina arvo- ja toimitusketjuina.

Koko yhteiskuntaa koskeva digitalisaatio voidaan kuvata verkkoon kytkettyjen älykkäiden tuotteiden ja palveluiden verkostolla, joita voidaan tarkastella yhteiskunnan, teollisuuden tai kuluttajan näkökulmista. **Teollinen internet on erityisesti yritysten näkökulma digitalisaation kenttään.**

Suomalaisen teollisuuden työn positiivisen kansantaloudellisen vaikutuksen kannalta on oleellista, että teolliset yritysten uudet työpaikat toteutuvat Suomessa, vaikka tilaston mukaan viime vuosina teollisuustyön määrä on ollut laskeva. Meidän pitää olla valmiita muutokseen,

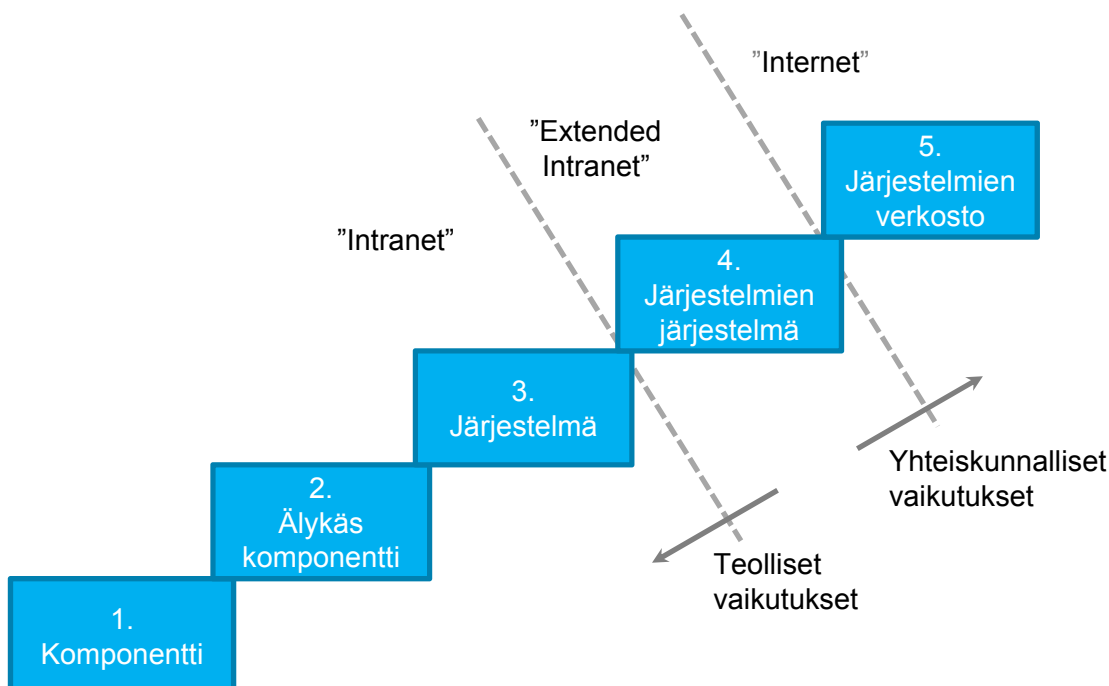
sillä on arvioitu, että 30 % eli noin 100 000 henkilötövuotta korvautuu lähitulevaisuudessa digitalisaation myötä. Digitaalisella liiketoiminnalla ei ole rajoja, joten on olemassa myös vakava uhka, että kansantalouden kannalta näiden työpaikkojen suomalaista jalostusarvoa nostava vaikutus menetetään.

Teollinen internet on kuvattu kolmanneksi teolliseksi vallankumoukseksi. General Electricin mukaan se koostuu kolmesta pääelementistä: 1) älykkäät koneet, 2) edistynyt analytiikka sekä 3) ihmiset työssä. Koneet ja konelaivueet verkotetaan ja niihin liitetään edistyskellisiä antureita, ohjausta ja ohjelmistoja. Edistynyt analytiikka yhdistää fysikaalisten suureiden mittaamiseen pohjautuvaan analytiikkaan ennustavat algoritmit, automaation sekä syvän alakohtaisen osaamisen. Työntekijöille mahdollistetaan digitaalinen yhteys työympäristöön, jolloin he voivat vaikuttaa valmistusprosessiin ja ylläpitoon sekä osallistua turvallisuuteen, laatuun ja tuotteiden ja palveluiden muotoiluun (*co-design*) aiempaa paremmin.

Saksan vuonna 2013 aloitettu kärkihanke *Industrie 4.0* on suuntautunut tulevaisuuden joustaviin ja yksilöllisiin valmistusjärjestelmiin, asiakkaiden ja alihankintaverkostojen integrointiin liiketoiminnallisen lisäarvon tuottamiseksi sekä tuotteiden ja palvelujen liittämiseen hybridituotteiksi. Kuten GE:n teollinen internet, myös *Industrie 4.0* painottaa ylhäältä alas katsoen teollisten valmistusjärjestelmien toiminnan tehostamista ja optimointia. Se korostaa automomisten valmistusjärjestelmien roolia, mutta myös niiden käyttäjien osaamisen merkitystä.

Esineiden ja asioiden internet (*Internet-of-Things, IoT*) on terminä profiloitunut enemmän kuluttajille suunnattuihin tuotteisiin ja palveluihin kuin teollisuuden tarpeisiin. IoT lähtee kuluttajatasen tarpeista ja innovaatioista ja painottaa nopeita ja edullisia tapoja anturoida, välittää ja analysoida tietoa uusien tuoteominaisuuksien ja lisäarvoa tuottavien oheispalveluiden

Teollisen internetin systeemitasot

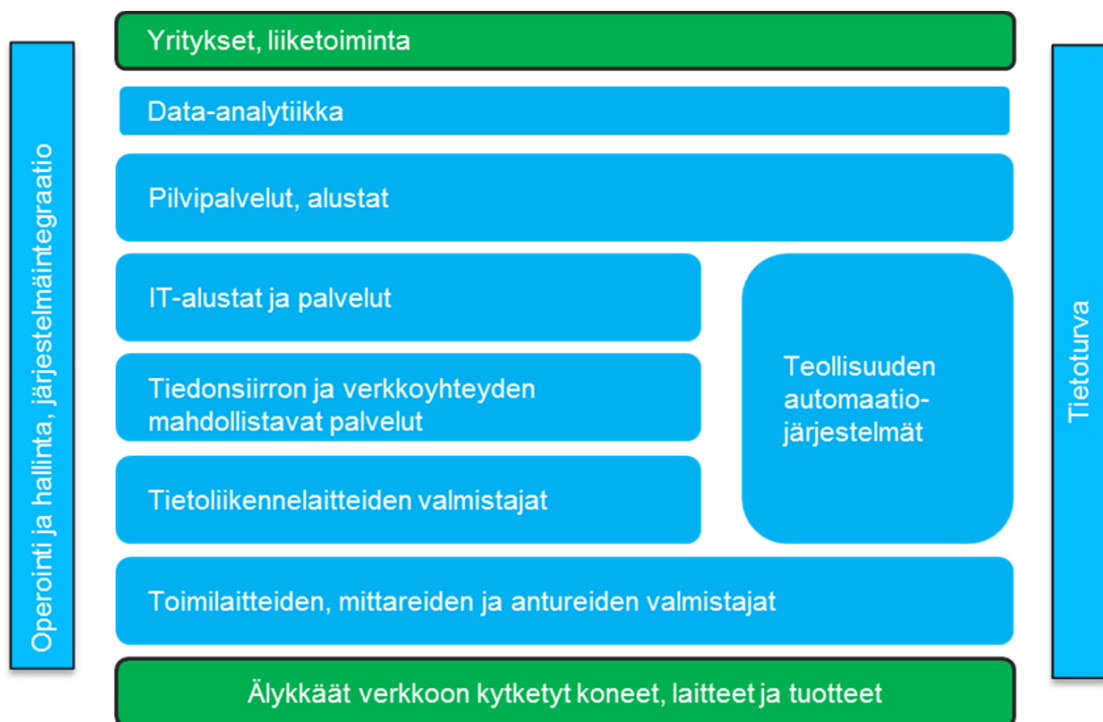


mahdollistamiseksi kuluttajien maailmassa. IoT:lle läheinen termi kaiken internet (*Internet of Everything*) yhdistää kuluttajan, yhteiskunnan ja teollisuuden näkökulmat tuomalla yhteen ihmiset, prosessit, datan sekä asiat ja esineet ja muuttamalla niitä koskevan informaation uusiksi mahdollisuuksiksi, rikkaammiksi kokemuksi ja houkutteleviksi liiketoimintatilaisuuksiksi yksilöille, yrityksille ja kansakunnille.

Älykkäät, verkottuneet tuotteet koostuvat kolmesta peruselementistä: (1) fyysisistä komponenteista, (2) älykkäistä komponenteista ja (3) verkottumiskomponenteista. Nämä mahdollistavat sen, että teollisen yrityksen liiketoiminnan kenttä voi laajentua perinteisen tuotteen tai komponentin valmistuksesta älykkään tuotteen valmistukseen, älykkään verkottuneen tuotteen tai palvelun toimittamiseen ja edelleen kokonaisen tuotejärjestelmän tai jopa useita järjestelmiä kattavan systeemipalvelun (*system of systems*) hallinnointiin. Yritystasolla tämä laajeneminen on strateginen valinta joka edellyttää uusia kyvykkyyksiä, mutta vastineeksi tarjoaa uutta liiketoimintaa uusilla markkinoilla. Seuraava kuva hahmottaa tätä ajattelumallia.

Yritysten teollisen internetin avulla tavoittelemat hyödyt voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Yritys voi pyrkiä nykyisen liiketoiminnan tehostamiseen (evoluutio), kokonaan uuteen liiketoimintaan (revoluutio) tai tuotteiden arvon kasvattamiseen. Tuotannon tehostaminen digitaalisuuden keinoin on ehdoton edellytys tuotteiden ja palveluiden menestymiseen uusilla globaaleilla markkinoilla. Uusi liiketoiminta ja tuotteen arvon kasvattaminen edellyttävät palvelu- ja informaatioliiketoiminnan kehittämistä joko älykkään tuotteen tai sen lisäarvopalveluiden ja järjestelmätason kokonaisuuksien muodossa. Nämä lisäarvopalvelut edellyttävät suurten tietomäärien analytiikkaosaamista sekä kokonaisuuksien hallintaa.

Teollisen internetin teknologia-alueet



Perinteisesti teollisuudessa on toimittu suljetuissa järjestelmissä (intranet), mutta teollisen internetin mahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttää näiden järjestelmien hallittua avaamista (internet) ulkopuolisille sidosryhmille, kuten asiakkaat, innovaattorit ja muut yhteistyökumppanit, ja luo näin uusia markkinoita sekä liiketoiminta-, investointi- ja työllistämismahdollisuuksia.

Älykkäät, verkottuneet tuotteet ja palvelut edellyttävät yrityksiltä täysin uudenlaisen, monikerroksisen teknologiainfrastruktuurin (teknologiapinon, *technology stack*) rakentamista. Infrastruktuuri koostuu ohjelmistoista, applikaatioista, verkostoista, laitteista, tuotepilvestä, informaation hallinnan alustoista sekä näiden varaan rakentuvista liiketoimintamenetelmistä ja prosesseista. Uuden infrastruktuurin rakentamiseen tarvitaan merkittävä määrä investointeja ja uutta osaamista. Teollisella internetillä ei voi sanoa olevan vain yhtä teknologiaa tai alustaa, vaan sen toiminta ulottuu yli laajan teknologiakirjon.

Teollisen internetin edelläkävijöitä voidaan tunnistaa mm. näiden aikaansaaman vaikutuksen, tuotejulkistusten, uusien tuotteiden, yrityskauppojen tai julkisuuden perusteella. Näillä mittareilla USA ja Saksa ovat aiheen tunnetuimmat edelläkävijät. Huomattavaa on, että Suomi on tässä yhteydessä Australian, Kiinan ja Kanadan tasolla, vaikka kotimaan markkina on huomattavasti näitä verrokkimaita pienempi. Myös Korea on vahvasti mukana kehityksen eturintamassa.

Yhteiskunnan kannalta teollinen internet on mahdollisuus, jonka edistymistä tukemalla voidaan saada suuria hyötyjä. Panostamalla suomalaisiin kyvykkyyksiin, yrittäjyyteen sekä koulutus-, tutkimus- ja innovaatioympäristöihin sekä yritysten yleisiin toimintaedellytyksiin luodaan välttämättömiä edellytyksiä täydentämään yritysten omia ponnisteluja. Teollisen internetin murros voi vaikuttaa myös suoraan julkisen sektorin tarjoamien tai tukemien palvelujen tehostamiseen tai uudistumiseen erityisesti energia-, tie-, rautatie-, vesi- ja viemäriverkostojen sekä rakennusinfrastruktuurin hallinnassa.

Miten Suomen ja suomalaisen teollisuuden kannattaisi asemoida itsensä teollisen internetin osalta?

Suomalaisen teollisen internetin lähestymistavan painopisteenä on asiakkaalle merkittävää lisäarvoa tuottavan uuden liiketoiminnan mahdollistaminen teollisen internetin teknologioiden ja menetelmien pohjalta. Sen tavoitteena on erityisesti tukea yritysten positioitumista kunkin yrityksen kannalta oikealle soveltamisen systeemitasolle ja varsinkin niiden siirtymistä komponentti- ja laite-toimittajaroolista kokonaisjärjestelmien ja ratkaisujen toimittajan ja operaattorin rooliin. Tällöin yritykset voivat ottaa yhä laajemman vastuun asiakkaan liiketoiminnasta ja päästä osallisiksi siinä syntyvästä lisäarvosta kehittämällä asiakkaiden tarpeita vastaavia uusia tuoteominaisuuksia. Edellytyksenä tälle on datan, tietoturvan ja luottamuksellisuuden hallinta sekä avointen arkkitehtuurien ja rajapintojen hyödyntäminen.

Teknologian kannalta suomalainen teollinen internet rakentuu samojen peruselementtien varaan kuin esimerkiksi saksalaisten Industrie 4.0: anturit ja toimilaitteet (venttiilit, moottorit jne.), paikallinen äly, tietoliikenne, pilviteknologia, analytiikka ja siihen nojaava päätöksenteko. Voimme olettaa, että tämä teknologiapino on suurimmalta osin myös suomalaisten toimijoiden käytettävissä – varsinkin kun hyödynnämme jo olemassa olevaa yhteistyötä Industrie 4.0 -ohjelman kanssa. Tätä kautta voidaan perustellusti toivoa, että näiden teknologia-alu-

eiden suomalainen osaaminen saa uusia kasvumahdollisuuksia, jos ja kun se saadaan osaksi muodostuvaa yleistä teollisen internetin teknologia-alustaa. Esimerkkejä tällaisista alueista ovat anturiteknologiat, langattomat tehdasverkot ja pilvianalytiikka sekä kaikkien näiden poikki kulkeva tietoturvateknologia.

Tämän pohjalta katsomme, että suomalaisen teollisen internetin lähestymistavan tulisi painottaa ennen muuta teollisten yritysten liiketoiminnan kehittämistä teollisen internetin pohjalta siten, että ne voivat hakea uusia liiketoimintamahdollisuuksia kokonaisjärjestelmien ja ratkaisujen toimittajina, operaattoreina ja ylläpitäjinä. Julkisten toimien tulisi painottua erityisesti tämän tarvitsemien kyvykkyyksien kehittämiseen ja sen tiellä olevien pullonkaulojen poistamiseen. Näiden ohella Suomen kannattaa hakeutua aktiiviseen kansainväliseen yhteistyöhön ja vaikuttaa omalta osaltaan sen sisältöön ja suuntaamiseen.

Industrial internet on täällä – olemmeko mukana? Tähän on yksi ainoa vastaus: KYLLÄ.

1 Taustaa

Teollinen internet (TI) on tämän hetken tärkeimpiä murroksia niin Suomessa kuin maailmanlaajuisesti. Myös Suomelle haetaan uutta kasvua ja kilpailukykyä teollisen internetin hyödyntämisen kautta. Valtioneuvoston kanslia (VNK) onkin nimennyt sen yhdeksi kärkiteemoistaan ja päättänyt toteuttaa selvitystyön teemalla ”*Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi*”. Selvityksen laatii erillinen työryhmä, joka koostuu alan tutkijoista ja asiantuntijoista VTT:stä, Aalto yliopistosta ja ETLAsta.

”*Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi*” hankkeen tavoitteena on selvittää, mitkä ovat teollisen internetin mahdollisuudet ja uhat, kehittämisen kannusteet ja esteet sekä työllisyysvaikutukset Suomen taloudessa. Selvitystyö koostuu neljästä työpaketista 1) taustoittava kooste, 2) skenaariot ja vaikutukset, 3) Suomen vahvuudet ja heikkoudet ja 4) toimenpidesuosituksukset. Hankkeen keskeinen painotus on suomalaisessa valmistavassa teollisuudessa, mutta se leikkaa teollisuuden lisäksi myös muita keskeisiä elinkeinoelämän alueita (mm. energia, liikenne ja logistiikka, kauppa, kiinteistöt ja infrastruktuuri) sekä julkisen sektorin toimintaa.

Tämä taustoittava koostedokumentti on yhteenveto hankkeen ensimmäisestä työpaketista. Se lähtee liikkeelle keskeisimpien digitalisaatioon liittyvien termien määrittelyistä ja niiden keskinäisistä suhteista (esim. mikä ero on esineiden ja asioiden internet (*Internet-of-Things*) ja teollinen internet käsitteillä). Lisäksi tarkastellaan termien mittakaavoja sekä yleisiä megatrendejä, joilla on vaikutusta teollisen internetin kehitykseen. Koosteessa käsitellään myös teolliseen internettiin liittyviä tarpeita, murroksen elementtejä niin liiketoiminnan kuin teknologiankin kautta sekä teollisen internetin edelläkävijöitä.

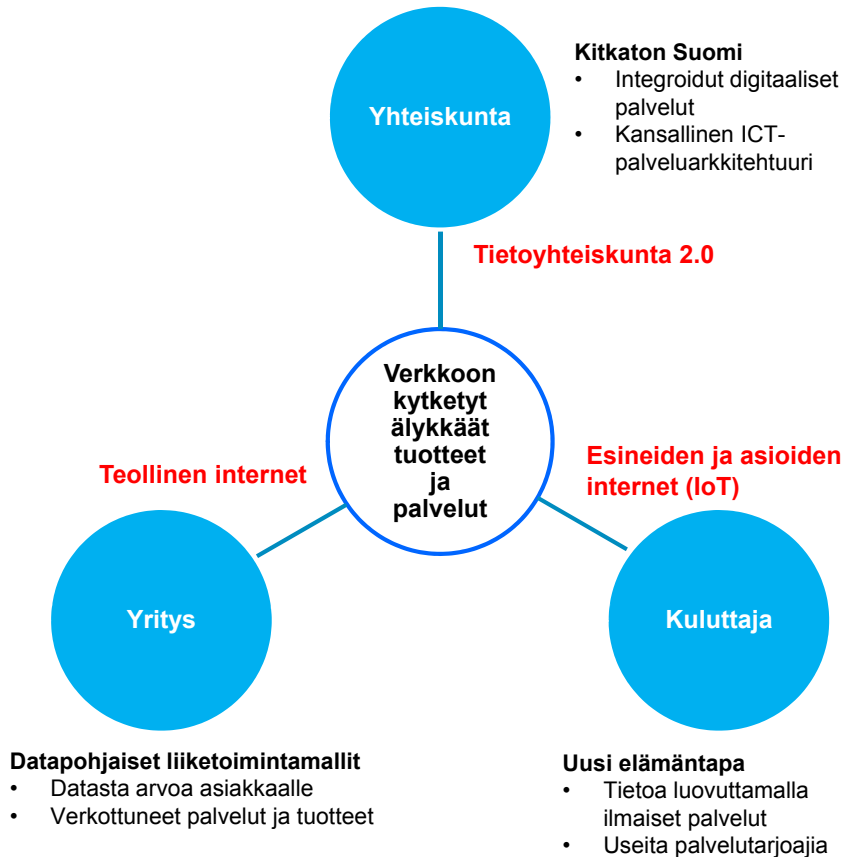
Taustoittavan koosteen tiedonkeruun menetelmänä käytettiin kirjallisuusanalyysiä, ajankohdaisia lähteitä teollisesta internetistä sekä tutkimukseen osallistuvien asiantuntijoiden kokemuksia ja arvioita tulevasta kehityksestä. Myös eri ministeriöiden (TEM, LVM ja OKM), Teke-sin ja Suomen Akatemian näkemyksiä otettiin huomioon ja rikastettiin taustoittavassa koosteessa. Kirjallisuuskatsauksessa on viitattu useisiin viimeaikaisiin raportteihin [Porter 2014, Pohjola 2014, Linturi 2013, Pokela 2013, Nikulainen 2013].

2 Käsitteet ja määritelmät

Koko yhteiskuntaa koskeva digitalisaatio voidaan kuvata verkkoon kytkettyjen älykkäiden tuotteiden ja palveluiden avulla. Teollinen internet on suomalaisten yritysten näkökulma digitalisaation kenttään (kuvio 1). Muita näkökulmia ovat yhteiskunnan rooli digitaalisten tuotteiden ja palveluiden tuottajana ja hyödyntäjänä sekä infrastruktuurien ja kyvykkyyksien kehittäjänä ja ylläpitäjänä, joista vastineeksi yritysten kilpailukykyyn edellytykset Suomessa vahvistuvat ja siten luovat pohjaa teollisuuden jalostusarvon kasvulle Suomessa.

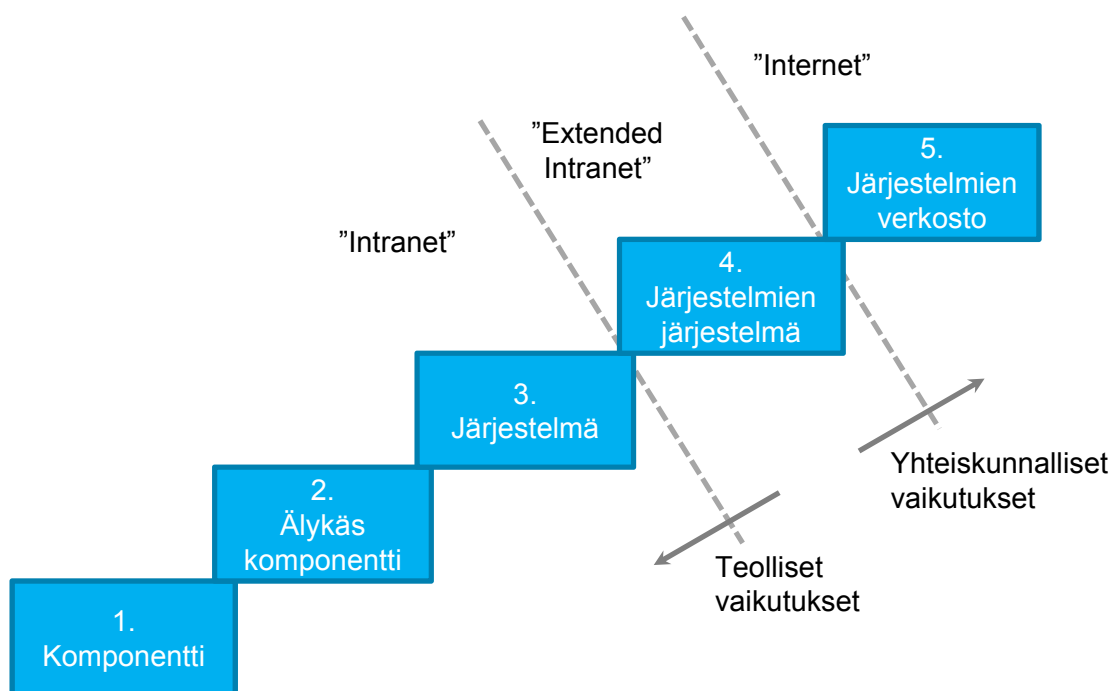
Kuluttajapuolen digitalisaation kehityksen myötä on havaittu, että sekä markkina- että innovaatiopotentiaali kasvavat avoimuuden lisääntyessä. Perinteisesti teollisuudessa on toimittu suljetuissa ympäristöissä (intranet). Kuluttajapuolen ekosysteemeistä (internet) tunnetuimpia menestyjiä ovat muun muassa Apple ja Googlen Android, jotka tarjoavat kehittäjille yhtenäisen alustan ja markkinat.

Kuvio 1 Teollinen internet voidaan kuvata yritysten näkökulmaksi digitalisaation kenttään



Kuvio 2 kuvaa tuotteiden hierarkkisia systeemitasoja portaikon avulla, jonka askelmia ovat tuote- tai palvelukonseptit: 1) komponentti, 2) älykäs komponentti, 3) järjestelmä, 4) järjestelmien järjestelmä sekä 5) järjestelmien verkosto. Kullekin askelmalle pääseminen edellyttää tuotteilta tiettyjä ominaisuuksia ja kyvykkyyksiä. Yrityksen asemoituminen tällä asteikolla on strateginen valinta ja edellyttää koko liiketoiminnan virittämistä vastaamaan ambitiotasoa. Liiketoimintaa voidaan kehittää teollisten vaikutusten, yhteiskunnallisten vaikutusten tai näiden erilaisten yhdistelmien puitteissa. Liiketoiminnan ja teknologian kehittämällä voidaan saavuttaa merkittäviä rakenteellisia ja yhteiskunnallisia uudistuksia.

Kuvio 2 Teollisen internetin soveltamisen systeemitaso on yrityksen strateginen valinta



2.1 Määritelmät

Yhteiskunnan ja erityisesti teollisuuden digitalisaatioon liittyy laaja käsitteistö, jonka tunnistaminen ja määrittely on tarpeen, jotta keskustelun osapuolet ymmärtävät oikean asiayhteyden. Tähän lukuun on koottu Teollinen internet -teemaan läheisesti liittyvät keskeisimmät käsitteet ja määritelmät.

Industrial internet

Industrial internet (II) termin on tehnyt tunnetuksi erityisesti General Electric (GE), joka vuonna 2012 kuuluisassa artikkelissaan [Evans 2012] linjaa sen koostuvan kolmesta pääelementistä: 1) älykkäät koneet, 2) edistynyt analytiikka sekä 3) ihmiset työssä. Näistä ensimmäisessä koneet ja konelaivueet verkotetaan ja niihin liitetään edistyksellisiä sensoreita, ohjausta ja ohjelmistoja. Edistynyt analytiikka taas yhdistää fysikaalisten suureiden mittaamiseen liittyvään analytiikkaan ennustavat algoritmit, automaation sekä syvän alakohtaisen osaamisen. Näin päästään ymmärtämään, kuinka niin yksittäiset koneet kuin isommat järjestelmätkin toimivat. Työntekijöille mahdollistetaan pääsy kiinni digitaalisesti teolliseen työympäristöön, tehtaaseen tai valmistuslinjaan, jolloin he voivat vaikuttaa valmistusprosessiin, ylläpitoon, laatuun ja turvallisuuteen aiempaa paremmin.

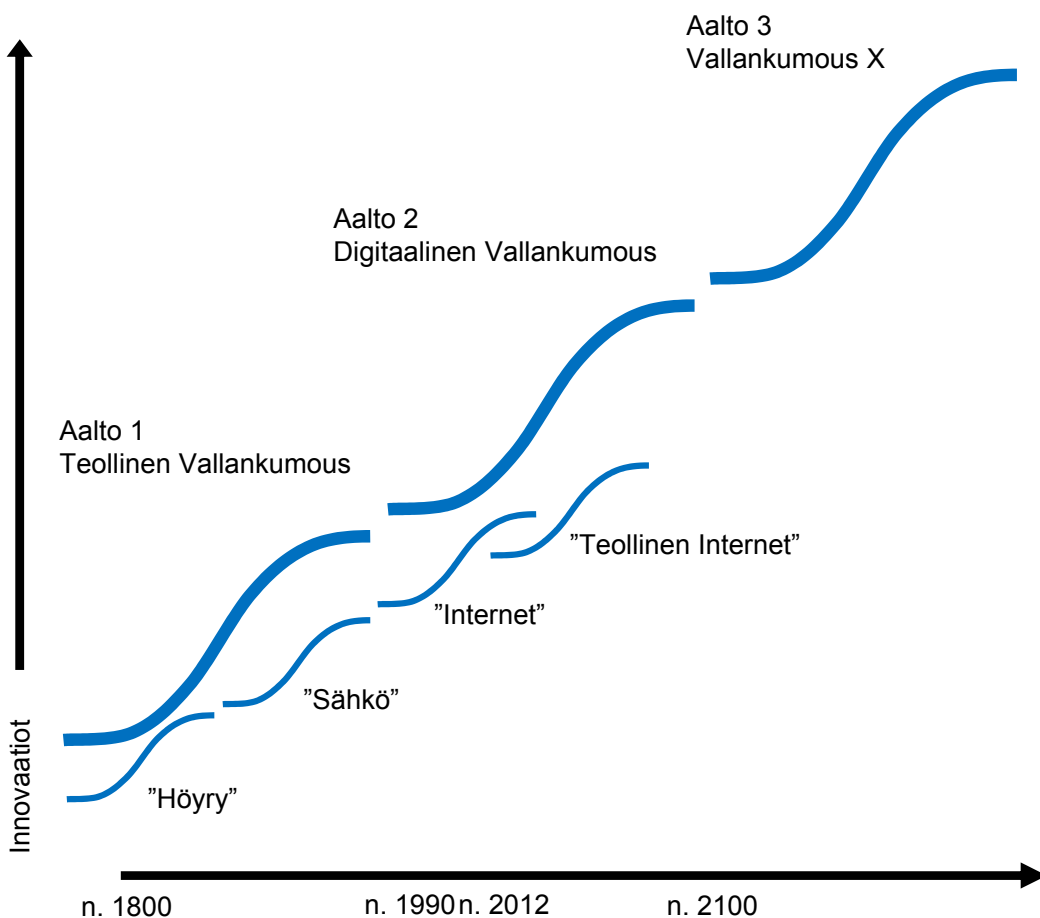
Vuonna 2014 johtavien teollisuusyritysten AT&T, Cisco, GE, IBM ja Intel perustama Industrial Internet Consortium (IIC) määrittelee ”Industrial Internetin yhdistävän älykkäät koneet, laitteet ja niitä käyttävät ihmiset, jolloin päätöksentekoa voidaan parantaa edistyneen tiedon analysoinnin kautta ja tuottaen mukautuvaa liiketoimintaa [IIC 2014].”

Teollista internetiä on kuvattu kolmanneksi teolliseksi vallankumoukseksi (vrt. kuvio 3; teollinen internet osana digitaalisuuden vallankumousta). Ensimmäisessä vallankumouksessa koneet korvasivat ihmistyön mullistaen tuotteiden valmistamisen skaalan ja tuottavuuden ja parantaen työntekijöiden elämänlaatua. Toinen vallankumous – internet – mullisti tiedon tuottamisen ja välittämisen sekä loi pohjan uudentavalle tavalle tehdä liiketoimintaa paikasta riippumatta. Internet yhdisti tietokoneet ja ihmiset pohjautuen pitkälti virtuaaliseen maailmaan. Kolmannessa vallankumouksessa teollinen internet yhdistää reaali maailman koneet niin toisiinsa kuin verkkoonkin.

Internetissä ihmiset ovat pääasiallinen sisällöntuottaja, kun taas Industrial internetissä sensorit ja koneet tuottavat valtaosan tiedosta. Esimerkiksi sensori tuottaa tietoa maansiirtokoneen vaihteiston laakerin värinöistä, ja se välittyy internet-pohjaiseen analysointipalveluun, joka analyysin jälkeen lähettää pyynnön ottaa kone huoltoon ennen kuin vaihteisto rikkoutuu.

GE:n näköalassa Industrial internet on pääosin suuntautunut teollisissa valmistusjärjestelmissä tai vastaavissa (esim. energiantuotanto, sairaalatekniikka) käytettävien laitteiden ja järjestelmien toiminnan tehostamiseen (esim. energiankulutus, ennakoiva ylläpito, tuotannon laadun optimointi).

Kuvio 3 Digitalisaatio on kolmas teollinen vallankumous



GE:n sensoroidussa tehtaassa [GE Factory] valmistettavat tukiasema-akut muistavat, missä ja miten ne on tehty ja niitä voidaan seurata myöhemminkin niihin liitetyn sirun avulla. Akkuja seurataan niiden valmistuksen yhteydessä viivakoodien ja sarjanumeroiden avulla. Tuotantolinjan 10 000 sensoria mittaavat suureita, jolloin prosessia voidaan tarkastella ja mitata hyvin yksityiskohtaisesti. Tuotantolinjan optimointia voidaan tehdä nopeasti datan analytiikan avulla. Jos halutaan tietää nopeasti jokin prosessiin liittyvä tieto esim. min-kä verran energiaa vaadittiin tietyn osan valmistamisessa ja verrata sitä keskimääräiseen, se onnistuu sopivat työkalut omaavilla työasemilla.



Industrie 4.0

Industrie 4.0 [Acatech 2013] on Saksan opetus- ja tutkimusministeriön (*Bundesministerium für Bildung und Forschung*) koordinoima kärkihanke, jonka on suuntautunut tulevaisuuden joustaviin ja yksilöllisiin valmistusjärjestelmiin, asiakkaiden ja alihankintaverkostojen integrointiin liiketoiminnallisen lisäarvon tuottamiseksi sekä tuotteiden ja palvelujen yhteenliittämiseen hybridituotteiksi. Hanke korostaa autonomisten valmistusjärjestelmien roolia, mutta myös niiden käyttäjien osaamisen merkitystä. Hankkeen nimitys viittaa neljänteen teolliseen vallankumoukseen, jonka katsotaan syntyvän Internet-of-Things ja Cyber-Physical Systems teknologioiden konvergenssin ja läpimurron tuloksena; tässä laskennassa kolmas teollinen vallankumous liittyi numeerisen ohjauksen käyttöönottoon 1970-luvulla. Kärkihanke on aloitettu vuonna 2013.

Kuten GE:n teollinen internet, myös Industrie 4.0 painottaa ylhäältä alas katsoen teollisten valmistusjärjestelmien toiminnan tehostamista ja optimointia korostaen samalla eri järjestelmien autonomisuutta.

Internet-of-Things

”Internet-of-Things” (IoT) tai suomeksi ”esineiden ja asioiden internet” nousi mahdollisuutena yhdistää näkyvän maailman objektit ja internet Radio Frequency Identification (RFID) langattoman tunnisteteknologian avulla jo vuonna 1999 [Ashton]. Aikaa myöten määrittely laajeni huomattavasti, esimerkiksi SAP:n Stephen Haller määrittelee sen seuraavasti:

”Fyysiset esineet ja asiat ovat saumattomasti osa tietoverkkoja ja toimivat liiketoiminnan prosessien aktiivisina osina. Internetpohjaiset palvelut vuorovaikuttavat näiden älykkäiden esineiden ja asioiden kanssa, tietävät niiden tilan ja voivat vaihtaa näihin liittyvän tiedon ottaen huomioon tietoturva- ja yksilönturva-aspektit.”

Internet-of-Things on terminä profiloitunut enemmän kuluttajille suunnattuihin tuotteisiin ja palveluihin kuin teollisuuden tarpeisiin. Esimerkiksi etäluettavat sähkömittarit, internet yhteydelliset televisiot, langattomat tuotteet omatoimiseen terveydenseurantaan, langattomasti ohjattavat internet yhteydelliset LED-lamput (*smart bulbs*) ja jatkossa myös internettiin yhdistetyt autot ovat tunnettuja esimerkkejä kuluttajille suunnatuista IoT-tuotteista.

IoT lähtee alhaalta ylöspäin, kuluttajatasen tarpeista ja innovaatioista, sekä nopeista ja edullisista tavoista anturoida, välittää ja analysoida tietoa uusien tuoteominaisuuksien ja lisäarvoa tuottavien oheispalveluiden mahdollistamiseksi kuluttajien maailmassa. Uudet tuoteominaisuudet voivat perustua esimerkiksi rikkaampaan kuluttajalle tarjottuun oheistietoon tai parempaan käyttäjäkokemukseen. Palveluilla voidaan saavuttaa esimerkiksi energiansäästöä asunnon lämmityksessä tai muuttaa liiketoimintamallia, esimerkiksi myymällä valoa palveluna pelkkien valaisimien sijaan. Teollinen internet taas on lähtökohtaisesti ylhäältä-alaspäin kehitystä, jossa korporaatioiden tarpeet kuten laveamman kokonaisprosessin optimoiminen määrittelee innovaatiotarpeita alemmilla tasoilla. Saksan Industrie 4.0 keskittyy tuotantoketjun läpinäkyvyyteen.

Internet of Everything (IoE)

Termiä Internet-of-Everything käyttävä Cisco määrittelee IoE:n tuovan yhteen ihmiset, prosessit, datan, asiat ja esineet luoden verkottamisesta aiempaa enemmän arvoa ja muuttaen informaation uusiksi mahdollisuuksiksi, rikkaammiksi kokemuksiksi ja ennenkuulumattoman suuriksi liiketoimintamahdollisuuksiksi yksilöille, yrityksille ja kansakunnille [CiscoBradley]. Tämä on hyvin lähellä teollisen internetin määritelmiä, vaikkakin tässä ihmisten kokemukset sekä yhteiskunnan hyödyt tulevat uutena osana määritelmään mukaan. Lisäksi painotuserona on kaiken internet, mikä laajentaa termiä teollisuuden tai yritysnäkökulman ulkopuolelle. Nykyisen tilanteen, jossa internettiin liitetään yhä enemmän mobiililaitteita, he näkevät termin Internet-of-Things alla. Tutkimuslaitos ABI Research taas painottaa IoE:n pohjautuvan laitteisiin ja prosesseihin, jotka on lähtökohtaisesti suunniteltu digitaalisiksi ja verkkoon kytkeytyviksi.

Älykkäät verkottuneet tuotteet

Michael E. Porterin ja James E. Heppelmannin [Porter2014] mukaan teollisen internetin ydin muodostuu siitä, kun älykkäät, verkottuneet tuotteet (*smart, connected products*) muuttavat perinteisten teollisuusalojen rajapintoja ja luovat siten täysin uusia teollisuuden aloja. Älykkäät, verkottuneet tuotteet koostuvat kolmesta peruselementistä: (1) fyysisistä komponenteista, (2) älykkäistä komponenteista ja (3) verkottumiskomponenteista. Nämä kolme elementtiä

mahdollistavat sen, että teollisessa internetissä teollisen yrityksen liiketoiminnan kenttä voi laajentua perinteisen tuotteen tai komponentin valmistuksesta älykkään tuotteen valmistukseen, älykkään verkottuneen tuotteen tai palvelun toimittamiseen, tuotantojärjestelmän tai jopa useita järjestelmiä kattavan palvelun (*system of systems*) hallinnointiin.

Porter ja Heppelmann näkevät älykkäillä, verkottuneilla tuotteilla potentiaalia neljällä toiminnan alueella. Näitä ovat: monitorointi, ohjaus, optimointi ja autonominen toiminta (*monitoring, control, optimisation, autonomy*). Sensoreiden avulla tapahtuva monitorointi tuottaa informaatiota itse tuotteen tilasta, sen ympäristön tilasta sekä tuotteen toiminnasta ja käytöstä. Kaikki nämä toiminnot pyrkivät parantamaan loppukäyttäjän käyttökokemusta. Yrityksen näkökulmasta monitorointitieto voi edistää myös tuotesuunnittelua ja käyttäjämarkkinoiden segmentointia. Tuotteeseen tai tuotepilveen sijoitettu ohjelmisto mahdollistaa tuotteen erilaisien toimintojen ohjauksen, säädön ja käyttäjäkokemuksen personoinnin. Monitorointi ja ohjaus yhdessä mahdollistavat edelleen tuotteiden käytön ja toiminnan optimoinnin, mikä parantaa tuotteen suorituskykyä ja mahdollistaa kuluttajille ennakoivan diagnostiikan, huollon ja korjauksen palvelut. Kaikki kolme edellä mainittua toimintoa yhdessä mahdollistavat uudenlaisen autonomisen toiminnan tason. Autonomia ei ainoastaan vähennä välittävien operaattorien tarvetta vaan voi myös parantaa esimerkiksi toiminnan turvallisuutta vaarallisissa ympäristöissä ja helpottaa toiminnan ohjaamista etäällä olevissa kohteissa.

Porterin ja Heppelmanin näköala painottaa tämän kehityksen mahdollistamien uusien tuotteiden roolia. Heidän näkemyksensä mukaan tulevaisuuden tuotteet koostuvat sekä fyysisestä osuudesta että ”tuotepilvessä” sijaitsevasta osuudesta, jolloin jälkimmäisen osan merkitys tuotteen haluttavuudelle ja kilpailukyvyille tulee ratkaisevaan asemaan. Kuluttajan saama lisäarvo perustuu yhä enemmän ”tuotepilven” mahdollistamaan rikkaampaan käyttökokemukseen, uusiin tuoteominaisuuksiin, kokonaisen tuoteperheen eri osien saumattomaan ja ”fiksuun” yhteistoimintaan sekä saatavilla olevan muun informaation hyödyntämiseen.

Siirryttäessä systeemitasolta toiselle, intranetistä avoimempaan internetiin, kuluttajapuolelta teollisuuteen, syntyy kysymys: Kuka omistaa laitteissa ja palveluissa syntyvän big datan tulevissa teollisen internetin arvoketjuissa? Toisaalta omistajuus liittyy laitteiden myynnin eri rahoitusmalleihin ja laitteen omistajuuden siirtymiseen asiakkaalle, toisaalta erillisiin sopimusehtoihin, joilla määritetään toimittajalle oikeuksia datan käyttöön. Laitteen, palveluiden ja datan omistamisen logiikkaa on kuvattu taulukossa 1. Huomioitavaa on, että esineiden ja asioiden internet-maailmassa laitteiden ja palveluiden/sovellusten datan omistajuus on määritelty toisistaan poikkeavalla tavalla. Esimerkiksi Apple- ja Google-käyttöjärjestelmien ekosysteemeissä kolmansien osapuolien sovellusten datan omistajuus on sovelluksia tuottavilla yrityksillä, muttei Applella ja Googllella.

Taulukko 1 Tuotteen ja siihen liittyvän datan omistajuuden erilaisia variaatioita

<i>Tuotteen omistajuus</i>	<i>Datan omistajuus</i>	
Toimittaja	Toimittaja	Industrial Internet / GE, rahoitus
Asiakas	Asiakas	Industrie 4.0
Asiakas	Asiakas	IoT / laitteet
Ei kukaan / ilmainen	Toimittaja	IoT / sovellus & palvelu

Teolliseen internetiin liittyviä muita käsitteitä**Palvelullistuminen**

Palvelullistuminen (*servitization*) on keskeinen yrityksen teollisiin tuotteisiin ja tarjoamiin palveluihin liittyvä aineeton lisäarvopalvelu. Palvelullistuminen edellyttää tyypillisesti yrityksen strategian ja liiketoimintamallien muutosta. Tyypillisiä palvelutuotteiden esimerkkejä ovat muun muassa huoltopalvelun (*maintenance*) tai käyttöpalvelun (*operation*) tarjonta, kuten esimerkiksi kokonaisvas-
tuun ottaminen asiakasyritysten liiketoiminnan kehittämistä ja tuotteiden koko elinkaaren aikaisen suorituskyvyn optimoimista. [Ks. Viitamo 2014]

Teknologia- ja palvelualustat

Yhteiseen teknologiaan perustuvia alustoja (*platform*) hyödynnetään uusien tuotteiden, tuoteperheiden ja prosessien kehittämisessä ja ylläpidossa siten, että yhteensopivuus edelliseen, nykyiseen ja tulevaan tuotesukupolveen, sekä ekosysteemeihin säilyy. Teknologia-alusta tarjoaa rakenteellisen, teknologisen ja strategisen viitekehyksen uusien tuotteiden kehitykseen, sekä tuotteiden elinkaaren aikaiseen ylläpitoon.

Ekosysteemi

Teknologinen ekosysteemi on useiden yritysten yhteinen tuote- ja teknologia-alusta ja koostuu siten tuotteeseen tai palveluun liittyvien tärkeiden komponenttien teknologia-alustoista, jotka mahdollistavat verkostoituneen yhteistyön ja tämän tarjoaman mahdollisuuden kehittää suurempia kokonaisuuksia. Keskiössä olevien yritysten tuotteilla on tärkeä, mutta rajoittunut mahdollisuus tarjota arvonmuodostusta niin laajasti kuin yritysten verkosto pystyy. Esimerkkeinä menestyvistä ekosysteemeistä ovat mm. Apple ja Android.

Big data

Big data termiä käytetään selittämään erittäin suuria, lisääntyviä tietomassoja sekä niiden keräämistä, tallettamista ja analysointia tilastollisin menetelmin. Big datalle on ominaista, että muuttuvaa, eri lähteissä usein automaattisesti syntyvää dataa kertyy jatkuvasti lisää. Datan analysointi perinteisillä tietoteknisillä menetelmillä on mahdotonta. [Ks. Nikulainen 2013]

Pilvi

Pilvipohjaisilla (*cloud*) palveluilla ja teknologioilla tarkoitetaan resursseja, jotka pohjautuvat reaaliaikaisesti verkossa (internetissä) tapahtuvaan viestintään. Päätelaitteen käyttäjä voi hyödyntää palvelutarjoajan datakeskuksen palvelimella sijaitsevia ohjelmistoja, sovelluksia ym.

Cyber-physical systems

Älykkäät verkostot (cyber physical systems, CPS) pyrkivät yhdistämään älykkyydellä todellisen, fyysisen maailman ja digitaalisen tiedon. Älykäs verkosto muodostuu fyysisistä tuotteista kuten komponenteista, koneista, laitteista ja järjestelmistä sekä näihin sisältyvistä ohjelmistoista. Älykkään verkoston (CPS) elementit integroituvat ohjelmistojen avulla yhteen siten että koneiden ja laitteiden toiminnasta syntyvä palautetieto hyödynnetään järjestelmän toiminnan ohjauksessa [CPS].

Mekatroniikka

Konetekniset tuotteet, joihin on integroitu tietotekniikkaa sekä automaatio- ja systeemitekniikkaa kustannustehokkuuden, suorituskyvyn ja uusien ominaisuuksien tuottamiseksi.

Verkottuminen ja konvergenssi

Verkottumisella ja konvergenssilla tarkoitetaan tiedonvälityksen, kuten puheluiden, videon ja datan yhteensulautumista siten, että tieto formaatista riippumatta välittyy yhdessä verkossa – internetissä. Konkreettinen esimerkki tästä on nykyinen ICT-ala, jossa älypuhelin yhdistää matkapuhelimen, tietokoneen ja internetin.

Kuluttajistuminen

Arkipäivän digitalisaatio on monilla osa-alueilla pidemmällä kuin teollisuuden vastaavat työkalut. Päätelaitteiden, kuten älypuhelimet ja tablettitietokoneet, kuluttajakäytön myötä ihmiset ovat tottuneet monipuolisten palvelujen käyttöön. Ihmiset haluavat käyttää digitaalisia laitteita ja sisältöjä.

Arvoketju

Eri hyödykkeiden vaihteellinen jalostuminen raaka-aineista valmiiksi lopputuotteeksi.

Systems of systems

Erillisistä osajärjestelmistä muodostuva laajempi ylemmän tason laaja järjestelmä, jossa toiminnot yhdessä muodostavat enemmän arvoa käyttäjälle kuin järjestelmät erikseen. Merkittävässä roolissa on tiedon yhdistäminen ja analytiikka, joka mahdollistaa lisäarvon muodostumisen.

2.2 Murroksen laajuus

Tässä kappaleessa tarkastellaan murroksen mittakaavaa eri näkökulmista, mm. verkottuneiden laitteiden määrän, liiketoiminnan rahallisen arvon ja kansantaloudellisten vaikutusten kautta.

Kytkeytyvien laitteiden määrä kasvaa teollisen internetin vaikutuksesta merkittävästi. Ciscon mukaan vielä tänäänkin vain alle prosentti digitaalisista laitteista, koneista ja asioista on yhdistetty verkkoon [CiscoBradley], mikä vastaa noin 10 miljardia 1,5 biljoonasta (10^{12}) mahdollisesta liitettävästä objektista. Useimmissa lähteissä on kuitenkin arvioitu kytkeytyviä laitteita olevan tätä vähemmän eli 3–7 miljardia kappaletta vuonna 2014. Jatkossa kytkeytyvien laitteiden määrä on vuonna 2020 noin 25–50 miljardia.

Merkityksellistä on huomata, että siinä missä tavanomaisten laitteiden kuten älypuhelimien, televisioiden ja muun käyttöelektroniikan määrä verkossa kasvaa tasaisesti, kytkeytyvien sensorien, älykkäiden sähkömittareiden ja autojen määrä kasvaa nopeammin ja on jo vuonna 2020 ylittänyt muiden kytkeytyvien laitteiden määrän.

General Electric arvioi, että verkottumisen kautta syntyvän uuden liiketoiminnan arvo on 15 biljoonaa (US yksikkö Trillion) dollaria vuoteen 2030 mennessä. Cisco antaa hieman positiivisemman arvion, jossa vuoteen 2023 mennessä lisäys globaaliin liiketoimintaan olisi luokkaa 19 biljoonaa dollaria, josta yritykset tuottavat 14,4 biljoonaa, minkä lisäksi älykkäiden kaupunkien, hallinnon ja muun julkisen sektorin kautta tulee 4,6 biljoonaa [Cisco scale]. Tämä johtuu käyttöomaisuuden paremmasta hyödyntämisestä, työnteon lisääntyneestä tehokkuudesta, toimitusketjun ja logistiikan tehostumisesta, uusista kuluttajapalveluista ja innovaation lisääntymisestä.

Kansantaloudellinen merkitys

Nykyiset kansantalouden tunnusluvut sellaisenaan, ilman jalostusarvopohjaista tarkastelua, eivät kerro Suomen roolista osana globaaleja arvoketjuja. OECD:n (20.10.2014) suositusten mukaisesti jalostusarvon mittari tulisi liittää osaksi eri kansantalouden tunnuslukujen tarkastelua (taulukko 2). Taulukossa 3 on taas tehdasteollisuuden tunnuslukuja.

Kansantalouden tasolla jalostusarvo sisältää kaikkien Suomessa toimivien yrityksen maksamat palkat sivukuluineen, investointien poistot, vuokrat ja liikevoiton. Jalostusarvosta voi päätellä, miten työllisyys, investoinnit ja yritysten suomalaisten yksiköiden kannattavuus Suomessa kehittyvät. Lisäksi jalostusarvo on keskeisessä roolissa, kun tarkastellaan työn tuottavuutta Suomessa. Toisaalta monikansallisten yritysten siirtohinnoittelun eri käytännöt ovat johtaneet viime aikoina siihen, että kustannusten (palkat sivukuluineen, investointien poistot ja vuokrat) ja liikevoiton talousmaantiede on eriytynyt toisistaan [Seppälä 2014]. Siirtohinnoittelun, erityisesti liikevoiton irtautuminen kustannuksista, vaikutukset tulisikin huomioida, kun keskustelemme työn tuottavuudesta tällä hetkellä verrattuna esim. 1990-luvulla ja 2000-luvun alun vastaavaan. Liikevoitolla on ollut oleellinen vaikutus Suomen teollisuuden jalostusarvon tippumiseen (vertaa Matti Pohjolan raportti Teknologiateollisuus ry:lle). Voiton osuus teollisuuden tuotannon jalostusarvosta oli 31 % vuonna 2006 ja 8 % vuonna 2012.

Suomalaisen teollisuuden työn kannalta on oleellista, että teolliset työpaikat Suomessa säilyvät, vaikka tilaston mukaan teollisuustyön määrä on ollut laskeva. On arvioitu, että teollisuuden työpaikoista noin 30 % eli noin 100 000 henkilötyövuotta muuttuu lähitulevaisuudessa digitalisaation myötä [Pajarinen 2014]. Globalisaation myötä digitaalinen liiketoiminta ei katso valtakuntien rajoja, vaan on olemassa uhka, että kansantalouden kannalta näiden työpaikkojen suomalaista jalostusarvoa nostava vaikutus menetetään.

Taulukko 2 Tehdasteollisuus, ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvän toiminnan osuus Suomen bruttokansantuotteesta

	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
BKT, Mrd. eur	189.1	191.9	187.1	181.7	198.0	196.6	186.9
Tuotannon jalostusarvo (BCDE), Mrd. eur	29.1	31.4	32.1	27.1	36.7	39.8	35.6
Ohjelmistot, konsultointi ja siihen liittyvä toiminta, jalostusarvo (62), Mrd. eur	3.39	3.18	2.99	2.81	3.07	2.91	2.60
(BCDE ja 62) osuus BKT:sta	17 %	18 %	19 %	16 %	20 %	22 %	20 %

Lähde: Tilastokeskus.

Taulukko 3 Teollisuuden liikevaihto, henkilöstö, investoinnit ja teollisuuden jalostusarvo 2006–2012

	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
BKT, Mrd. eur	189.1	191.9	187.1	181.7	198.0	196.6	186.9
Liikevaihto (BCDE), Mrd. eur	145.7	145.8	138.6	126.8	159.1	152.7	143.4
Henkilöstö (BCDE), htv*1000	343	347	355	369	406	402	399
Investoinnit (BCDE), Mrd. eur	4.63	4.12	3.92	4.59	5.87	5.24	4.18
Tuotannon jalostusarvo (BCDE), Mrd. eur	29.1	31.4	32.1	27.1	36.7	39.8	35.6

Lähde: Tilastokeskus.

Vaikka teollisuuden liikevaihdossa ei ole tapahtunut merkittävää pudotusta, on teollisuuden työpaikkojen määrä laskenut samalla kun teollisuuden tuotannon jalostusarvo Suomessa on pienentynyt. Huomioitavaa on, että koneiden ja laitteiden korjaus, huolto ja asennus (C33) edustaa noin 1,1 mrd. euroa teollisuuden (BCDE) 29,1 mrd. euron jalostusarvosta vuonna 2012.

Lisäksi tulee huomioida, että tehdasteollisuus vastaa noin 2/3 osasta Suomen 12 M€ palveluviennistä. Nämä jalostusarvon ja palveluviennin luvut viittaavat siihen, että koneiden korjaukseen, huoltoon ja asennukseen liittyvä jalostusarvo kohdistuu talouksille, joissa varsinainen työ tehdään (=jakelukanava) [Seppälä 2013].

Toistaiseksi ei ole pystytty arvioimaan digitalisaation ja teollisen internetin vaikutusta Suomen kansantalouteen. Digitaalisten liiketoimintamallien mittaamisen haasteet on tunnistettu. [Kalm, Seppälä, Ali-Yrkkö 2014]

2.3 Globaalit megatrendit ja teollinen internet

Taloudellisilla, sosiaalisilla, poliittisilla ja teknologisilla megatrendeillä kuvataan usein kansainvälisen, sekä kansallisen talouden ja yhteiskuntien rakenteita syvällisesti ja jatkuvasti muuttavia globaaleja ilmiöitä. Tyypillisesti ne etenevät, ovat edenneet jo pitkän aikaa niitä tunnistamatta, hyvinkin autonomisesti ja niiden yksittäisiä syitä on usein vaikea eritellä ja määritellä. Megatrendeillä on siis vaikutuksia eri toimialojen ja toimialoilla toimivien yritysten perinteisiin rakenteisiin ja yrityksissä työssäkäyvien yksilöiden työn eri rooleihin. Huomioitavaa on, että yleisistä megatrendeistä voi sukeltaa hierarkkisesti yhä hienojakoisempiin tarkasteluihin ja konkreettista päätöksentekoa varten eriytyneempiin tarkasteluihin [MEGA 14].

Teollista internetiä tarkasteltaessa on keskeistä huomioida kolme megatrendiä: 1) globalisaatio [HAY 14], jolla viitataan talouden kasvun keskittymiseen kehittyviin kansantalouksiin, 2) digitalisaatio [DIGI 14], jolla kuvataan laajemmin fyysisen todellisuuden muuttumista digitaaliseksi, digitaalisuuden eri muodoissa ja 3) kaupungistuminen [POP 14], eli yhä suurempi osa väestöstä asuu kaupungeissa ja siten yhä suurempi osuus jalostusarvosta syntyy kaupungeissa. Nämä edellä mainitut megatrendit johtavat uuteen talousmaantieteeseen, joka ilmenee uudenlaisena asiakaskäyttäytymisenä, ja se näyttäytyy uusiutuvina arvo- ja toimitusketjuina. Toki on muitakin megatrendejä, kuten ilmastonmuutos [Kyoto 14] ja luonnonvarojen riittävyys [KPMG 14], joiden vaikutusta ei pidä vähätellä. Toisaalta teollista internetiä voidaan kuvata myös eräänlaisena teknologisena megatrendinä, jolla on vaikutuksia yli nykyisten niin yhteiskunta- kuin toimialarajojenkin, koska se avaa mahdollisuuksia aivan uudelle tietotekniselle soveltamiselle, niin yritysten, yhteiskunnan kuin kuluttajien näkökulmasta.

Muilla keskeisillä megatrendeillä, kuten demografia, ympäristö, energia ja luonnonvarat, on välillinen vaikutus teollisen internetin vallankumoukselle.

Digitalisaatio ja digitaalitalous

Digitalisaation suora määritelmä on digitaaliteknologian integrointi jokapäiväiseen elämään digitoimalla kuvaa, ääntä, dokumenttia tai signaalia biteiksi ja tavuiksi kuvaamaan asioita ja tietosisältöä. Digitalisointi muuttaa ja luo uusia tapoja liiketoimintaan, innovointiin ja mah-

Case: Digitalisaation vaikutus pankkisektoriin

Suomen pankkisektorin kilpailutekijät muuttuivat dramaattisesti 1980-luvulla. Ennen tätä ajankohtaa markkinoiden sääntelyn myötä kilpailutekijäksi muotoutui läsnäolo lähellä asiakasta ja hyvä palvelu. Korkosääntelyn purkautuessa ja ansaintalogiikan muuttuessa palveluverkot olivat liian laajat ja koko sektori ajautui vaikeuksiin. Liian raskaan kustannusrakenteen purkaminen käynnisti konttoriverkoston supistamisen myötä henkilöstön vähennystoimet, ja ajan myötä työvoiman määrä väheni alle puoleen. Palvelut oli tässäkin murroksessa pystyttävä tuottamaan ja yhteiskunnan toimintakyky turvaamaan.

Muutoksen taustalla oli alan toimijoiden kyky ja halu etsiä ratkaisuja koko pankkisektorin kilpailukykyä parantaviin ratkaisuihin. Tietojen välittämisen standardit sovittiin ja yhteistyö käynnistettiin monilla alueilla. Maksuliikenteen tietojen välittäminen sähköisesti loi pohjan tehokkaalle pankkijärjestelmälle. Palvelutason lasku konttoreissa korvattiin itsepalveluilla, jotka otettiin asiakaskunnassa suhteellisen hyvin vastaan. Laskujen maksaminen vapautettiin ajasta avaamalla pankkien konttoreiden yhteyteen laskunmaksuautomaatteja, mutta todellinen vapaus koitti vasta, kun pankkiasiointia voitiin verkkopankkien myötä tehdä myös paikasta riippumattomasti. Aito paikkariippumattomuus on saavutettu viime vuosien aikana siirtämällä pankkipalvelut ja niiden kehitys ensisijaisesti mobiililaitteille tehtäväksi.

Suomen pankkisektorin edistyksellisuuden taustalla on monta jälkeensä onnekaalta vaikuttavaa sattumaa, mutta myös vahvaa halua kehittää alaa ja kykyä tehdä koko sektorin kilpailukykyä parantavia toimia kilpailijoiden kesken.

dollisuuksien hyödyntämiseen. Digitalisaation myötä yrityksen tuotteiden ja palveluiden lisä-arvo muodostuu teknologian avulla kustannussäästöinä, uusina ominaisuuksina, yleisenä tehostumisena ja hyötysuhteen parantumisena. Digitalisaatio ei ole pelkästään digitaalisen tiedon hallintaa yritysten lukuisissa tietojärjestelmissä, vaan uuden arvon tuottamista tiedon avulla. Älykkäät tuotteet digitaalista tietoa tuottavine antureineen ja toimilaitteineen ovat perusedellytys järjestelmätason ratkaisuille, kuten esimerkiksi älykäs liikenne.

Digitaalitalouden (*digital economy, internet economy, web economy*) markkinoilla perinteisten tuotteiden fyysinen paino, materiaalit ja logistiikka korvataan virtuaalisella ja reaaliaikaisella informaatiotuotteella. Digitaalitalous edellyttää toimivaa IT-infrastruktuuria luottamusrakenteineen, jotta transaktiot ovat mahdollisia. Digitaalitalouden yhtenä merkittävimpana piirteenä pidetään skaalautuvuutta, eli digitaalisen tuotteen kannalta on lähes sama, toimitatko 10 kpl, 1 000 kpl vai 10 000 000 kpl tuotetta.

Vuonna 2013 Linturin, Kuusen ja Ahlqvistin raportissa ”Suomen sata uutta mahdollisuutta: radikaalit teknologiset ratkaisut” hahmotettiin, perinteisistä megatrenditarkasteluista poiketen, 20 keskeistä nk. yhteiskunnallista arvonluontiverkostoa, jotka jäsentävät keskeisellä tavalla radikaalien teknologioiden käyttöönottoa pitkällä aikajänteellä. Raportissa [Linturi 2013: 10] arvonluontiverkosto määriteltiin seuraavasti:

Arvonluontiverkostot pyrkivät kattamaan laajasti ymmärrettynä kaikki elämän ja yhteiskunnan osa-alueet, inhimilliset tarpeet ja yhteiskunnalliset ongelmat. ... Arvonluontoverkostojen tunnistamisessa on pyritty mahdollisimman hyvin toisistaan riippumattomiin, ortogonaalisiin, suuriin arvolupa-uksiin. Arvonluontiverkostot eivät tässä ole suoranaisesti sama asia kuin ”markkinat”, vaan kyse on eräänlaisista tulevaisuudessa tärkeistä yhteiskunnallisista ”tarverypeistä”, joiden sisällä voi olla useita yksityisen ja kollektiivisen sekä julkisen ja markkinamuotoisen toiminnan kenttiä, jotka voivat lisätä tai tuhota kansalaisten hyvinvointia.

Yksi keskeinen muutos on se, että tietotekniikka sulautuu osaksi asiakkaille tarjottavia tuotteita ja palveluita, jotka verkkoon kytkettynä tuottavat niiden käytöstä reaaliaikaista tietoa asiakkaan ympäristössä. Tämän tiedon avulla voidaan synnyttää aivan uudentyyppisiä älykkäitä ratkaisuja ja palveluinnovaatioita asiakkaan todelliseen tarpeeseen. Jo tänä päivänä edistyneimmät yritykset pystyvät hyppäämään arvoketjussaan ison loikan eteenpäin siirtämällä fokuksensa tuotteiden ja palveluiden (kertaluonteisesta) toimittamisesta asiakkaalle niiden (jatkuvaan) käyttöön asiakkaan tosiaikaisessa ympäristössä.

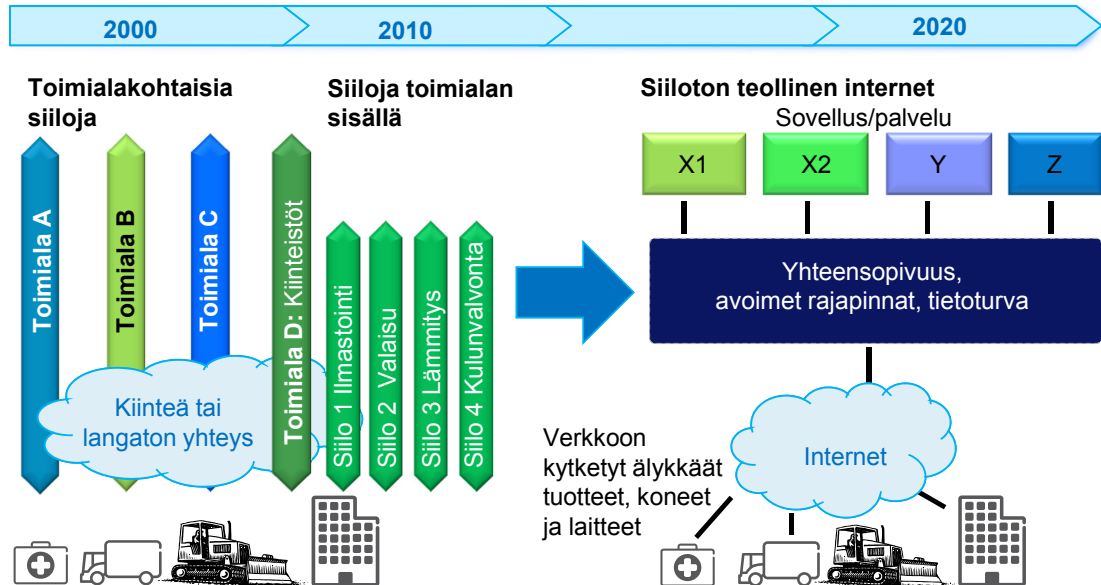
3 Miten hyödyntää teollista internetiä?

Teollisen internetin roolia digitalisaation kentässä voidaan kuvata erikseen yritysten, yhteiskunnan ja kuluttajan näkökulmista. Teollisen internetin perustana voidaan pitää verkkoon kytkettyjä älykkäitä tuotteita ja palveluita, jotka voivat olla osittain yhteisiä yhteiskunnan ja yksittäisen kuluttajan näkökulmasta (kuvio 4). Teollisuuden näkökulmaa voidaan kuvata teolliseksi internetiksi, kun taas yhteiskunta näkee saman teknologiaekosysteemin ”Tietoyhteiskunta 2.0” muodossa. Kuluttajapuolella digitalisaatio ilmenee esineiden ja asioiden internetin (IoT) näkökulmasta.

Kuvio 4 Yhteiskunnan, yritysten ja kuluttajien näkökulmat verkkoon kytkettyihin älykkäisiin tuotteisiin ja palveluihin



Kuvio 5 Teollinen internet mahdollistaa uutta liiketoimintaa, joka ylittää siilot ja erilliset järjestelmät



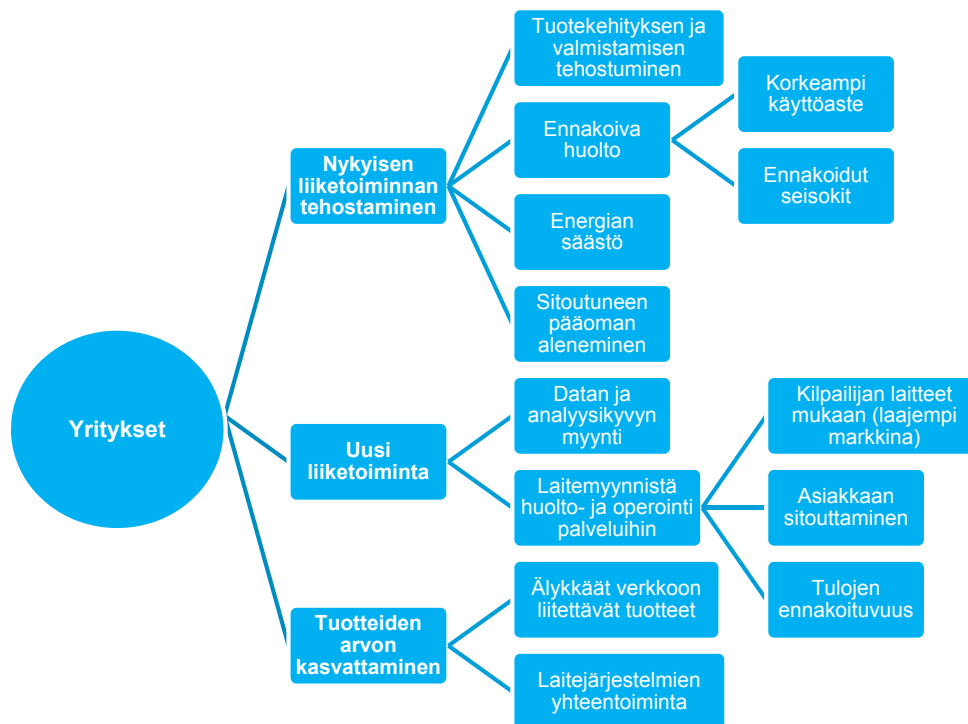
Teollisen internetin pääperiaatteisiin kuuluu läpinäkyvyyden, monen osapuolen ja järjestelmän yhteisen toiminnan lisääminen, mikä luo perustaa uudentyyppisille liiketoimintamahdollisuuksille. Katsottaessa kehityskulkua 2000-luvun alusta nykypäivään, on näkyvissä, kuinka siiloutuminen on vähenemässä (kuvio 5). Toimialakohtaisissa siiloissa pyrittiin kaikki hoitamaan toimialan sisällä. Myös toimialan sisällä voidaan nähdä siiloja. Esimerkiksi kiinteistöissä on erillisiä järjestelmiä kuten ilmastointi, valaisu tai kulunvalvonta, jotka yleensä asennetaan, huolletaan ja korjataan erikseen ja eri alihankkijoiden kautta. Kiinteistöautomaatiojärjestelmillä voidaan osaa näistä ohjata yhdestä pisteestä, mutta järjestelmien ominaisuuksiin ei kuulu suora kommunikointi järjestelmästä toiseen. Teollisen internetin periaatteiden mukaan näiden järjestelmien välille tulisi avata rajapintoja esimerkiksi niin, että eri järjestelmien anturien tietoja voidaan välittää järjestelmästä toiseen. Anturitietoa tai järjestelmien suorituskykytietoa voitaisiin jakaa myös ulkoisille toimijoille. Data-analyysin avulla rakennuksen energiatehokkuutta voitaisiin optimoida merkittävästi. Yritykset voisivat tarjota tähän perustuvia uusia palveluita uusilla liiketoimintamalleilla rakennuksen omistajalle.

3.1 Yritykset

Yritysten teollisen internetin avulla tavoittelemat hyödyt voi hieman yksinkertaistaen jakaa kolmeen pääryhmään. Yritys voi pyrkiä nykyisen liiketoiminnan tehostamiseen (evoluutio), kokonaan uuteen liiketoimintaan (revoluutio) tai tuotteiden arvon kasvattamiseen (kuvio 6).

Nykyisen liiketoiminnan tehostaminen laitteista, koneista tai prosesseista saatavaa tietoa tehokkaasti hyväksikäyttäen on ilmeinen kehityssuunta. Hyöty voi tulla ennakoivan huollon, energian säästön (erityisesti rakennukset ja kulkuneuvot) tai työvoiman tehokkaamman käy-

Kuvio 6 Yritysten hyödyt teollisesta internetistä



tön kautta. Tässä siis ei pyritä niinkään kasvattamaan liikevaihtoa, vaan saamaan parempi ka-te säästöillä.

Uusi liiketoiminta on tyypillisesti siirtymistä laitteiden tai järjestelmien myynnistä niiden palveluliiketoimintaan, ensi vaiheessa huoltoon, mutta myöhemmin myös niiden operointiin tai suorituskyvyn myyntiin (ei myydä sora-autoa vaan siirrettyjä hiekkatonneja). Etuina yrityksen kannalta ovat tulojen ennakoitavuus ja vähäisempi suhdanneriippuvuus. Ratkaistava kysymys on rahoitus: laitteen tai järjestelmän toimittaja saa tulonsa pitkän ajan kuluessa eikä heti luovutuksen yhteydessä.

Kolmas hyöty tulee tuotteiden arvon ja ”älykkyyden” kasvattamisesta. Tällöin valmistaja saa hyötyä suuremman myyntihinnan (leasing maksun) kautta ja ostaja tehokkaamman toiminnan ja tuottavuuden kautta. Laitteet, koneet ja järjestelmät ovat nopeasti tulossa älykkäämmiksi, ts. niihin tulee antureita, verkkoyhteys, tietokoneohjelmistoja ja toimilaitteita. Toisaalta laitteiden ja koneiden yhteistoiminta, joka edellyttää niiden älykkäitä ominaisuuksia, tuottaa järjestelmätasolla selvää hyötyä.

ICT 2015 työryhmän raportti ”21 polkua kitkattomaan Suomeen” (Ala-Pietilän työryhmän raportti) korostaa jälkimmäistä näkökulmaa. Se toteaa, että ”ICT on merkittävin kasvua vauhdittava teknologia” ja erityisesti, että ”digitaaliteknologian ja -palveluiden integroiminen osaksi teollisuustuotteita” muodostaa merkittävän mahdollisuuden suomalaisten teollisten tuotteiden kilpailukykyä nostamiseksi erityisesti kehittämällä fyysisiin tuotteisiin liittyviä palveluja.

Palvelut tuovat uutta liiketoimintaa teollisuuden yrityksille

Palveluliiketoiminta on tänä päivänä merkittävä osa teknologiateollisuuden ja erityisesti kone- ja laitevalmistajien liiketoimintaa. Perinteisen takuu- ja varaosapalvelun rinnalle tarjotaan koneiden ja laitteiden omistajille ja käyttäjille yhä useammin huolto- ja muita fyysisen tuotteen elinkaaren eri vaiheisiin liittyviä palveluja. Suomalaiset yritykset kuten Kone Oyj ovat palveluliiketoiminnan johtavia yrityksiä maailmassa. Myös isot kansainväliset yritykset kuten ABB ja Sandvik panostavat palveluliiketoimintaan Suomessa. Monessa yrityksessä palveluliiketoiminnan osuus koko liiketoiminnasta on jo yli puolet. Palveluliiketoiminta on mahdollistanut liiketoiminnan kasvun myös hitaammin kasvavilla markkinoilla.

Palveluliiketoiminnan tuottavuus perustuu tehokkaaseen tiedonhankintaan laajasta, usein kansainvälisesti hajautuneesta laitekannasta ja tiedon tehokkaaseen hyödyntämiseen palveluiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Tähän tarvitaan tiivistä yhteistyötä asiakas- ja käyttäjäkunnan kanssa, mutta myös monipuolista anturointia, tiedon siirtoa ja laajojen tietomassojen analysointia. Tarvitaan myös uusia liiketoimintamalleja ja uusia tapoja toimia ja organisoida toimintaa, kun siirrytään valmistuspainotteisesta ympäristöstä tietointensiiviseen palvelutoimintaan.

Teollisen internetin aihepiiriin kuuluvia arvonluontiverkostoja, joilla voi olla oleellista merkitystä teollisen internetin kehityksen näkökulmasta on esitetty kattavammin tämän raportin liitteessä [muokattu Linturi 2013: 18–50].

Palveluliiketoiminta on Suomessa noussut merkittävään asemaan monessa johtavassa valmistavan teollisuuden yrityksessä. Hyvänä esimerkkinä on Kone Oyj, joka on jo kauan panostanut palveluihin ja jossa noin puolet liikevaihdosta tulee tältä puolelta. Samoin Metso Oyj:n liikevaihdosta noin puolet on jo vuosia tullut palveluliiketoiminnasta. Palveluliiketoiminnan rooli on merkittävä ja kasvava myös keskisuurissa teknologiateollisuuden yrityksissä. Esimerkkinä on Skaala Ikkunat ja Ovet, jonka liikevaihdosta merkittävä osa tulee asennuksesta sekä saneeraus että uudisrakentamisessa. Suomen teknisessä kaupassa palveluliiketoiminnan osuus toi yli 20 prosenttia liikevaihdosta lähes joka kolmannessa yrityksessä talvella 2014 tehdyssä kyselyssä. (http://tekninen.fi/ajankohtaista/jasentiedotteet/jasentiedote_3_2014/palveluliiketoiminnan_osuus_kyselyn_tulokset).

Palvelujen kautta tehostetaan investointihyödykkeiden käyttöä elinkaaren kaikissa vaiheissa. Varaosat ovat edelleen keskeisessä osassa valmistavan teollisuuden palveluliiketoiminnassa, mutta painopiste siirtyy yhä enemmän tietointensiivisiin palveluihin. Huollossa pyritään irti määräaikaishuollosta ennakoivaan ja jopa reaaliaikaiseen kuntoon perustuvaan huoltoon. Lisäksi tarjotaan monenlaisia palveluita kuten suunnittelupalveluja, asennuspalveluja, kuntoarviointeja, pidennettyä takuupalvelua, koulutus- ja simulointipalveluja, rahoituspalveluja, operointipalveluja sekä asiakkaan liiketoimintaa tukevia tietopalveluja.

Palveluliiketoiminnassa opitaan analysoimalla isoja informaatiomääriä

Palveluliiketoiminta perustuu yksittäisen käyttäjän vastuulla olleen toiminnan siirtymiseen kone- tai laitevalmistajan vastuulle. Kun käyttäjiä on monta, toimittajan vastuulle tulee huolehtia laajan laitekannan tilasta ja jopa hyödyntämisestä. Laajuuden ekonomia saadaan aikaan vertailemalla tietoa eri laitteista keskenään ja tätä kautta opitaan hyödyntämään fyysisiä resursseja entistä tehokkaammin ja monipuolisemmin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että

tietoa pitää kerätä maantieteellisesti hajautetusta laitekannasta. Koska vanhoissa laitteissa ei ole tiedonkeruuseen ja välittämiseen tarvittavia välineitä, kerääminen tapahtuu käsin oman tai partnereiden muodostaman toimijaverkon kautta. Uusiin laitteisiin moni yritys kehittää ja myy jo tällä hetkellä automaattisia tiedonhallintavälineitä.

Palvelutoiminnan tuottavuutta parannetaan informaatioteknologian avulla

Anturoinnin lisäämisen kautta yksittäisestä laitteesta saadaan entistä enemmän dataa irti. Tämä tarkoittaa, että yksittäisestä laitteesta tai koneesta voidaan tehdä entistä parempia analyysseja. Samalla se tarkoittaa myös, että digitaalisesti kerättävissä olevan datan määrä kasvaa ja sen analysointiin tarvitaan entistä tehokkaampia välineitä. Tilastollisia menetelmiä hyödynnetään mm. kvantitatiivisten laatu- ja tiedotietojen analysoinnissa, mutta laadullisen tiedon merkityksen kasvaessa tarvitaan myös Big Data -tyyppisiä ratkaisuja. Tällaisten työkalujen merkitys kasvaa esimerkiksi kun kehitetään työkonesta saadun käyttö- ja kuntotiedon pohjalta asiakkaan liiketoimintaa tukevia informaatiopalvelutuotteita. Tällä tavalla informaation hyödyntämisestä syntyy myös aivan uusia palvelutuotteita.

Teollinen internet tuo palvelutoimintaan systeemiajattelun

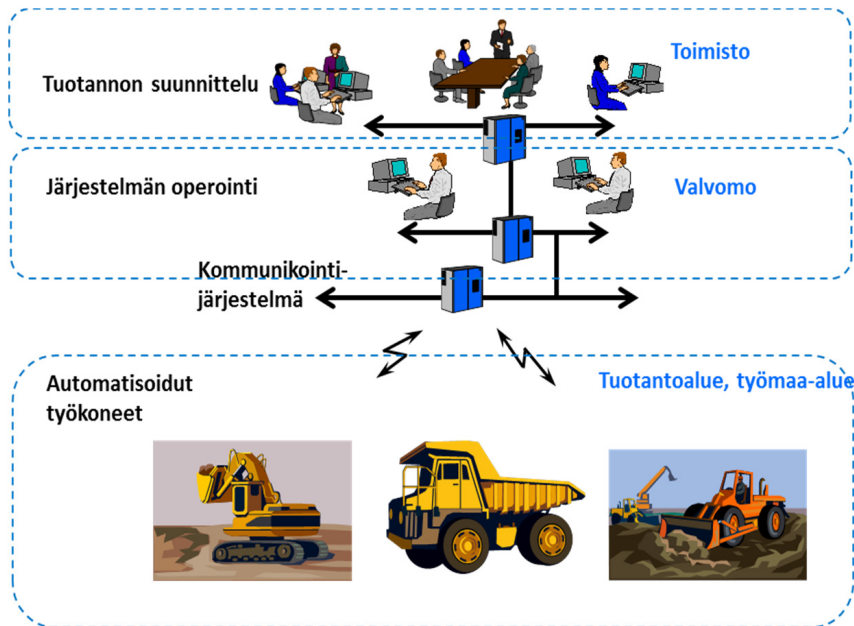
Nyky muodossaan teknologiateollisuuden palveluliiketoiminta on tiiviisti kytköksissä laitevalmistajan toimittamaan laitteeseen ja sen käyttöön. Asiakkaan eli koneen tai laitteen käyttäjän kannalta seuraava askel on katsoa asiaa oman liiketoiminnan kokonaisprosessien näkökulmasta. Tämä tarkoittaa, että saman palvelun piiriin kytketään monenlaisia koneita ja laitteita useammalta toimittajalta. Tarvitaan järjestelmätason palveluita ja niitä tukevia teknologioita, standardeja ja liiketoimintamalleja. Tämä on tuote- ja valmistuskeskeisille yrityksille uutta. Tässä teollinen internet voi auttaa tuomaan valmistavaan teollisuuteen ratkaisumalleja muilta toimialoilta.

Yksittäisten koneiden operoinnista konejärjestelmien ohjaamiseen

Koneiden etäkäyttö lisääntyy ja useiden koneiden muodostamaa tuotantoketjua ja koko työprosessia pyritään ohjamaan samasta paikasta. Työkoneiden automatisoinnilla (kuvio 7) pyritään parantamaan tehokkuutta, turvallisuutta ja työprosessin hallintaa sekä alentamaan kustannuksia. Liikkuvat työkoneet integroituvat yhä tiiviimmin osaksi tuotantoprosessia. Työkoneiden automatisointi ja konejärjestelmien autonominen ja prosessinomainen toiminta luo kokonaan uuden suunnittelun ja toiminnanohjauksen tason. Suunnittelun ja operoinnin painopiste siirtyy samalla yksittäisen koneen ohjaamisesta toimintaympäristön hallintaan, joka edellyttää operaattorilta kykyä hallita kompleksista järjestelmää eri käyttötilanteissa ja muutoksissa.

Suunnittelun ja operoinnin painopiste siirtyy samalla yksittäisen koneen ohjaamisesta toimintaympäristön hallintaan, joka edellyttää operaattorilta kykyä hallita kompleksista järjestelmää eri käyttötilanteissa ja muutoksissa. Nämä muutokset heijastuvat myös tarpeena kehittämään operaattorin toiminnan tueksi etäoperoinnin ratkaisuja sekä käytön ja huollon suunnittelun palveluita.

Kuvio 7 Automatisoitu työkonelajitelma luo uusia toiminnan tasoja



[Tiusanen 2014].

Yritysverkostot

Tehokas alihankintaverkosto, yhteensopivat tietojärjestelmät, luottamus ja tietoturva ovat valmistuksen kilpailukykyyn kannalta oleellisia tekijöitä. Näissä tuotteen suunnittelun ja valmistuksen verkostoissa on kuitenkin merkittävää kehityspotentiaalia. Sähköiset markkinapaikat, joissa tarjoukset pyydetään digitaalisesti joko luottamusverkostossa tai avoimen tarjouskilpailun kautta riippuen tilattavan tuotteen luonteesta. Sähköisellä markkinapaikalla varmistetaan ajanmukainen tieto tuotteen suunnitteluun ja valmistukseen liittyvistä dokumenteista. Tuotteen digitaalinen kuvaus syntyy suoraan tuotteen CAD-mallista ja tuotetiedonhallintajärjestelmistä ja luottamuskumppanilla on suora linkki tähän digitaaliseen tuotemalliin, joka nopeuttaa sekä tarjous- että valmistusvaihetta. Toimituksen nopeus on usein kriittinen kilpailutekijä.

Sähköinen markkina edellyttää yritys- ja tietojärjestelmäarkkitehtuurin muuttamista vastaamaan uusia liiketoimintamalleja; tarvitaan tuotteen digitaalinen kaksonen, joka voidaan avata oman yrityksen ulkopuolisille toimijoille. Tiedonvaihdon keskeisiä elementtejä ovat myös toimivat asianmukaiset standardit sekä eri prosesseihin liittyvän datan ja metadatan yhteensopivuus ja ajantasaisuus.

Yritysverkostoissa arvomuodostuksen jakaminen sekä palvelu- ja informaatioliiketoiminnan muuttuneet vaatimukset tuotteen vaatimusmäärittelyyn vaikuttavat tuotesuunnitteluun konseptointivaiheesta alkaen.

3.2 Yhteiskunta

Tässä kappaleessa tarkastellaan murrosta yhteiskunnan näkökulmasta ja erityisesti sitä, miksi teollinen internet on yhteiskunnan kannalta tärkeä ja miten se liittyy kansakunnan yhteistyö- kyvykkyyteen, yrittäjyyteen ja työelämän muutoksiin.

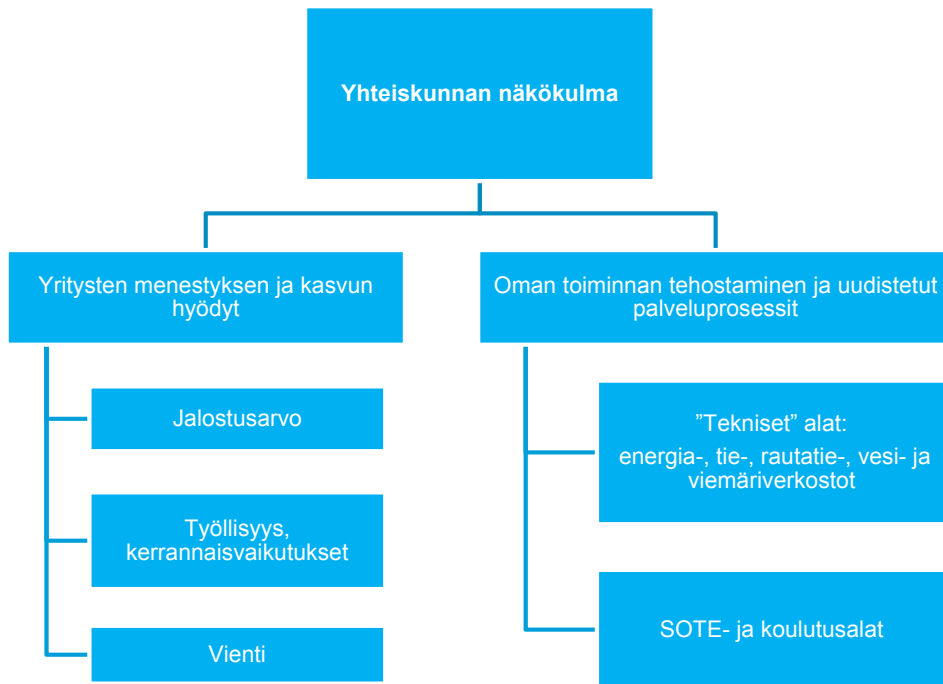
Teollinen internet tulee vaikuttamaan kansankuntiin usealla tavalla, kuten aiemmatkin suuret liiketoiminnalliset ja teknologiset murrokset. Kappaleessa 2 keskusteltiin murroksen kaupallisesta ja rahallisesta merkityksestä: yritysten liikevaihdot ja voitot sekä kansantuote niissä maissa, jotka hyödyntävät teollisen internetin mahdollisuudet täysimääräisesti, tulevat kasva- maan jopa 25 %, jos rohkeat ennusteet pitävät paikkansa. Vastaavasti paikalleen jäävät yri- tykset ja kansakunnat häviävät, ainakin suhteellisesti. Näillä muutoksilla, positiivisilla tai ne- gatiivisilla, on vaikutuksia työllisyyteen, verotuloihin ja yhteiskunnan yleiseen kehitykseen. Huonossa tapauksessa noidankehämäinen taloudellinen kierre voi aiheuttaa talousalueiden tai maiden muuttumista muuttotappioalueiksi tai köyhtymisen ja työttömyyden myötä yhteis- kunnallista levottomuutta. Vastaavasti hyvä kehitys voi lisätä alueiden tai maiden työllisyyttä ja hyvinvointia. Näitä kahta kehityssuuntaa on hahmotettu kuviossa 8.

Murros voi vaikuttaa julkisen sektorin tarjoamiin tai tukemiin palveluihin tehostamisen tai kokonaan uudennaisiksi muokattujen palveluprosessien kautta (kuvio 9). Suoraviivaisimmin murros tulee näkymään teknologian käyttöönottona ”teknisillä” aloilla, kuten energia-, tie-, rautatie-, vesi- ja viemäriverkostojen sekä rakennusinfrastruktuurin osalta. Näillä aloilla tek- nologiamurrokset hyväksytään helpommin kuin esimerkiksi koulutuksessa, vanhus-, sosiaa- li- ja terveyspalveluissa, joihin niihinkin teollinen internet – laajasti käsitettynä – tulee ennen pitkää vaikuttamaan.

Kuvio 8 Kaksi erilaista kehitysnäkymää Suomelle



Kuvio 9 Yhteiskunnan näkökulma teollisen internetin suhteen



Suomalainen kyvykkyys

Teollinen internet (TI) on automatisaation ja digitalisoitumisen yksi ilmentymä. Teollisen internetin periaatteiden mukaisia tuotteiden sekä palvelu- ja informaatioliiketoiminnan kehittäminen edellyttää monialaisten yhteistyökyvykkyyksien kehittämistä. Suomessa on kansainvälisesti korkealuokkainen koulutus kaikilla teollisen internetin osa-alueilla (ICT, valmistava teollisuus, liiketoiminta), joten näitä suomalaisia kyvykkyksiä tulee entisestään vahvistaa.

Alojen välinen yhteistyö on ensiarvoisen tärkeää. Erilaisia vahvuusalueita yhdistämällä (tietotekniikka, automaatio- ja systeemitekniikka, koneensuunnittelu ja tuotantotekniikka sekä taloustieteet) luodaan vahva pohja hyvälle ”teollisen internetin” insinööreille, ekonomille tai maisterille, jolla on hyvä yleisnäkemys TI:n hyödyntämisestä teknologioista sekä vaatimuksista ja mahdollisuuksista eri teollisuuden sovellusaloilla, kyvykkyys systeemitason ratkaisujen konseptointiin, suunnitteluun ja toteutukseen osana osaajaverkostoa, ja ymmärrys palvelu- ja informaatiotuotteiden merkityksestä TI-talouden merkittävänä lisäarvon tuottajana ja uudenlaisen liiketoimintamallin vaikutuksesta yrityksen strategiaan.

Yrittäjähenkisyys

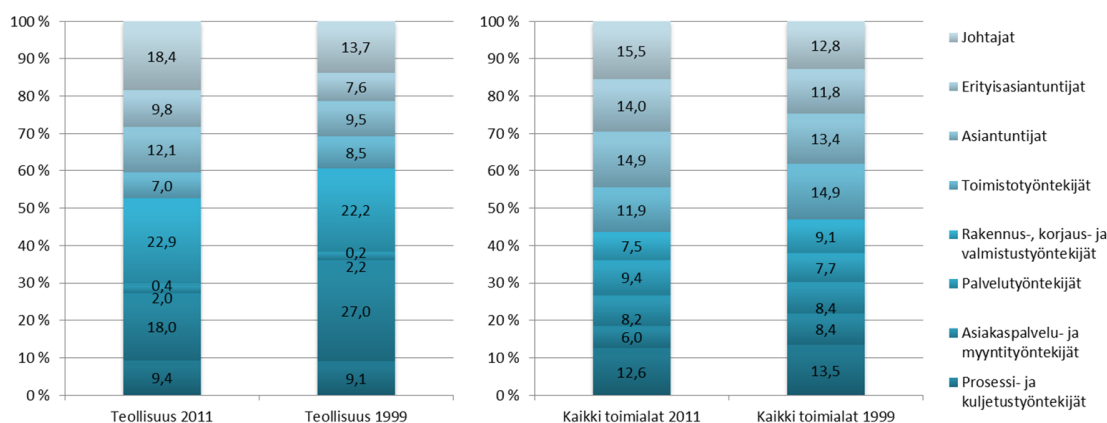
Viimeisten vuosien aikana yrittäjyyteen on luotu myönteinen ilmapiiri ja sitä on edesauttanut uusien toimialojen, kuten peliteollisuus, kannustavat esimerkit. Menestyvät yrittäjät ovat saaneet positiivista näkyvyyttä. Tämä on heijastunut myös yrittäjyyteen kannustavien palvelujen kehittämisessä. Yrittäjyyden tukeminen yhteiskunnallisin toimin luo uutta työtä, sillä viimeaikaisena kehityksenä on ollut, että suuret yritykset keskittyvät enemmän ydinliiketoimintoihin ja ostavat erilaisia palveluita pienemmiltä yrityksiltä.

Työelämän murros

Suomalaisen työn liiton tuoreen kyselytutkimuksen [Avainlippu 2014] mukaan työelämän murros näkyy suomalaisten suhtautumisessa työelämään ja uusiin teknologioihin. Yli 80 prosenttia suomalaisista uskoo teknologian korvaavan ihmisten tekemää työtä ja 27 prosenttia pelkää oman työnsä kärsivän teknologiasta. Toisaalta teknologiassa nähdään myös mahdollisuuksia uusien työpaikkojen syntyyn. Kyselyn tulokset ovat hyvin samansuuntaisia ETLAn selvityksen kanssa [Pajarinen 2014]. Oxfordin yliopiston tutkimuksessa arvioidaan, että jopa 47 % Amerikan työpaikoista on vaarassa kadota ja korvautua automaatiolla lähimmän 10–20 vuoden kuluttua [Frey 2013].

Teollisuudessa työtehtävien vaativuuden rakennemuutos on jo näkyvissä: matalamman koulutuksen työn määrä vähenee, kun taas korkeammin koulutettujen työn määrä lisääntyy. Esimerkkinä Ison-Britannian teollisuuden ja valmistavan teollisuuden työpaikkojen jakaumat vuonna 1999 ja 2011, joissa muutokset näkyvät selvästi [UK Gov].

Kuvio 10 Työvoiman rakennemuutos Isossa-Britanniassa (valmistava teollisuus ja kaikki teollisuuden alat)



Suomalaisen työn liiton kyselyssä tutkittiin myös suomalaisten työhön liittyvien arvojen kehittymistä. Yhä useampi arvioi, että tulevaisuudessa heidän työssään tulevat korostumaan asiantuntijuuteen, luovuuteen ja innovatiivisuuteen liittyvät ominaisuudet. Kyselyn tulos on samoilla linjoilla kuin Ison-Britannian hallituksen teettämä selvitys, jonka mukaan vuoteen 2020 mennessä uusia valmistavan teollisuuden työpaikkoja syntyy johtamiseen, asiantuntijatyöhön ja teknisiin tehtäviin. Yleisesti ottaen uudet työtehtävät edellyttävät korkeaa koulutusta ja ammattitaitoa sekä luovuutta. [UK Gov].

3.3 Kuluttajan näkökulma

Ihmiset ovat kuluttajina tottuneet digitaalisten palvelujen käyttöön arkisien tarpeiden tyydyttämisessä. Kuluttajilla on siten henkinen valmius teknologian hyödyntämiseen myös teollisessa toiminnassa. Kuluttajan näkökulmaa digitalisaatioon voidaan siis kuvata esineiden ja asioiden internet-käsitteen avulla. Tavoitteena on tuottaa vaivattomasti enemmän tai halvempia tuotteita ja palveluja, joissa yksityisyys, turvallisuus, eettisyys ja vihreät arvot ovat hyvällä ta-

solla. Työelämän ja erityisesti työntekijän kannalta data ja sen analytiikka tarjoaa globaaleja ja asiantuntijapalveluja ilman, että parhaiden asiantuntijoiden aika kuluu lentokenttien lounaissa tai lentokoneissa matkalla jonnekin.

Kuluttajalle tullaan jatkossa tarjoamaan tuotteiden sijaan palvelua. Viime aikoina on käyty julkista keskustelua liikenteen laajemmasta palvelullistamisesta: ”Älä osta autoa vaan osta auton käyttö palveluna 95 eur/kk” (Talouselämä 24.10.2014). Kuluttajistumiseen taas viittaa arkipäivän teknologisten ratkaisujen, kuten älypuhelimien ja tablettien, hyödyntäminen tehokkaasti myös työelämässä. Miten teollisen internetin mahdollisuuksia voidaan soveltaa sellaisten tuoteminaisuuksien synnyttämiseen, jotka vastaavat käyttäjien ja kuluttajien kasvavia odotuksia laitteiden sovittamisessa oman elämäntyylin ja tapojen mukaisiksi?

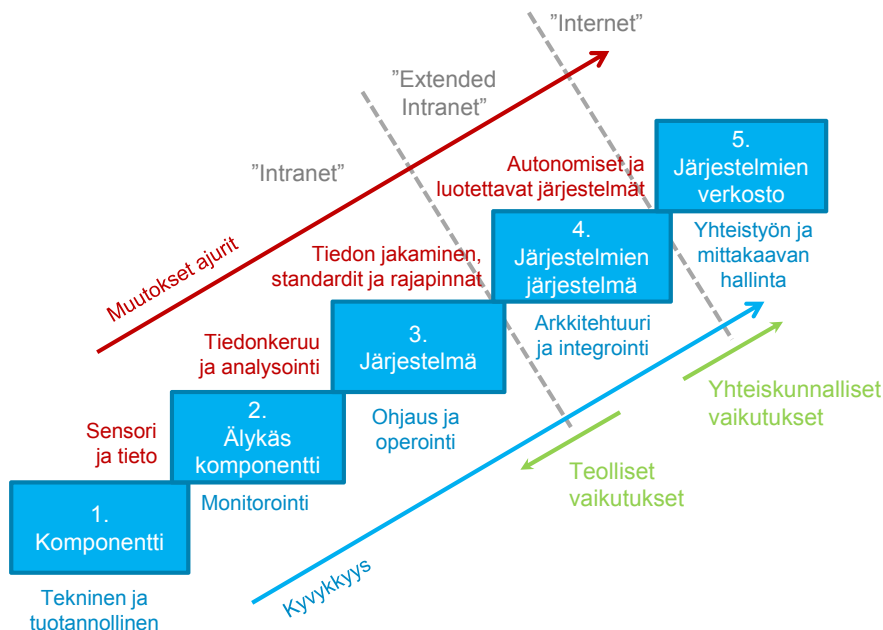
4 Murroksen elementit

Teollista internetiä on kuvattu seuraavaksi teolliseksi vallankumoukseksi ja ICT:n kolmanneksi ja toistaiseksi suurimmaksi aalloksi. Tämä luku tarkastelee tämän murroksen sisältöä sekä liiketoiminnan että teknologian näkökulmista ja hahmottelee murroksen tiellä olevia pullonkauloja ja esteitä sekä niiden poistamiseen tarvittavia julkisen vallan toimia.

4.1 Liiketoimintamallit ja ansaintalogiikan muutos

Teollisen internetin arvonluonti perustuu olemassa olevien elementtien ja niitä täydentävien uusien ominaisuuksien tulokselliseen hyödyntämiseen. Verkkoon liitettyjen älykkäiden tuotteiden ja palveluiden hierarkkisia systeemitasoja voidaan kuvata oheisen portaikon avulla (kuvio 11). Portaikon askelmia ovat tuote- tai palvelukonseptit: 1) komponentti, 2) älykäs komponentti, 3) järjestelmä, 4) järjestelmien järjestelmä, 5) järjestelmien verkosto.

Kuvio 11 Teollisen internetin soveltamisen uudet ominaisuudet ja kyvykkyudet



nentti, 3) järjestelmä, 4) järjestelmien järjestelmä sekä 5) järjestelmien verkosto. Arvonluonnin potentiaali kasvaa siirryttäessä portaikossa seuraavalle askelmalle.

Seuraavalle askelmalle pääseminen edellyttää edeltävien tasojen elementeiltä tiettyjä uusia ominaisuuksia ja uusien kyvykkyyksien haltuunottoa. Nämä ominaisuudet on tässä kuvattu muutoksen ajureiksi, joiden toteutuminen mahdollistaa seuraavalle portaalle siirtymisen. Yrityksen positioituminen tällä asteikolla tulisi olla strateginen valinta, mutta käytännössä eri toimijoiden voimasuhteet määrittävät sen, kuinka vapaasti tämän valinnan voi tehdä. Eri-tyisesti portaalta seuraavalle siirtyminen edellyttää tyypillisesti uudelle alueelle siirtymistä ja usein kilpailua tai yhteistyötä täysin uusien toimijoiden kanssa.

Menestyksellisen liiketoiminnan luominen kullakin portaalla edellyttää uusien kyvykkyyksien luomista ja uuden toimintatason haltuunottamista. Kunkin askeleen keskeinen kyvykkyys kuvaa kyseisellä portaalla toimimisen uutta toimintamallia.

Markkina- ja innovointipotentiaali kasvaa siirryttäessä suljetusta ympäristöstä (intranet) kohti avointa ympäristöä (internet). Potentiaalin hyödyntäminen ja hyödyn jakautuminen eri toimijoiden välillä riippuu merkittävästi siitä, millaisen roolin eri toimijat ympäristössä pystyvät ottamaan. Selkeät pelisäännöt ja toimijoiden välinen luottamus korostuvat siirryttäessä tuotteiden valmistuksesta suljetuissa ympäristöissä palveluiden toteuttamiseen avoimissa verkotuneissa liiketoimintamalleissa. Samalla tulee sovittavaksi uuden liiketoimintamallin myötä syntyvien aineettomien omaisuuserien (patentit, lisensointi, trademarkit, brandit, copyrightit) ja datan omistajuus.

Seuraavassa esitellään teollisuuden nykyisiä liiketoimintamalleja ja käydään läpi esimerkkejä portaikon ylemmillä askelmilla toimivista liiketoimintamalleista.

Tänä päivänä teollisuuden palveluliiketoiminta on kahden kauppaa

Laitevalmistaja palveluntarjoajana ja laitteen käyttäjä palvelun ostajana. Voidaan puhua keskitetystä, palveluntarjoajan ehdoilla toimivasta palvelutuotannosta ja -liiketoimintamallista. Palvelunostajan saama lisäarvo sidotaan yksittäisen fyysisen laitteen käyttöön. Voidaan kutsua tätä teollisen palveluliiketoiminnan ensimmäiseksi aalloksi. Tämä on valmistavassa teollisuudessa vallalla oleva paradigma, ja vielä emme ole nähneet tämän paradigman huipennusta. Vaikka palveluliiketoiminta on ollut keskeinen osa valmistavan teollisuuden liiketoimintaa jo vuosia, ollaan vasta siirtymässä valmistuskeskeisistä ja fyysiseen työhön perustuvasta palvelusta kohti tietointensiivisiä kahdenkeskisiä palvelumuotoja. Keskustelu uuden paradigman tulosta on kuitenkin jo käynnissä ja edelläkävijät hakevat uusia ratkaisuja.

Tänä päivänä moni valmistavan teollisuuden yritys kehittää palveluja ja sitä tukevaa teknologiaa omin voimin ja suojaa omia ratkaisujaan integroinnista järjestelmätason ratkaisuihin. Tällä tavalla kasvatetaan kahdenkeskistä palveluliiketoimintaa omassa asiakaskunnassa. Kilpailun kiristyessä laitevalmistajat eivät enää pysty suojaamaan markkinoitaan hallitsemalla omaa laitekantaansa. Kilpailijat tulevat korostamaan järjestelmätason ratkaisujen tuomaa asiakasarvoa, jolloin laitekannan hallinnan lisäksi korostuu monipuolisen tiedon omistus, hallinta ja jalostaminen uudeksi palveluksi.

Palveluliiketoiminnan toisessa vaiheessa laitteesta tuleva dataa tullaan yhdistämään monenlaiseseen tietoon ja informaatioon. Ei enää riitä, että laitteesta tulevaa dataa analysoidaan ja ver-

rataan vastaavaan dataan muualta. Tarvitaan monipuolinen kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen data monimutkaisten ilmiöiden analysointiin. Tarvittava data tai informaatio hankitaan useiden kanavien kautta. Tiedosta tulee kauppatavaraa monipuolisessa palveluverkostossa, jossa internet on yhteinen kommunikointikanava. Valmistavan teollisuuden haasteena on löytää oma roolinsa tässä uudessa verkostossa.

Siirtyminen ensimmäisen aallon palveluliiketoiminnasta toiseen vaiheeseen tulee olemaan keskeinen murrosvaihe, jossa kilpailuasetelmat maailman markkinoilla muuttuvat. Jo tänä päivän markkinoille ilmestyy kone- ja laitekannasta riippumattomia järjestelmätoimijoita kuten esimerkiksi suomalainen Ixonos. Heidän osaamisensa on järjestelmätason ratkaisuissa, ei yksittäisten koneiden tai laitteiden hallinnassa. Teollisen internetin teknologiaa ja järjestelmiä tarjoavat myös kansainväliset jätit kuten IBM ja Google. Aseman säilyttäminen tässä kentässä tulee edellyttämään verkostoitumista ja oman liiketoimintamallin jäsentämistä osana kansainvälistä verkostoa.

Esimerkkejä uusista teollisen internetin liiketoimintamalleista

Ennakoiva huolto CBM (Condition Based Maintenance) tarkoittaa, että koneen tai laitteen huoltotarvetta selvitetään reaaliaikaisen tilannetiedon pohjalta. Koneessa olevien anturien tuottamasta tiedosta luodaan kuva koneen kunnosta ja päätellään, milloin pitää huoltaa, jotta välttytään konerikoilta tai muilta käyttöön liittyviltä ongelmilta. Anturitietoa voidaan seurata langattomasti palveluntarjoajan toimesta. CBM:n avulla maksimoidaan koneen tai laitteen käytettävyyttä, mikä varmistaa sen käytön jatkuvuuden häiriöttä ja maksimoi sen kapasiteettia. CBM-palvelu perustuu palvelun tarjoajan ja palvelun ostajan väliseen sopimukseen.

Palveluliiketoiminnassa *Fleet management* tarkoittaa, että laitetoimittaja kerää tietokantaan tietoa toimitetuista laitteista, niiden omistajista, sijainnista, huoltotoimenpiteistä ym. Uusissa laitteissa on automaattiset tiedonkeruujärjestelmät, joista asiakkaan suostumuksella voidaan lukea tarvittavia tietoja. Vanhoissa koneissa tällaista teknologiaa ei ole, joten tiedot on hankittava manuaalisesti asiakaskunnasta. Fleet management -järjestelmään kerätyn tiedon perusteella suunnitellaan mm. varaosamyyntiä, huoltotoimintaa ja muita palveluja. Fleet managementilla voidaan myös tarkoittaa laajaa konekantaa operoivan toimijan työkalua, jonka avulla seurataan konekannan käyttöä kone koneelta ja/tai kokonaisena kantana.

Yhtenä palveluliiketoiminnan muotona on *operointipalvelu*, jossa laitetoimittaja vastaa asiakkaalle toimitetun laitteen operoinnista. Laite voi olla joko toimittajan tai asiakkaan omaisuutena, mutta usein toimittaja myy pelkästään kapasiteettia ja vastaa asiakkaan työn toteutuksesta. Tällöin asiakas säästyy investointikustannuksilta ja maksaa vain käytön mukaan. Operointipalvelun kohteena on tyypillisesti laitetoimittajan hallitsema prosessi, jonka jatkuva ja varma toiminta on kriittinen asiakkaan omien prosessien jatkuvuuden ja tehokkuuden kannalta.

Tulevaisuudessa jako tuottajiin ja käyttäjiin tulee hämärtymään. Energiateollisuudessa on jo nyt esimerkkejä älykkästä verkosta, jossa energian pientuottajat tuottavat itselleen ja muille energiaa omilla verkostoon kytketyillä aurinkopaneeleillaan tai tuulimyllyillään. Englanniksi käytetään tästä termiä *prosumer* (producer-consumer). Myös valmistavassa teollisuudessa käytetään samaa mallia. Ajatuksena on, että kuluttaja voi tulevaisuudessa valmistaa itselleen tuotteita 3D-tulostimia käyttäen.

Oppia muiden liiketoiminta-alueiden kehityksestä

Tietoliikennealan liiketoimintamallien kehitys voi toimia hyvänä esimerkkinä myös teollisen internetin liiketoiminnan kehityksen suhteen. Siinä missä valmistava teollisuus ottaa vasta ensiaskeleitaan älykkäiden tuotteiden suuntaan, tietoliikennetuotteet ovat omanneet jo kauan niin langattomat yhteydet, sensorit kuin prosessointikapasiteetin. Näin ollen myös liiketoimintamallit ovat kehittyneet osin samoista lähtökohdista kuin mihin teollisen internetin suhteen ollaan vasta tulossa. Lisäksi teknologiset haasteet ovat osittain samoja. Esimerkiksi älylaitteiden ja niiden tuottaman datan määrä on kasvanut rajusti vuosien ajan yli 100 % vuodessa [NSN 2013]. Teollisen internetin kannalta vastaava kehitys on nähtävissä, kun älykkäät verkotetut tuotteet yleistyvät. Avoin kysymys on kuitenkin vielä se, paljonko näistä uusista tuotteista liittyy solukoverkkoihin SIM-identifiointin kautta ja kuinka paljon niiden tuotamasta datasta tulee kulkemaan operaattoriverkkojen kautta. On mahdollista että merkittävä osa tästä uudesta datasta tulee kuitenkin kulkemaan ensin lyhyen kantaman verkkojen kuten Wlan, ZigBee jne. kautta päätyäkseen internet runkoverkkoon kiinteän yhteyden ylitse gateway-solmun toimiessa siltana teollisen ympäristön ja turvattomamman internetin välillä.

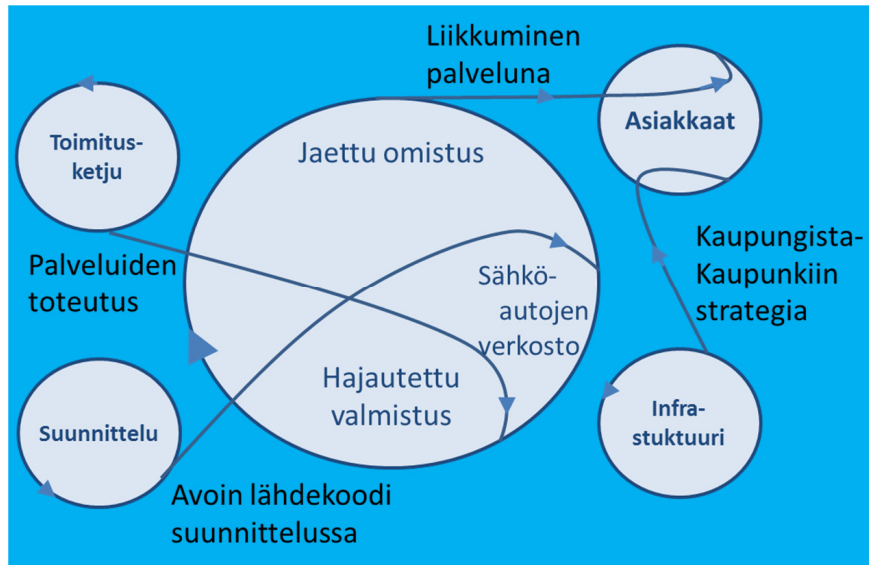
Tietoliikennevalmistajista NSN:n myynnistä jo yli puolet (52 %) syntyi palveluliiketoiminnasta vuonna 2012 [NSN 2012], kun vielä 2007 sen osuus oli noin kolmasosa. NSN:n päätuotteet ovat 3G/4G tukiasemia sekä niitä tukevia ohjelmistoja ja infrastruktuuria. Palvelupuolella NSN tarjosi asiakkailleen palveluja verkkojen suunnittelusta ja rakentamisesta niiden ylläpitoon. Tulevaisuuden trendeinä on mm. verkkoinfrastruktuurin ja taajuuksien jakaminen operaattoreiden kesken [NSN 2013]. Tällöin operaattorit pääsevät pienemmillä taajuuslissenssimaksuilla ja loppuasiakkaat taas saavat maantieteellisesti kattavamman verkon peittoalueen. Älylaitteiden tuottama ja kuluttama laajakaistadata kuormittaa verkkoa äkillisesti ja arvaamattomasti, mitä ongelmaa ratkaistaan verkon prosessointia suorittavien laitteiden virtualisoinnilla ja siirtämisellä pilveen. Verkkoja pyritään myös automatisoimaan niin, että ne tunnistavat oman tilansa ja osaavat korjata ongelmia ilman ihmisen puuttumista asiaan.

Autoteollisuuden puolella esimerkkinä liiketoimintamallien muutoksesta on englantilainen Riversimple (kuvio 12), joka pyrkii mullistamaan perinteisen autojen myymiseen ja omistamiseen perustuvan mallin. Riversimple kehittää polttokennoautoa, sen vaatimaa infrastruktuuria ja uutta jaettuun omistukseen perustuvaa tapaa saada auto tarvittaessa käyttöön. Riversimplen lähtökohtana on kehittää ympäristöystävällisen teknologian lisäksi mobiliteettiä palveluna.

Toinen esimerkki uusien liiketoimintamallien esiinmarssista perinteisillä toimialoilla on raskaiden ajoneuvojen renkaiden valmistavan Michelinin ”digitaalinen tuotelinja” -malli (kuvio 13). Michelin pyrkii auttamaan raskaan liikenteen toimijoita vähentämään sekä energiankulutusta että kustannuksia tarjoamalla renkaiden hankinnan sijaan ajettuihin kilometreihin perustuvaa laskutusta.

Saksalainen maatalouskoneita valmistava CLAAS on lanseerannut uuden käsitteen ”Internet of Agriculture” ja lähtenyt kehittämään maanviljelijöille yhdessä alan muiden toimijoiden kanssa kokonaisvaltaisia palveluita. CLAASin koneet ja laitteet voidaan liittää reaaliaikaisesti laitevalmistajariippumattomaan 365FarmNet-palveluun. 365FarmNet-palvelu tukee maanviljelijöitä ja muita alan toimijoita maatalouden kaikilla osa-alueilla tuomalla yhteen tiedon ja maatalouden palveluntarjoajat SaaS-palvelumallin kautta. Järjestelmä tuottaa viljelijälle tietoa

Kuvio 12 Riversimple – seitsemän strategiaa



[Riversimple 2014].

Kuvio 13 Michelinin digitaalinen tuotelinja



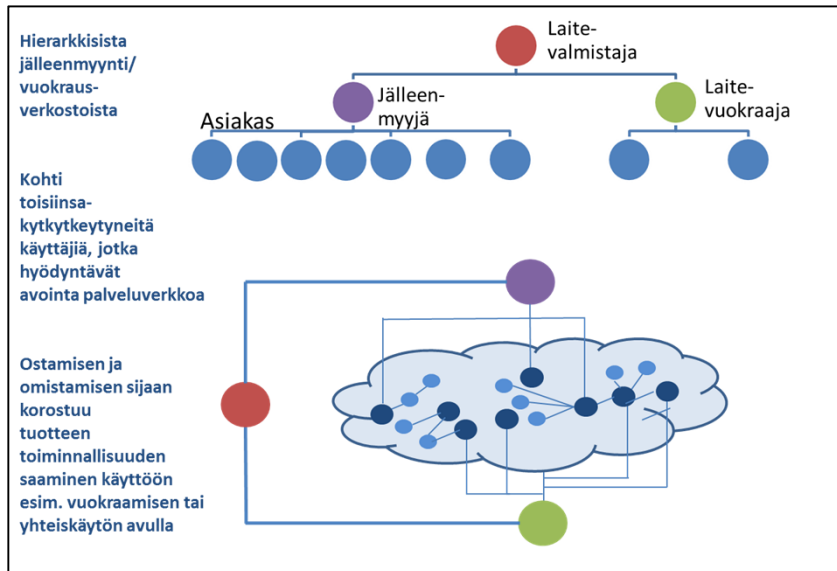
[Accenture 2014].

siitä, kuinka parantaa tuottavuutta tai vähentää hävikkiä ja tuotantojärjestelmän tai koneiden suorituskykyä. Järjestelmän kautta voi myös käsitellä häiriötietoja, hälytyksiä tai tehdä palvelupyntöjä. [katso esim. www.365farmnet.com]

Teollinen internet tulee muuttamaan voimakkaasti globaaleja alihankintaketjuja, kuljetusketjuja, varastointia ja jakeluketjuja (kuvio 14). Tuloksena voi olla nykyisten alihankinta- ja jakeluketjujen muokkautuminen toimijaverkostoiksi, joiden tuotteet ja palvelut ovat saatavilla

kaikille avoimessa palveluverkostossa. Palveluverkostojen muodostumien voi myös edesauttaa kehitystä tuotteiden omistamiseen perustuvasta ajattelusta kohti uusia liiketoimintamalleja ja hyödyntämisen tapoja.

Kuvio 14 Hankintaketjuista palveluverkoston



[Montreuil 2014].

Industry 4.0 – kohti ihmisten ja koneiden verkottunutta toimintaa yhteisellä työpaikalla
[Fraunhofer IAO]



Tavaroiden kuljettaminen on sekä kallista että ympäristön näkökulmasta kuormittavaa. Tästä syystä globaalin logistiikan kehittämisellä on tilausta. Logistiikan kehittämisen lisäksi internetin mahdollistamat palveluratkaisut luovat mahdollisuuksia myös esimerkiksi pk-sektorin yrityksille, koska se tarjoaa ajasta ja paikasta riippumattoman ja edullisen jakelukanavan pienillekin tuotemäärille. Sähköinen alusta on keskeinen elementti myös liiketoimintamalleissa, joissa tuotteen käyttö perustuu omistamisen sijaan vuokraamiseen tai lainaamiseen [Montreuil 2014].

4.2 Teknologiat

Miksi teollinen internet tulee juuri nyt? Yhtenä olennaisena tekijänä tähän on teknologian kypsyminen ja sen käyttöön ottoon vaadittavien kustannusten merkittävä laskeminen.

Tietoverkot ulottuvat suurimpaan osaan teollista maailmaa ja mahdollistavat nopeat yhteydet muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Internet mahdollistaa prosessien ja liiketoiminnan hallinnan globaalissa mittakaavassa. Prosessointi on edullista ja tehokasta pilvipalvelujen kautta, jotka ovat myös paikasta riippumattomia. Sekä pilvipalvelujen teknologia että konesaliin yleistymisen yhdistettynä big data -alustojen kehitykseen ovat tehneet mahdolliseksi perustaa liiketoimintaa suuriin määriin sensoreita, tietoa ja analyysiä. Sensorien kehityksessä erityisesti koon pienentyminen ja niiden valmistuskustannusten laskeminen on mahdollistanut aikaisempaa laajemman leviämisen paikkoihin, joihin anturointia ei olisi aiemmin pidetty kustannustehokkaana. Jatkuva teknologiakehitys on myös vähentänyt anturoinnin energiankulutusta, jolloin joissain tapauksissa se on voitu tehdä täysin energiaomavaraiseksi.

Teknologiat ja toimijat

Älykkäät, verkottuneet tuotteet ja palvelut edellyttävät yrityksiltä täysin uudenlaisen, monikerroksisen teknologiainfrastruktuurin (technology stack) rakentamista. Infrastruktuuri koostuu monisäikeisistä ohjelmistoista, applikaatiosta, verkostoista, laitteista, tuotepilvestä, alustoista, toimintaa säätelevistä säännöistä, jne. Uuden infrastruktuurin rakentamiseen tarvitaan merkittävä määrä investointeja ja uutta osaamista, mikä yritysten on otettava huomioon henkilöstösuunnittelussa. Uutta osaamista tarvitaan uusiin tuotteisiin ja palveluihin liittyvän monitoroinnin, tarkkailun, optimoinnin ja palveluiden autonomisen toiminnan alueilla [Porter 2014].

Teollisella internetillä ei voi siis sanoa olevan vain yhtä teknologiaa tai alustaa, vaan sen toiminta ulottuu yli laajan teknologiakirjon, joita käsitellään seuraavaksi.

Kuvio 15 kuvaa teolliseen internetiin keskeisesti liittyviä teknologia- ja toimijatasoja. Ylimpänä kuvassa oleva liiketoiminta kytkeytyy alimmalla tasolla oleviin älykkäisiin laitteisiin ja koneisiin välissä olevien tasojen kautta. Tasot voidaan käydä lävitse ottaen lähtökohdaksi tiedon siirtyminen kuvan alareunasta nousten kohti liiketoimintaa ottaen huomioon myös vertikaaliset toimijat. Samalla tiedon tuottama arvo kasvaa.

Tietoa syntyy mittareista ja antureista, jotka ovat kiinni koneissa tai prosesseissa. Esimerkkejä tämän alueen toimijoista ovat Murata, PerkinElmer, Offcode ja Walki. Anturi voi mitata lämpötilaa jossain osassa paperinvalmistusprosessia, laboratoriomittalaite antaa analyysin nes-

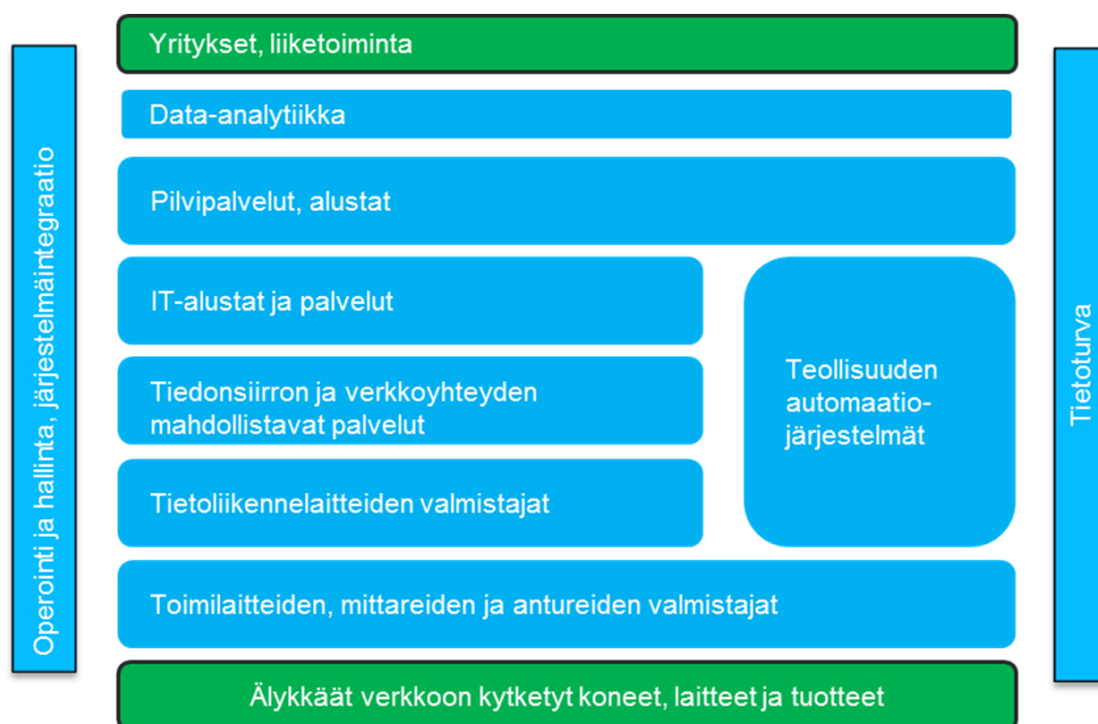
teen koostumuksesta tai tuotantolinjalla kulkeva osa tai pakkaus tunnistetaan RFID-tunnisteen avulla. Tietoa siirretään sen syntypaikasta tietoliikennelaitteiden avulla, joita valmistavat esimerkiksi Cisco, Nokia Networks (tukiasemat), Ericsson, EB tai BlueGiga.

Näiden kahden tason välissä toimii yrityksiä kuten iProtoXi, Haltian tai ARM/Sensinode, jotka tarjoavat ”IoT node” -tuotteita, joissa yhdistyvät anturit, prosessointikapasiteettia ja langaton yhteys pienessä koossa. Prosessia ohjataan ja monitoroidaan automaatiojärjestelmien avulla, joita toimittaa mm. Metso, Honeywell ja Mipro.

Jotta tieto saadaan pilveen tai yrityksen omiin IT-järjestelmiin tarvitaan myös tietoliikennetyökaluja operaattoreiden kuten Elisan, DNA:n tai TeliaSoneran palveluiden kautta. IT-alustat kuten ERP mahdollistavat tiedon linkittämisen liiketoimintaan esimerkiksi Oracle, SAP ja Microsoft alustoihin perustuen. IT-palveluyritykset kuten Tieto, CGI, Wapice, Oliotalo ja Affecto tarjoavat näitä kuten myös omia alustojaan. Pilvipalveluita ja alustoja tarjoavat mm. Tieto Oyj, Microsoft Oy, CGI, Amazon, Google, UpCloud ja Nebula.

Teollisen internetin kannalta merkittävä data-analytiikka voi tapahtua prosessoinnin kannalta niin paikallisesti kuin internetin pilvessäkin. Siinä missä suuremmissa yrityksissä data-analyysiosaaminen on oman erityisesti tähän erikoistuneen henkilöstön käsissä, löytyy siihen myös palveluntarjoajia kuten IBM tai PK-tasolta Datarangers. Datasta jalostettua tietoa käytetään hyödyksi liiketoiminnassa. Esimerkiksi Kone, Konecranes, Ponsse, Kemppi, Wärtsilä ja Fortum ovat Suomessa teollisen internetin aihepiirin toimijoita.

Kuvio 15 Teollisen internetin toimijatasot



Vertikaalisena aiheena on tietoturva, joka täytyy huomioida jokaisella tasolla, sensoreista liiketoimintaan. Esimerkkinä tietoturvaratkaisuja toimittavista yrityksistä ovat F-Secure, Nixu ja Codenomicon. Toisena vertikaalisena alueena ovat operointi ja ylläpitopalvelut sekä integraattoripalvelut. Tällöin toimitukseen voi kuulua kokonaisuus, jossa yhdistyvät integroitu hallintajärjestelmä sisältäen teollisuusautomaation, turvallisuuden ja kulunvalvonnan. Toimijoita tässä kategoriassa ovat Outotec, Fortum, Wärtsilä, IBM, Honeywell, Siemens ja Schneider Electric.

Teollisen internetin teknologisia tarpeita ja ratkaisuja

Teollisen internetin yritysten tarpeet lähtevät liiketoiminnallisista näkökulmista, mutta liiketoiminta pohjautuu suureen määrään teknologioita.

Yritykset (vuonna 2014) näkevät teollisen internetin liittyvän vahvasti konekannan *etämonitoimintaan ja laitteistojen ennakoivaan huoltamiseen sekä korjaamiseen*. Seuraamalla reaaliaikaisesti esimerkiksi vaihteiston kuntoa, voidaan huolto ja korjaustoimenpiteet suunnitella etukäteen ja suorittaa tarpeen mukaan oikeaan aikaan. Näin vältetään turhia ja yllättäviä katkoksia koneen toiminnassa, mikä osaltaan lisää tehokkuutta. Kone voi myös diagnosoida oman tilansa ja viestiä sen eteenpäin. Asiaan liittyy myös resursointi; huolto vaatii usein henkilöresursseja, jotka voivat olla maantieteellisesti kaukana, joten ennakkoon sovitut huollot ja korjaukset auttavat parantamaan myös heidän työnsä tehokkuutta.

Prosessien mittaamisessa käytetään jo nyt suurta määrää antureita, mutta niitä halutaan lisätä, jotta mittaaminen olisi kattavampaa, tarkempaa ja luotettavampaa. Kun anturit voidaan laittaa kulkemaan prosessin mukana, mittaustieto saadaan prosessin sisältä, eikä esimerkiksi mahdollisesti tukkeentuneen ohivirtausputken kautta. Kaivoksilla voidaan käyttää jo nyt RFID-teknologiaan perustuvaa etäohjattavaa anturia, joka asennetaan räjäytysreikien yhteyteen, josta se matkaa malmimurskeen mukana prosessoitavaksi. Kun malmi viedään rikastettavaksi junalla toiselle paikkakunnalle, voidaan määränpäässä selvittää, mistä kohdasta kaivosta kyseinen malmi on peräisin.

Anturoinnin ulottaminen yhä haastavampiin kohteisiin luo tarpeen uusille mittausratkaisuille. Esimerkiksi kuumaa paineistettua öljyä sisältävän vaihteiston hammasrattaiden kuluminen seuranta vaatii uudenlaisia mittausten menetelmiä sekä erittäin kestävää elektroniikan pakkausta. Mittaustieto täytyy saada myös ulos hermeettisesti suljetusta metallisesta tilasta, mikä aiheuttaa radiokommunikaatiolle vakavia esteitä, joita nopeasti liikkuvien osien aiheuttama Doppler-ilmiö vielä pahentaa. Kun mitataan pyörivien akselien nopeuksia ja kiihtyvyyksiä, sensoreille ei ole välttämättä mahdollista viedä johdottamalla niiden tarvitsemaa virtaa. Tällöin ratkaisuna voivat olla energiaa keräävät sensorit tai tehon syöttäminen niille langattomasti (*wireless power transfer*). Anturit ja laboratoriomittauslaitteet sisältävät myös yhä enemmän ohjelmistoja, joten ohjelmistotestaus on tärkeä osa tuotteen kehitystä. Verkotetut anturit mahdollistavat myös niiden uudelleenohjelmoinnin verkon ylitse. Anturin toimintaa voidaan muuttaa luotettavammaksi tai jopa saada se mittaamaan uusia suureita, jos se elektroniikan puolesta on mahdollista.

Teollisuudessa käytössä olevista sensoreista saadaan jo nyt paljon dataa, mutta sen käsittely ja analyysi ovat usein puutteellisia. Vanha infrastruktuuri ei välttämättä mahdollista oleellistenkaan suureiden mittaamista. Esimerkiksi voi olla vaikea selvittää, kuinka paljon energiaa tietty laite tai tila kuluttaa, koska niihin ei ole alun perin asennettu antureita ja jälkikäteen

anturoinnin asentaminen olisi liian kallista hyötyyn nähden. Tarvitaan myös datafuusio, jossa tietoa kerätään monista sensoreista tuottaen tarkempaa tai aivan uutta tietoa prosesseista. Liääntyvä anturointi ja suuremmat mittaustaajuudet tuottavat valtavia määriä tietoa, mikä luo suuria haasteita datan siirtämiselle ja käsittelylle puhumattakaan sen analysoinnista. Esimerkiksi kaksi suihkumoottoria Boeing 787 koneessa tuottaa teratavun dataa päivässä [FASTCO 2014]. Tieto täytyy siirtää käsiteltäväksi muualle tai esikäsitellä sitä paikallisesti, jolloin eteenpäin välitettävän tiedon määrää voidaan vähentää. Tietoa voidaan myös luokitella sen kiireellisyyden ja tärkeyden mukaan. Esimerkiksi, kriittiset tiedot siirretään lähes reaaliajassa, mutta vähemmän tärkeät myöhemmin. Sensoroidun junan tapauksessa sen paikka, nopeus ja kiihtyvyys välitetään datakeskukseen solukoverkon ylitse ja junankuljettajaa voidaan ohjeistaa polttoainekulutuksen optimoimiseksi ottamalla huomioon tulevat maastonmuodot ja mäet. Junan saapuessa asemalle, siirretään suuri tietopaketti akseliston mittausdataa nopeaa paikallista langatonta Wifi-verkkoa hyödyntäen.

Tehtaat voidaan nähdä myös laivojen, junien, hissien ja koneiden tapaisina *laivastoina*. Tällöin ylhäältä päin katsottuna voi globaalisti olla tuhansia yksiköitä eri puolilla maailmaa, ja näissä miljoonia sensoreita. Tällöin tarvitaan useita tasoja hallitsemaan tätä kokonaisuutta. Pääkonttorin datakeskus kerää käyttötietoa, tekee historia-analyysiiä ja ohjeistaa suuria kokonaisuuksia. Paikallisesti tehty analyysi optimoi kyseisen tehtaan tai varaston käyttöastetta ja energiankulutusta.

Yksittäiset laitteetkin voivat verkottua keskenään ja optimoida toimintaansa keskenään reaaliajassa. Esimerkiksi sataman automaattiset trukit viestivät toisille sijaintinsa ja nopeutensa, jolloin törmäykset pystytään estämään edellyttäen että langaton verkko pystyy toimittamaan viestit perille riittävän pienellä viiveellä. Jatkossa näemme yhä useamman teollisuuden alan omaksuvan autonomisia toimintoja. Jo nyt on käytössä suuria satamia (Los Angeles, Singapore), joissa konttien käsittely tapahtuu täysin automaattisten ajoneuvojen toimesta ilman ihmistä.

Merkittävänä haasteena on se, kuinka olemassa oleva laitekanta ympäri maailmaa saadaan *etämonitoroinnin ja ohjauksen piiriin*. Koko tehdas voidaan viedä ”internetiin”, jolloin prosessia voidaan seurata ja ohjata etäältä, mikä vähentää paikallisen työvoiman tarvetta merkittävästi. Koska parhaat analyttikot tai prosessien optimoijat tuskin löytyvät yhdestä paikasta, voidaan etätoiminnan avulla hyödyntää parhaat resurssit paikasta riippumatta. Etämonitoroinnin kannalta koneet tai mittauslaitteet voivat olla hyvin eritasoisten tietoliikenneyhteyksien päässä. Siinä missä Euroopassa oleva tehdas on kuituyhteydessä internetiin, voi Aasiassa sijaitseva yksikkö olla lähes vailla yhteyttä ulkomaailmaan tai yhteyden nopeus on hyvin pieni. Satelliittiyhteys voi olla ainoa mahdollisuus liittää tehdas etämonitoroinnin piiriin. Tällöin tiedonsiirron määrä täytyy minimoida, jotta tiedon siirtämisen kustannukset pysyvät kohtuullisella tasolla. Etämonitoroinnin kannalta myös palomuurit aiheuttavat haasteita.

Tietojärjestelmät ja tietoturva ovat avainroolissa muutettaessa teollista internetiä liiketoiminnaksi. Sensorit, datan keruu ja analyysi pitäisi saada osaksi toiminnanohjaus- (ERP) ja automaatiojärjestelmiä, jotta reaaliaikaisesta tiedosta päästään reaaliaikaiseen liiketoiminnan dynamiikkaan. Uudet verkottuneet liiketoimintamallit vaativat myös, että useat toimijat pääsevät kiinni näihin järjestelmiin, jolloin luottamus ja tietoturva-aspektit täytyy olla hoidettuna asianmukaisella tavalla. Tietoturvaan liittyy muitakin kuin se, kuka pääsee tietoon käsiksi tai voiko joku hyödyntää esimerkiksi prosessiin liittyviä liikesalaisuuksia omiin tarkoituksiinsa.

Dataan täytyy pystyä myös luottamaan, ulkopuoliset eivät saa päästä muuttamaan sitä tai es-tämään sen kulkua.

Mitä jatkossa tapahtuu IoT- ja teollinen internet alueen teknologiakehityksessä? Suomen sata uutta mahdollisuutta -raportissa [Linturi 2013] on tunnistettu useita nousevia teknologiakon-septeja, jotka voivat olla relevantteja teollisen internetin näkökulmasta (kts. liitteet).

Case: Suunnittelutoiminnan kehittyminen

Suunnittelutoiminnan kehittäminen on keskeinen haaste suomalaiselle teollisuudelle. Tuotteet ovat usein isot ja monimutkaiset, sekä asiakaskohtaisesti räätälöidyt. Tämä koskee sekä monia teknolo-giateollisuuden toimialoja että rakennusteollisuutta. Suunnittelutoiminta on usein jopa globaalisesti hajautettu ja toimijoita on monella tasolla ja monelta alalta. Suunnittelutoiminnan tehostamiseksi pyritään välttämään päällekkäistä työtä eri vaiheissa ja eri tasoilla, luomaan uusia välineitä lähtötie-tojen keräämiseen, sekä löytämään uusia keinoja jalostaa suunnittelutiedon pohjalta toimintaa oh-jaavaa tietoa suunnittelua seuraavissa toiminnoissa. Suunnittelutoiminnan kehittämiseen kehitetään monenlaisia uusia teknologioita, joista muutama on kuvattu alla.

Yritysverkoston yhteinen 3D-tuotemalli

Telakka- ja rakennusteollisuus ovat esimerkkejä toimialoista, joilla haetaan ratkaisuja yhteisen tuo-temallin hyödyntämiseen suunnittelussa. Yhteisen tuotemallin avulla halutaan välttää päällekkäistä suunnittelutyötä sekä tästä työstä johtuvia suunnitteluvirheitä. Yhteisen tuotemallin rakentamiseen liittyy sekä teknisiä että yhteisiin toimintamalleihin liittyviä haasteita. Teollisen internetin tehokas soveltaminen edellyttää uusia ratkaisuja.

3D-skannaus

Suunnittelun lähtötietojen kartoittamiseen kehitetään mm. 3D-skannaukseen perustuvia välineitä. Laserskannauksella on työkaluna käytetty jo kauan esimerkiksi rakennus- ja telakkateollisuudessa ”as-built” tiedon dokumentointiin. Laivanrakennuksessa laseria on käytetty esimerkiksi laivan tilan todellisten mittojen selvittämiseen sisustussuunnittelua varten. Uusia 3D-skannauksen ratkaisuja haetaan nykyään mm. palveluliiketoiminnassa olemassa olevan konekannan tilan kartoittamiseen.

AR-teknologia

AR (augmented reality) teknologialla projisoidaan visuaalisesti digitaalista informaatiota reaali-maailman kuvan päälle. Tällä tavalla voidaan esimerkiksi antaa käyttäjälle ohjeita ja informaatiota tiettyä työtehtävää varten ilman, että hän siirtää huomionsa pois kohteesta. Teknologiaa testataan tällä hetkellä mm. erilaisten huoltotöiden ohjaamiseen. Tekniset haasteet AR-teknologian käyttämiseen liittyvät tällä hetkellä mm. tiedonsiirtoon ja käyttöliittymän ergonomiaan.

3D-tulostimet (ainetta lisäävät valmistusmenetelmät)

3D-tulostimien käyttö ei ole teollisuudelle uutta, mutta teknologia on kehittynyt ja käyttömahdolli-suudet laajenevat. 3D-tulostimia on käytetty suunnittelun apuvälineenä prototyyppien valmistami-seen osana tuotekehitysprosessia. Tänä päivänä tälle teknologialle haetaan roolia myös tuotannosta. Tulostimilla voidaan valmistaa monimutkaisia, usein monta vanhaa osaa korvaavia kappaleita. Tällä tavalla voidaan yksinkertaistaa tuotteiden rakennetta. 3D-tulostimia on kaavailtu käytettäväksi myös varaosien tulostamiseen lähellä asiakasta, jotta vältettäisiin isoja varaosavarastoja ja monimutkaisia logistisia ratkaisuja globaalissa palveluverkostossa.

4.3 Esteet ja hidasteet

Suomen vahvuus teollisen internetin periaatteiden soveltamisen kannalta on yleinen ICT-alueen teknologiaosaaminen. On kuitenkin oletettavaa, että teollisen internetin teknologia-alus-toihin liittyvän osaamisen, liiketoimintakyvykkyyden sekä prosessien osalta esiintyy myös merkittäviä puutteita.

Osaamispullonkaulat

Teollisilla yrityksillä on harvemmin laajaa asiantuntemusta koko teknologiapinon osalta. ICT-yrityksiltä taas puuttuu toimialan asiantuntemusta oikeiden ratkaisujen tunnistamiseksi. Tuoteliiketoiminnasta teollisen internetin palvelu- ja informaatioliiketoimintaan siirtyminen vaatii uusien liiketoimintamallien ja niihin liittyvien liiketoimintamenetelmien (esim. sisäisten ja ulkoisten prosessien kehittäminen, liiketoimintasopimukset) soveltamista. Vaikeutena ovat uusien liiketoimintamallien turvallisuuteen, sopimuksiin ja vastuisiin liittyvät esteet.

Verkottuneessa liiketoiminnassa oman liiketoiminnan turvaaminen koetaan haasteeksi. Miten vastuu jaetaan, kun dataa avataan yhteiseen ekosysteemiin, jossa on monta toimijaa saman prosessin äärellä. Sopimusmallit, luottamus ja tietoturva sekä mahdollisten ristiriitojen ratkaisumenetelmät korostuvat. Pitäisikö radikaaleja liiketoimintastrategioita pystyä testaamaan hallitusti ilman taloudellista riskiä ammattilaisten tukemana?

Kun siirrytään systeemitason portaikolla ylemmälle askelmalle, tarvitaan monipuolisempaa osaamista ja ymmärrystä asiakkaan ja asiakkaan prosesseista, jotta lisäarvon jalostaminen palvelu- ja informaatioliiketoiminnalla on mahdollista.

Teknologiapullonkaulat

Yhtenä pullonkaulana mainitaan eri yhteyksissä teknologia-alustojen (*platform*) kirjo ja sitä kautta yhteensopivuuden puute. Yrityksillä ovat käytössä omat *proprietary*-protokollansa; toisaalta suurten yritysten sekä PK-sektorin liiketoimintakulttuuri ja järjestelmäarkkitehtuuri poikkeavat toisistaan. Yrityksen tietojärjestelmät, kuten esimerkiksi ERP (*enterprise resource planning*), PLM (*product lifecycle management*) ja MES (*manufacturing execution system*) järjestelmät ovat vaikeita integroida ja käyttää. Miten nämä järjestelmät voivat toimia lähes reaaliaikaisessa toiminnassa teollisessa internetissä? Ollaanko valmiita ottamaan uusien toimijoiden avoimempia tietojärjestelmiä?

Internet on paras esimerkki tekniikan yhteensopivuuden voimasta. Sen avoin arkkitehtuuri on luonut laitteet ja sovellukset miljardien käyttäjien saataville ympäri maailman. Jotta tieto- ja viestintäteknologiasta saataisiin täysi hyöty, on laitteiden, sovellusten, tietokantojen, palveluiden ja verkkojen yhteentoimivuutta parannettava edelleen. Tähän liittyen käynnissä on pyrkimyksiä entistä parempaan standardisointiin ja standardien käytön edistämiseen. Tämän lisäksi on selvitettävä toimenpiteitä, joiden avulla merkittävät markkinatoimijat (erityisesti globaaleilla markkinoilla toimivat yritykset) voitaisiin saada lisensoimaan yhteensopivuustietoja, joka edistäisi samalla innovointia ja kilpailua.

Yritysten tuotteisiin ja valmistukseen liittyvän informaation hallinnan taso on yleisesti ottaen matala: järjestelmät ovat monenkirjavia SAPista Exceliin, niiden käyttö on puutteellista tai virheellistä, paljon informaatiota jää kirjaamatta formaaleihin järjestelmiin, informaatio ei siirry yrityksen omien yksiköiden välillä, investoinnit parempiin ratkaisuihin ovat vaikeita pe-

rustella ja usein ilman ”omistajaa”, jne. Uusien tietojärjestelmien käyttöönotot vaikuttavat ihmisten käyttäytymiseen ja motivaatioon – työtehtävien sisältö ja niissä tarvittavien osaamisten ja kyvykkyyksien muuttuminen on haaste.

Perinteistä liiketoimintamallia harjoittavien yritysten prosessit on optimoitu kyseiseen liiketoimintatapaan, jolloin polkuriippuvuus – vanhat toimintatavat ja rakenteet – ei anna sijaa uusille toimintamalleille.

Monet teollisen internetin sovellutukset edellyttävät erittäin nopeaa vasteaikaa ilmiön mittamisesta sen analysointiin, päätöksentekoon ja takaisin ilmiön ohjaamiseen. Tämän edellyttämä responsiivinen pilviteknologia kuuluu erityisesti myös Suomessa kehitteillä olevan 5G-teknologian keskeisiin tavoitteisiin.

4.4 Yhteiskunnan toimenpiteet

Yhteiskunnalla on monia mahdollisuuksia vaikuttaa kansakunnan ja yritysten selviytymiseen murroksiin liittyen.

Regulaatiolla on vahva merkitys kehitykseen. Nordisk Mobiltelefon eli NMT oli analogiateknologiaan perustuva ensimmäinen varsinainen mobiiliverkko ja edeltäjä nykyisille digitaalisille GSM/3G/4G verkoille. NMT syntyi Pohjoismaiden telehallintojen yhteistyönä, mikä edesauttoi merkittävästi verkon suosiota ja laajentumista Pohjoismaissa. Järjestelmän määritelmät olivat valmiita 70-luvun vaihteessa, ja ensimmäinen kaupallinen NMT-verkko avattiin 1981. Koska NMT-spesifikaatiot olivat avoimia ja ilman tekijänoikeusmaksuja, kuka tahansa saattoi valmistaa laitteita, mikä taas edesauttoi kilpailua ja sitä kautta laitteiden hinnat laskivat. Regulaatio näytteli myös tärkeää osaa. Radioverkolle valittiin taajuusalueeksi 450 MHz, jota myöhemmin laajennettiin myös 900 MHz alueelle kysynnän lisääntyttä.

Tunnettuja esimerkkejä EU-regulaation vaikutuksesta markkinoihin ovat älykkäiden sähkömittarien (*smart meters*) yleistyminen ja eCall-palvelu, jossa onnettomuuteen joutunut auto ottaa itse yhteyden lähimpään 112-hätäkeskukseen ja ilmoittaa onnettomuuspaikan ja muut tärkeät tiedot. Järjestelmää tukevia autoja odotetaan saapuvan markkinoille vuoden 2017 lopulla. Autonvalmistajilla on myös jo nyt tarjolla vastaavia, valmistajakohtaisia hälytysjärjestelmiä.

Yhdysvalloissa havahduttiin jo 2000-luvun puolessa välissä seuraavan vuosikymmenen sisällä hämmöttävään internetin IPv4-osoitteiden loppumiseen. Tämän ongelman ratkaiseva huomattavasti suuremman osoitemäärän sisältävä IPv6-standardi oli jo tuolloin olemassa, mutta yritysten halukkuus hankkia kyseistä protokollaa tukevia laitteita oli laimeaa. Jotta markkina tässä aiheessa avautuisi ja koko internetin siirtyminen IPv6 aikakauteen tapahtuisi sujuvasti, Yhdysvaltain hallinto asetti tavoitteekseen sen alaisten yksiköiden siirtymisen asteittain käyttämään IPv6-protokollaa tukevia laitteita vuoteen 2014 mennessä. Siirtyminen ei ole kuitenkaan tapahtunut ongelmitta, ja levinneisyys oli 38 % vuonna 2012 johtuen teknologisista ja rahoituksellisista haasteista [USIPv6].

Regulaation kautta tapahtuvat muutokset markkinoissa ovat ainakin näiden esimerkkien valossa hitaita prosesseja. Polku ohjeistuksen määrittelystä siihen, että näitä vastaavat tuotteet ovat markkinoilla tai laajasti käytössä, vie kymmenestä kahteenkymmeneen vuoteen.

Euroopan digitaalistrategia käynnistettiin toukokuussa 2010. Sen tavoitteena on antaa Euroopan taloudelle uusi alkusysäys ja auttaa kansalaisia ja yrityksiä saamaan digiteknologias- ta paras mahdollinen hyöty. Digitaalistrategian laadinnan yhteydessä komissio on tarkastellut myös eurooppalaiseen kehitykseen liittyviä vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uh- kia, joista poimintoja on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4 Eurooppalaisen digitaalistrategian SWOT-analyysi – poimintoja teollisen internetin näkökulmasta

<i>Vahvuudet</i>	<i>Heikkoudet</i>
– Eurooppalaiset toimijat edelläkävijämarkki- noilla (3G/LTE, SW) ja arvoverkostoon kuuluvat SME:t – Ohjelmistoliiketoiminta on kasvava sektori ja tarjoaa hyvin palkattua työtä – Internet- ja pilvipalvelut on nouseva trendi – Eurooppalaisilla toimijoilla vahva asema mm. sulautettujen ja teollisten ohjelmisto- jen alueella – Vahva eurooppalainen kokemus & tietämys käyttäjakeskeisestä innovaatiosta (Living Labs, Smart Cities) – Korkeasti koulutettu työvoima – Eurooppalainen tutkimusjärjestelmä – Standardisoinnin kulttuuri – Laajamittakaavaiset testausmahdollisuudet	– Johtava asema internetin ja digitaalisten palveluiden alueella puuttuu – Eurooppalaiset markkinat fragmentoituneet ja kansalliset kotimarkkinat pieniä – Riittämätön investointi verkkoihin – Hintakilpailukyky, lyhytjänteisyys – Sääntelyjärjestelmää (Regulatory framework) ei hyödynnetä teollisuuspolitiikan välineenä – Julkisia hankintoja ei hyödynnetä riittävästi – Ohjelmistoja ja palveluita ei mielletä mahdollistaviksi avainteknologioiksi – Yhteiskehittäminen loppukäyttäjien kanssa vähäistä
<i>Mahdollisuudet</i>	<i>Uhat</i>
– Kasuvat eurooppalaiset ja globaalit markkinat – Uudet käyttömahdollisuudet/sovellukset (pilvipalvelut, IoT,...) markkinoiden ajurina; pilvipalvelut avaavat uusia mahdollisuuksia (SaaS, PaaS, IaaS) – Kasuvat vaatimukset kohti vihreää, vähä- päästöistä verkkoa – Avoimet verkot, innovaatioinfrastruktuuri – Tuodaan yhteen pilvilaskenta, Big Data, analytiikka, IoT ja M2M; kriittiset teollisuu- den sovellukset – Yhteistyö ekosysteemeissä, erityisesti SME:n kanssa – Kaupungit ja alueet tarjoavat kanavan tuottaa digitaalisia innovaatioita	– Kehittyvät maat tuottavat kilpailevia, vaihto- ehtoisia ratkaisuja – Internetin toimijat siirtyvät verkkoon – Digitaalisen yhteismarkkinan fragmentoitu- minen johtaa siihen, että seuraavat verkko- standardit eivät ole enää EU-laajuisia; huono yhteentoimivuus – Ei-eurooppalaiset toimijat kontrolloivat kokonaisia arvoketjuja – Internetin kehitys johtaa suljettuihin ratkaisuihin ("Walled gardens") – Ohjelmistoista tulee kulutustavaraa ("consumerisation") – Esteet tietämyksen ja immateriaalioikeuksien jakamiselle – "Yksi koko sopii kaikille" ratkaisuihin pakottaminen

Digitaaliagendan ehdottamien toimenpiteiden avulla tunnistettuja mahdollisuuksia pyritään hyödyntämään luomalla digitaalitalouteen itseään ruokkiva suotuisa kierre, jossa keskeisenä tehtävänä on luoda houkutteleva sisältö ja palvelut yhteensopivassa ja rajattomassa internet-ympäristössä. Tämä kasvattaa suurempien siirtonopeuksien ja kapasiteetin kysyntää, mikä luo taloudelliset edellytykset investoinneille. EU:n ohjelmissa aiotaankin tukea teollisuuden aloitteita standardien ja avoimien alustojen luomiseksi uusille tuotteille ja palveluille mukaan lukien esineiden internet (IoT). (http://europa.eu/pol/pdf/flipbook/fi/digital_agenda_fi.pdf).

Osana näitä toimia Euroopan komissio järjesti julkisen kuulemismahdollisuuden esineiden internetin (IoT) hallinnasta vuoden 2012 toisen neljänneksen aikana. Kuulemisen jälkeen komission nimeämä asiantuntijaryhmä analysoi saatuja vastauksia ja pyrki tuottamaan IoT:n arkkitehtuuriin, eettisiin haasteisiin, hallintaan, kohteiden nimeämiseen sekä yksityisyyteen ja tietoturvaan liittyvistä politiikkapohdintoja ja -suosituksia. Useimmista keskeisistä kysymyksistä ei kuitenkaan saavutettu yksimielisyyttä, merkittävimpänä IoT:n hallinta-arkkitehtuuri, josta työryhmä joutui toteamaan, että *”In the absence of a clear definition of the Internet of Things the group was unable to agree on any definition what IoT Governance could and should be.”* Myös muiden teemojen osalta näkemykset IoT:n esiin nostamiin politiikkakysymyksiin vastaamisesta ja erityisesti julkisten interventioiden sopivasta alueesta jakautuivat. Siten koko raportin loppupäätelmä toteaa, että *”There is no consensus on the need for and the scope of public intervention in the field of IoT.”*

5 Edelläkävijät

Tämä luku tarkastelee teollisen internetin edelläkävijöitä sekä maittain että keskeisten toimijoiden osalta.

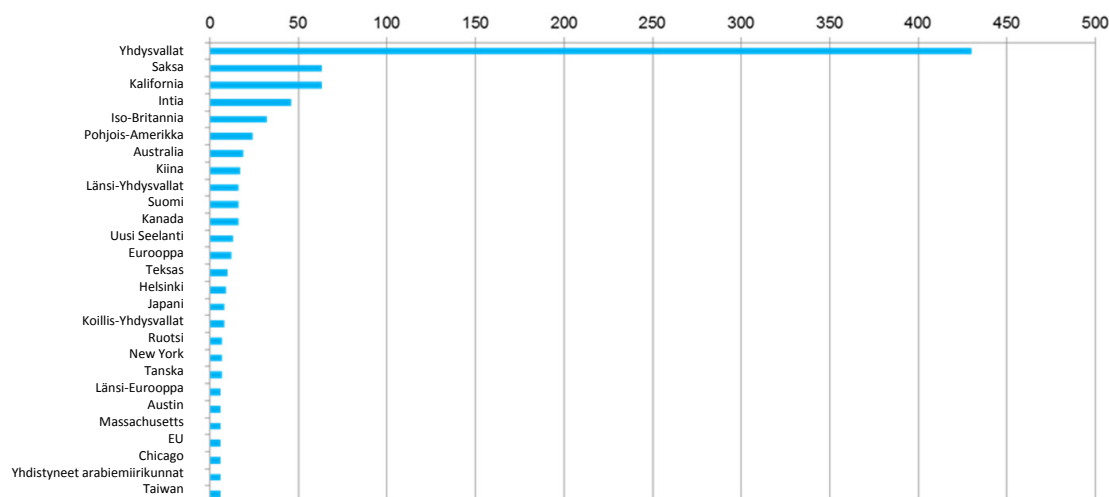
5.1 Maat

Teollisen internetin edelläkävijöitä voidaan tunnistaa mm. näiden aikaansaaman impaktin, julkistusten, uusien tuotteiden, yrityskauppojen tai julkisuuden perusteella. Kuvio 16 esittää alueittain viimeisen 12 kuukauden (10/2013–10/2014) aikana julkisuudessa olleiden ”industrial internet” termin omaavien uutisten maat tai alueet. Listan kärjessä ovat ylivoimaisesti USA ja Saksa, jotka ovat aiheen tunnetuimmat edelläkävijät. Huomattavaa on, että Suomi esiintyy tässä yhteydessä Australian, Kiinan ja Kanadan tasolla, vaikka sen markkina on huomattavasti verrokkimaita pienempi.

Vastaavasti, näissä uutisissa mainitut yritykset ovat useimmiten lähtöisin USA:sta kuten GE Healthcare, Intel Corporation, Cisco Systems, Google, Apple ja Echelon tai Saksasta kuten Siemens, S&T AG ja Software AG. Edelläkävijämaita tunnistettaessa on otettava myös huomioon termistön erilaisuus. Siinä missä teollinen internet profiloituu USA:han ja Saksaan, toiset maat kuten Korea ovat edistäneet älykkäiden laitteiden ja tietoliikenteen kehitystä Internet-of-Things -termiä käyttäen.

Seuraavaksi käsittelemme lähemmin merkittävimpiä teollisen internetin edelläkävijöitä USA:ta, Saksaa sekä Euroopan unionia. IoT-edelläkävijöistä esimerkkinä käytämme Koreaa.

Kuvio 16 Alueet tai maat, jotka on mainittu ”industrial internet” uutisten yhteydessä 10/2013–10/2014



Lähde: VTT BI, Dow Jones Factiva, joka kerää uutisia 36 000 lähteestä ympäri maailman.

USA

Yhdysvallat on teollisen internetin johtava maa. Ehkä voisi puhua jopa teollisen internetin suurvallasta. USA:n IoT-markkinan kooksi on arvioitu vuonna 2013 49,61 mrd. USD. Vuoteen 2020 markkinan arvioidaan olevan 78,27 mrd. USD. Vastaavat luvut EU:n alueella ovat 40,62 mrd. USD ja 64,97 mrd. USD [Markets and Markets 2014].

Teollisen internetin kehitystä vievät globaalisti eteenpäin useat amerikkalaiset suuryritykset. Useimmat tietotekniikka-alan globaalit jätit pitävät pääkonttoriaan tai toimivat laajasti Yhdysvalloissa. Teollisen internetin osalta näistä yrityksistä erityisen kiinnostavia ovat General Electroc (GE), IBM, Cisco Systems, Broadcom, Freescale Semiconductors, Intel ja Rockwell Automation. Vahvojen teknologia-alan suuryritysten lisäksi USA:n vahvuuksiin voidaan lukea vahva start-up -kulttuuri ja perinne. Huomattava osa näkyvimmistä start-up-yrityksistä myös IoT-alalla on amerikkalainen. Start-up-kulttuuria edesauttaa suuri kotimarkkina, työmarkkinoiden dynamiikka, riskirahoituksen mahdollisuudet ja yrittämistä suosiva kulttuuri.

Tutkimuksessa USA:n vahvuutena ovat toisaalta huippu-yliopistot, kuten MIT, Stanford ja Berkeley, joilla on vahvat perinteet ja kyky tuottaa soveltavan tutkimuksen keinoin innovaatioita, jotka löytävät tiensä markkinoille edistämään teollisuuden ja talouden kilpailukykyä. Toinen varteenotettava tutkimusta edistävä tekijä on ulkomaisten opiskelijoiden ja tutkijoiden pyrkiminen amerikkalaisiin yliopistoihin erityisesti jatkotutkintoja suorittamaan. On esitetty, että amerikkalaisiin yliopistoihin hakeutuu ikäluokistaan paras mahdollinen opiskelija-aines kaikkialta maailmasta. Nämä opiskelijat ja tutkijat on taloudelle erittäin vahva resurssi.

Saksa

Saksan insinööritieteiden akatemia Acatech julkaisi huhtikuussa 2013 loppuraporttinsa strategisesta aloitteesta ”Industrie 4.0” [Industrie 4.0]. Tällä nimellä haluttiin ilmaista, että tie-

to- ja viestintätekniiikan soveltaminen teollisuudessa on siirtymässä uuteen vaiheeseen, jota voidaan pitää seuraavana teollisena vallankumouksena. Sisällön osalta saksalainen hahmotus muistuttaa GE:n Industrial Internet -aloitetta, joskin se korostaa teollisuuslaitoksista ja niiden alihankkijoista koostuvan arvoverkoston yhteistoimintaa ja eritasoisten tuotantojärjestelmien autonomisuutta. Hanke käynnistettiin loppuvuodesta 2013. Sen suunniteltu julkinen rahoitus on noin 200 M€.

Keskeisiä toimijoita ovat suuret teollisuusyritykset ja niiden alihankkijat kuten Siemens, BMW, ABB ja Bosch sekä teollisuuden sovellutuksiin suuntautuneet tutkimuslaitokset ja yliopistot kuten Fraunhofer-Gesellschaft, DFKI, Aachenin yliopisto ja Münchenin teknillinen yliopisto.

Saksassa valmistavan teollisuuden asema on merkittävä sekä BKT:n ja työllisyyden että viennin näkökulmasta. Saksa on maailman toiseksi merkittävin vientimaa, joten valmistavan teollisuuden tuotannon kansainvälisen kilpailukyvyn varmistaminen on keskeinen kansallinen tavoite. Teollisuudessa digitalisaatio nähdään peruuttamattomana muutoksena, johon on syytä mennä mukaan ja pyrkiä vaikuttamaan kehitykseen.

Koska Saksassa on vahva IT, automaatio- ja sulautettujen järjestelmien osaaminen, useat tunnetut ja isot automaatioalan yritykset kuten Siemens, Bosch Rexroth, Pilz ja Festo kehittävät voimallisesti käytännön ratkaisuja. Pk-sektorin toimijoiden osalta liikkeellelähtö on kuitenkin hidasta. Suurimmat ratkaistavat kysymykset liittyvät tietosuojaan, muutoksen rahoittamiseen, nykyisten käytäntöjen muuttamiseen ja teknologioiden kypsytyteen sekä puuttuviin yhteisiin normeihin ja standardeihin.

Siirtyminen uuteen teknologiaan ja toimintatapoihin vaatii investointeja, joten muutokseen liittyvää riskiä pyritään Saksassa pienentämään tarjoamalla yrityksille testausympäristöjä. Tällainen testausympäristö on mm. Aachenissa (RWTH Aachen), jossa voidaan pilotoida tuotantomalleja oikean pienen mittakaavan tuotannon avulla. Tutkimuslaitokset ja isot yritykset ovat edelläkävijöitä. Käynnissä on myös iso joukko hallituksen ja osavaltioiden tukemia R&D-, yhteistyö- ja klusterihankkeita, joiden erityisenä tavoitteena on saada saksalaisen teollisuuden kannalta keskeiset pk-sektorin yritykset uudistumaan.

Korea

Etelä-Korea on yksi maailman kehittyneimmistä tietoyhteiskunnista ja hyvin edistysellinen Internet-of-Thingsin teknologioiden hyödyntäjä. Sen vahvuusalueet ovat erityisesti uuden teknologian nopea käyttöönotto sisältäen mm. mobiilipalvelut, laajalle levinnyt 4G-verkko ja sitä tukeva hyvin korkea älypuhelinlaitteiden laitekanta, Smart cities sekä vahva panostus tutkimukseen ja kehitykseen. Kehitystä ohjaavat valtion viisivuotissuunnitelmat, jotka yhdessä vahvan yrityskannan, tutkimuksen ja kovan työnteon ja asenteen kanssa ovat pitäneet huolta Korean kehityksestä viimeisen 20 vuoden ajan.

Teollisuuden vahvoja IoT-vetureita ovat Samsung Electronics (puhelimet, tabletit), LG (puhelimet, kodin viihde-elektroniikka), Hyundai Motors (mm. autot, autojen navigointi- ja muut palveluratkaisut), Hyundai Engineering & Construction ja Samsung Construction & Technology (älykäs liikenne, mm. moottoritiet). IoT-ratkaisut ovat kuitenkin pääosin keskittyneet kullekin toimialalle, eikä Industrial Internet tyyppisiä vahvasti ICT:tä ja elektroniikkaa eri toimialoilla hyödyntäviä ratkaisuja ole esim. raskaamman teollisuuden piirissä esitelty, vaikka suuret yrityskonsernit mahdollistaisivat sen kohtuullisen helposti. Yritykset pyrkivät enem-

män parantamaan ja kehittämään olemassa olevia tuotteitaan kuin hakemaan aivan uudenlaisia ratkaisuja ja luomaan asiakastarvetta. Tällä hetkellä on käynnissä vahva PK-yrityskentän tukeminen, jonka kautta uusien, mm. teollisen internetin tuotteiden kehitys voisi saada uutta vauhtia.

Tutkimuksessa Electronics and Telecommunication Research Institute (ETRI) ja yliopistoista Seoul National University, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) sekä Yonsei University ovat tunnetuimpia. Vuonna 2011 maa käytti tutkimukseen ja kehitykseen 59,89 miljardia dollaria ja oli USA:n, Kiinan, Japanin ja Saksan jälkeen maailman viidenneksi suurin T&K-sijoituksellaan. Korea investoi vuonna 2012 4,36 % BKT:sta tutkimukseen ja kehitykseen. Suuren osuuden selittävät suuryritysten valtavat panostukset tuotekehitykseen. IoT-tutkimusta rahoittaa pääosin Ministry for Science, ICT and future planning (MSIP), jonka rahoituksen National IT Industry Promotion Agency (NIPA) ja Korea Internet Security Agency (KISA) rahoitusorganisaatiot jakavat edelleen hankkeina. Tulevana vuonna MSIP panostaa IoT-teollisuuden tietoturvaan 102 miljoonaa euroa (140 miljardia wonia), joka siis nähdään hyvin tärkeäksi tulevaisuuden kannalta.

Kiina, Venäjä

Teollinen internet ei ole vielä (elokuu 2014) Kiinassa noussut suureen tietoisuuteen, mutta tämän suuntaista osaamista löytyy muun muassa kehittyneissä kaupungeissa arkkitehtuurin, kaupunkisuunnittelun, älykkään liikenteen ja Cleantechin osalta. Valtaosa Kiinan kaupungeista ja teollisuudesta perustuu vielä vanhakantaiseen ajatteluun ja teknologiaan, mutta toisaalta sillä on mahdollisuus tehdä hyppy suoraan älykkääseen valmistamiseen ja päästä teollisen internetin edelläkävijäksi. Elintason parantuessa ovat myös tuotantokustannukset nousseet ja asettaneet Kiinan haastavampaan kilpailuasetelmaan halvemman tuotannon maiden suhteen. Teollisuuden automatisoinnin ja robottien käytön lisääminen laskisi tuotantokustannuksia ja parantaisi kilpailuedellytyksiä.

Venäjällä valtio on perustanut ohjelman edesauttamaan maan teollisuuden teknologista kehitystä ja kilpailukykyä tähdäten vuoteen 2020. Ohjelma pyrkii parantamaan työnteon tuottavuutta erityisesti tietoon liittyvien teknologioiden avulla kuten robotiikka, 3D-mallinnus ja tulostaminen. Finwatch raportin arvion mukaan Saksan mallin mukainen Industry 4.0 voisi olla käytössä Venäjällä aikaisintaan 2020 alkaen. Tarkemmat maakohtaiset tiedot löytyvät Tekes Team Finland Finwatch aineistoista [TekesFW].

EU

Euroopan digitaalistrategia käynnistettiin toukokuussa 2010 ensimmäisenä Eurooppa 2020 -strategian lippulaivahankkeesta. Sen tavoitteena on antaa Euroopan taloudelle uusi kasvusäys ja auttaa kansalaisia ja yrityksiä saamaan digiteknologiasta paras mahdollinen hyöty. Digitaalitalous kasvaa seitsemän kertaa nopeammin kuin Euroopan muu talous, ja onkin arvioitu, että digitaalistrategian täysimääräinen täytäntöönpano kasvattaisi Euroopan bruttokansantuotetta seuraavien kahdeksan vuoden aikana viisi prosenttia. Arvio perustuu siihen, että strategian avulla voidaan lisätä tieto- ja viestintäteknologiaan tehtäviä investointeja, parantaa ICT taitoja, mahdollistaa innovointi julkisella sektorilla ja uudistaa internetitalouden toimintapuitteet.

Euroopan haasteena ovat fragmentoituneet markkinat, esim. yksikään teleoperaattori ei toimi koko EU:n alueella. Samoin useat merkittävät ICT-alan toimijat kuten Google, Apple ja Cisco

ovat ei-eurooppalaisia yrityksiä. Euroopan alueella on kuitenkin merkittäviä kansallisia aloitteita (kuten saksalaisten Industrie 4.0) ja vahvoja globaaleilla markkinoilla toimivia yrityksiä kuten Siemens, Ericsson, EADS ja Bosch sekä autoteollisuus tunnettuine merkkeineen. Euroopassa on myös investoitu vahvasti teollisen internetin T&K-toimintaan erityisesti sulautettuihin ja älykkäisiin järjestelmiin (CPS), verkkoteknologioihin, semanttiseen yhteentoimivuuteen, alustoihin ja tietoturvaan. Tutkimuksen odotetaan nyt ruokkivan innovaatioita ja tuovan uusia tuotteita markkinoille.

Useat EU:n ohjelmat ja aloitteet ovat relevantteja teollisen internetin kannalta, joskin tällä hetkellä EU:n ohjelmat eivät erityisen hyvin tunnista teollisen internetin koko merkitystä.

Factories of the Future (FoF, http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-future_en.html) -ohjelma on organisoitu ns. contractual public-private partnership (PPP) muotoon. Sen työohjelman valmistelusta vastaa teollisuusjärjestö *European Factories of the Future Research Association* (EFFRA, <http://www.effra.eu>). Nykyinen työohjelma kattaa laajan kirjon valmistustekniikan alueita, joiden joukosta teollista internetiä sivuavat lähimminkin teemat *Adaptive and smart manufacturing systems* ja *Digital, virtual and resource-efficient factories*. Valmistavan teollisuuden tuotteiden digitalisointi ei kuitenkaan kuulu FoF:n piiriin.

Future Internet PPP (FI-PPP, <http://www.fi-ppp.eu>) on vastaavasti suuntautunut internet-teknologiaan. Sen työohjelma koostuu laveasta teknologia-alustahankkeesta ja joukosta toimialakohtaisia sovellutuksiin ja innovaatioalustojen rakentamiseen suuntautuneita hankkeita. Pian päättyvä toimialahanke FITMAN on suunnattu yhteisen teknologia-alustan sovellutuksiin valmistavassa teollisuudessa. Hankkeen *Incubating Internet Innovation Hubs* (I3H) rakentaa EU-laajuisen verkoston yhteisen teknologia-alustan pilotointilaboratorioita, joista ainakin osa tullaan suuntaamaan teollisiin sovellutuksiin.

Euroopan teknologiainstituutti EIT:n tietotekniikkayksikkö EIT ICT Labsin (<http://www.eitictlabs.eu>) ohjelma Cyber-Physical Systems (CPS) toimii läheisessä yhteistyössä Saksan Industrie 4.0 -kärkiohjelman kanssa ja käytännössä sen EU-tasoisena laajennuksena. Vuonna 2015 käynnistetty kolmivuotinen CPS High Impact Initiative -projekti tulee perustamaan joukon testialustoja eri Euroopan maihin, joissa Industrie 4.0 -teknologioita pyritään siirtämään erityisesti SME-yritysten käyttöön. Ensimmäiset pilottialustat rakennetaan Italiaan ja Ranskaan. Suomesta hankkeeseen osallistuu Aalto-yliopisto, jonka tavoitteena on saada pilottialusta Otaniemen kampukselle vuonna 2016.

EIT tulee perustamaan myös valmistavaan teollisuuteen suuntautuneen yksikön vuonna 2016 pidettävän avoimen haun perusteella. FIMECC Oy:n vetämä suomalaisia osapuolia edustava valmisteluryhmä on osallistunut aktiivisesti konsortioon, joka valmistelee hakemusta tähän hakuun.

5.2 Alustat

Industrial internet visiossa tieto on yhteensopivasti siirrettävissä eri teknologioiden ja järjestelmien ylitse. Tämän mahdollistamiseksi tarvitaan standardeja ja alustoja, jotka liimaavat yhteen aiemmin toisistaan erossa olleet järjestelmät ja laitteet. Vuoden 2014 keväällä oli olemassa noin 50 erilaista alustaa tässä aihepiirissä. Alustojen määrä näyttää olevan vielä lisääntymässä tästä määrästä.

Markkinoilla on jo nyt useita Internet-of-Things ja Machine-to-Machine (M2M) alustoja. Niiden avulla yhdistetään erillisiä järjestelmiä ja laitteita, ohjataan prosesseja, prosessoidaan ja analysoidaan tietoa sekä visualisoidaan sitä. Tietoturva on oleellinen osa näitä alustoja. Eräitä tunnettuja yritysten toimittamia alustoja ovat Microsoftin Azure sekä Axeda, Thingworks ja Oraclen alustat. Myös tutkimuslaitoksilla ja yliopistoilla on omia, tyypillisesti avoimeen koodiin perustuvia alustojaan. Alustoja kehitetään myös EU-tutkimushankkeissa. Myös Suomalaisilla yrityksillä on omia alustojaan. Syy alustojen moninaisuuteen liittyy niiden käyttötarkoitukseen ja tarpeiden painotukseen. Siinä missä yksi alusta keskittyy kytkemään yhteen eri puolilla maailmaa olevat laitteet, toinen alusta on tarkoitettu liittämään erillisiä IT-järjestelmiä toisiinsa tai analysoimaan tietoa pilvessä.

Mikä sitten on se voittava alusta, johon yritysten kannattaisi nyt siirtyä? Tähän paljon esitettyyn kysymykseen ei ole vielä vastausta. Todennäköistä on se, että eri alustat keräävät ympärilleen omat käyttäjänsä ja ekosysteeminsä. Osa näistä kasvaa, osa ei jättäen jäljelle muuttaman merkittävimmän alustan, joista tulee de facto -standardeja. Teollinen internet on tällöin alustan käyttäjäpoolinsa sisällä jossain määrin yhteensopiva, mutta ei toisten alustojen kanssa. Tällä kehityspolulla myös yritysten ohjaamilla teollisuusfoorumeilla kuten Internet-of-Things Consortium, Industrial Internet Consortium ja Suomessa Finnish Industrial Internet Forumilla on oma vaikutuksensa.

5.3 Yritykset

Teollisen internetin globaaleista edelläkävijöistä esiin nousevat erityisesti General Electric, Cisco, Google, Apple, Siemens, Schneider, SAP, IBM, Samsung, Huawei ja Ericsson. Yritysten strateginen positiointi poikkeaa kuitenkin merkittävästi toisistaan.

Industrie 4.0 puitteissa toiminta keskittyy vahvasti teollisten alihankintaketjujen yhteentoimivuuden ja tehokkuuden parantamiseen. Tässä yhteistoiminnan mallin kehittäminen ja pelisääntöjen laatiminen tehdään yhteistyössä veturiyritysten (Siemens, Schneider,...) kesken.

Industrial Internet Consortiumin toiminta-alue on valmistavaa teollisuutta laajempi ja omaa voimakkaan painotuksen myös kuluttajille suunnattuihin tuotteisiin ja palveluihin. Yhteistoiminnan mallia ja pelisääntöjä muokataan laaja-alaisen ja arvontuotannon eri tasoilla toimivien yritysten toimesta (GE, IBM, Cisco, Samsung,...).

GE kehittää useille eri teollisuuden aloille teknologiaratkaisuja, joilla se pyrkii suorituskyvyn parantamiseen sekä energian kulutuksen vähentämiseen. Cisco pyrkii kehittämään verkkoratkaisujen päälle data-analytiikkaa ja toimialakohtaisia sovelluksia. Broadcom kehittää ratkaisuja langattomiin ja kiinteisiin verkkoihin. Teollisen internetin osalta IBM on erityisen vahva datan analytiikkaratkaisuissa, pilvipalveluissa ja informaation hallinnassa.

Apple ja Google luottavat oman ekosysteeminsä voimaan, vaikka ekosysteemien dynamiikat näidenkin osalta poikkeavat osin toisistaan. Yhteistoiminnan malli ja pelisäännöt tulevat pääosin annettuina ekosysteemin johtavalta yritykseltä.

Kiinnostus teolliseen internettiin on kasvanut myös Suomessa, ja yritykset ovat lähteneet toteuttamaan teollisen internetin kyvykkyyksiä eri tasoilla. Toimijoiden joukko kasvaa koko

ajan, mutta suurista yrityksistä teollisen internetin merkityksen puolestapuhujana eniten esillä on ollut Konecranes. Lähestymiskulma on kuitenkin ollut pääosin yrityksen sisäinen ja linkit kansainväliseen kehitykseen vasta muotoutumassa. Potentiaalia suomalaisilla yrityksillä on runsaasti, kunhan sopiva malli kansainväliseen yhteistyöhön löydetään.

6 Suomalainen näkökulma teollisesta internetistä

Sekä General Electricin hahmottama teollinen internet että saksalainen Industrie 4.0 -hanke rakentuvat teollisen valmistuksen näköalan pohjalle: ensisijaisesti on kyse digitalisaation voimakkaasta soveltamisesta tehtaiden yksittäisiin laitteisiin, tuotantolinjoihin ja kokonaisiin tehtaisiin, tavoitteena saada merkittäviä hyötyjä mm. energian kulutuksen, parantuneen materiaalihokkuuden ja kasvaneen joustavuuden muodossa. Valmistusta koskevan tiedon kerääminen, jalostaminen informaatioksi, ja soveltaminen paremman päätöksenteon tukena ovat kummankin vision keskiössä.

Miten Suomen ja suomalaisen teollisuuden kannattaisi asemoida itsensä teollisen internetin osalta?

On ilmeistä, että myös suomalainen teollinen internet rakentuu teknologisessa mielessä samojen elementtien varaan kuin GE:n tai saksalaisten hahmotus: sensorit ja aktuaattorit, paikallinen äly, tietoliikenne, pilviteknologia, analytiikka ja siihen nojaava päätöksenteko. Voimme myös olettaa, että tämä teknologiapino on suurimmalta osin suomalaisten toimijoiden käytettävissä, varsinkin jos pyrimme läheiseen yhteistyöhön niitä kehittävien osapuolten kanssa. Samalla voidaan perustellusti toivoa, että näiden teknologia-alueiden suomalainen osaaminen saa uusia kasvumahdollisuuksia, jos ja kun se saadaan osaksi muodostuvaa yleistä teollisen internetin teknologia-alustaa. Esimerkkejä tällaisista alueista ovat sensoriteknologiat, langattomat tehdasverkot ja pilvianalytiikka sekä kaikkien näiden poikki kulkeva tietoturvateknologia.

Näkemyksemme mukaan Suomen kuitenkin kannattaa etsiä näille kansainvälisille hahmotuksille komplementaarinen, meidän omista tarpeistamme ja osaamisistamme kumpuava tulo-kulma. Lähtökohtana tällaiselle asemoinnille tulisi olla realistinen kuva valmistavan teollisuutemme nykyisestä posititiosta ja edessä odottavista haasteista. Suomen kilpailuedun pitäisi rakentua helposti yhdisteltävän korkeatasoisen osaamisen perustalle. Oiva tavoite on hakea erilaisia ja erilaatuisia mittakaavaetuja maailmalta, omaksua nämä, kehittää ja integroida ne

Kempin hitsauksen laadunhallintajärjestelmä ja palvelut

Kemppi Oy:n kehittämä ArcQuality on hitsauksen laadunhallintajärjestelmä, jolla varmistetaan, että hitsaustyö tehdään hitsausohjeen mukaisesti. Tähän asti valvonta on tapahtunut vain pistokokein, mutta uuden järjestelmän avulla varmistetaan nopeasti hitsaajan pätevyyksien voimassa oloa sekä kontoroloidaan automaattisesti hitsauksen sujuminen ohjeiden mukaisesti. ArcQuality-järjestelmä raportoi poikkemia automaattisesti ja tosiaikaisesti. Se ennakoii myös konehuollot ja kerää tietoa hitsikohtaista jäljitettävyyttä varten. ArcQuality-järjestelmää voidaan käyttää erillisenä tai integroituna esimerkiksi yrityksen käytössä olevaan ylläpito-ohjelmaan. Järjestelmä kommunikoi wlan-verkon ja antaa reaaliaikaiset raportit www-käyttöliittymän kautta.

suomalaisella sisulla sekä saada täten aikaan kansainvälisesti kilpailukykyisiä ja ainutlaatuisia tuotteita ja palveluita.

Tämän pohjalta katsomme, että suomalaisen teollisen internetin lähestymistavan tulisi painottaa ennen muuta teollisten yritysten liiketoiminnan kehittämistä teollisen internetin teknologioiden ja menetelmien pohjalta siten, että ne voivat hakea uusia liiketoimintamahdollisuuksia asiakkaiden tarpeita vastaavien kokonaisjärjestelmien ja ratkaisujen toimittajina ja operaattoreina. Toimitettujen laitteiden ja ratkaisujen käyttöä kuvaavan tiedon kerääminen ja siitä jalostetun informaation soveltaminen koko elinkaaren kattavien lisäarvopalvelujen tuottamiseen on silloin yksi avaintekijöistä. Tiedon jakamisella eri toimijoiden kesken on myös suuri merkitys.

Suomalaisen lähestymistavan tulisi myös painottaa yritysten liiketoiminnan ja kilpailukykyyn kehittämistä synnyttämällä asiakkaiden, käyttäjien ja kuluttajien tunnistettuja ja vielä tunnistamattomiakin tarpeita vastaavia uusia tuoteominaisuuksia teollisen internetin teknologioiden ja varsinkin ”tuotepilvi”-ajattelun avulla. Tässäkin tuotteiden käyttöä koskevan tiedon hyödyntäminen nousee ratkaisevaan asemaan, käyttäjiltä ja kuluttajilta kerätty ”crowd sourcing” -tieto mukaan lukien. Myös julkisesti saatavilla olevan tietoaineiston hyödyntäminen voi luoda aitoa lisäarvoa ja kilpailuetua.

Teollista internetiä edistävien julkisten toimien tulisi painottua erityisesti sen tarvitsemien kyvykkyyksien kehittämiseen ja sen tiellä olevien pullonkaulojen poistamiseen. Näiden ohella Suomen kannattaa hakeutua aktiiviseen kansainväliseen yhteistyöhön ja vaikuttaa omalta osaltaan sen sisältöön ja suuntaamiseen. Paitsi että näin pysytään alan kehityksen kärjen tasolla, tätä kautta voidaan luoda myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia relevanttien teknologia-alueiden suomalaiselle osaamiselle.

Suomalainen näkökulma

Teollinen internet mahdollistaa uutta teollista ja palveluliiketoimintaa liittämällä älykkäät laitteet ja niitä käyttävät ihmiset pilvipohjaiseen analytiikkaan ja päätöksentekoon.

Suomalaisen teollisen internetin lähestymistavan painopisteenä on asiakkaalle merkittävää lisäarvoa tuottavan uuden liiketoiminnan mahdollistaminen teollisen internetin teknologioiden ja menetelmien pohjalta. Sen tavoitteena on erityisesti tukea yritysten siirtymistä komponentti- ja laitetoimittajaroolista kokonaisjärjestelmien ja ratkaisujen toimittajan ja operaattorin rooliin, jolloin ne voivat ottaa yhä laajemman vastuun myös asiakkaan liiketoiminnasta ja päästä osallisiksi siinä syntyvästä lisäarvosta sekä kehittää oman kilpailukykynsä kannalta ratkaisevia, asiakkaiden tarpeita vastaavia uusia tuoteominaisuuksia.

Teknologiselta kannalta suomalainen teollinen internet nojaa teollisen internetin yleiseen teknologia-alustaan ja täydentää sitä erityisesti verkottunutta liiketoimintaa tukevien ratkaisujen (erityisesti informaation hallinta) sekä tietoturvan, luottamuksellisuuden ja luottamuksen hallinnan osalta ja korostaa avointen arkkitehtuurien ja rajapintojen tärkeyttä avoimeen lähtökoodiin pohjautuvat ratkaisut mukaan luettuina.

6.1 Suomen teollinen internet -toimijoita

Suomessa on sekä edelläkävijäyrityksiä, rahoitusinstrumentteja että teollisen internet -aiheen ympärille verkottunutta teollisuutta.

Strategisen huippuosaamisen keskittymät (SHOK)

Strategisen huippuosaamisen keskittymät eli SHOKit, muodostavat yritysvetoisia yhteistyöalustoja Tekesin ja Suomen Akatemian tukemina. Esimerkiksi Tekes on myöntänyt rahoitusta keskittymien tutkimusohjelmiin 116 miljoonaa euroa vuonna 2012. Keskittymät toimivat voittoa tavoittelemattomina osakeyhtiöinä ja niiden tavoitteena on yhdistää, systematisoida ja tehostaa toimialansa kehitystyötä sekä lyhentää matkaa tutkimuksen ja siitä syntyvän liiketoiminnan välillä. Ensimmäinen keskittymä Finnish Bioeconomy Cluster FIBIC Oy aloitti toimintansa vuonna 2007, minkä jälkeen on perustettu vielä uusia, joita nyt on yhteensä kuusi kappaletta (2014). Teollisen internetin kannalta olennaisimmat keskittymät ovat FIMECC Oy (metallituotteet ja koneenrakennus) ja DIGILE Oy (ICT, tietovarannot ja digitaaliset palvelut). Keskittymien alla on tutkimusohjelmia, joilla on oma tutkimusagendansa.

FIMECCin ohjelmista useat ovat teollisen internetin ytimessä. Jo päättyneessä (2009–2013) EFFIMA-ohjelmassa asetettiin visioksi mm. 50 % vähennys päästöihin liikkuvien koneiden, prosessilaitteistojen ja laivojen emissioissa vuoteen 2020 mennessä. Muita tavoitteita olivat koneiden huoltokustannusten minimointi yli niiden elinkaaren hyödyntämällä itsemonitorointia, -diagnosointia ja korjausta sekä ihmisten ja automaattisten koneiden yhteistoiminnan tehokkuuden kasvattamista. Vuonna 2014 alkaneessa S-STEP-ohjelmassa älykkäät teknologiat parantavat elinkaaren tehokkuutta. Ohjelmassa yhdistyy kaksi päätrendiä; teollisuuden palveluliiketoiminnan lisääntyminen ja sitä tukevien teknologioiden kehitys (cyber-physical systems). Valmistelussa on DIGILEn kanssa yhteinen S4Fleet-ohjelma, jossa yksittäisten koneiden sijaan keskitytään konelaivastoihin. Aiheina ovat laivaston hallinta, teknologiat ja se, kuinka palveluliiketoiminta kytkeytyy konelaivastoihin. Muissa ohjelmissa aiheina olivat mm. käyttäjäkokemus ja käytettävyys, erikoisterästen ja muiden materiaalien kehittäminen sekä Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) sensorit.

DIGILEn Internet-of-Things -ohjelman sisällössä korostuvat IoT-liiketoimintamallit, ekosysteemit sekä langattomat verkot, protokollat ja sensorit. Vahvan ICT-osaamisen kautta suomalaiset yritykset ovat vahvasti mukana IoT:n standardisoinnissa IETF, IEEE, 3GPP, ETSI, NFC Forum, W3C ja ZigBee foorumeilla. Ohjelmassa on mukana erityisesti tietoliikennealan yrityksiä kuten Ericsson (ohjelman vetäjä), Nokia, F-Secure, Elektrobit, Broadcom/Renesas Mobile (2012–14) sekä joukko PK-yrityksiä ja tutkimuslaitoksia tutkimukseen osallistuvien henkilöiden määrän ollessa noin 250 henkeä [IoTMag 2013]. Koska Digile IoT -ohjelman toiminnoissa ei ole konepaja-alan yrityksiä, teollinen internet ja käyttöomaisuuden hallinta (asset management) eivät ole siinä TKI-toiminnan keskiössä.

Muita merkittäviä Digilen ohjelmia ovat Data to Intelligence (D2I), joka keskittyy big dataan, tietovarantoihin ja palvelukehitykseen, Digital Services tulevaisuuden mobiileille palveluille sekä Need for Speed (N4S), jossa kokeillaan käytännössä reaaliaikaisia liiketoimintamalleja mm. automaatioteollisuuden ohjelmistojen yhteydessä.

Tekes

Tekes kanavoi tukea teollisen internetin kehitykseen SHOK-rahoituksen lisäksi myös omien ohjelmiansa kautta. Näistä keskeisimpiä ovat teollinen internet- ja 5G-ohjelmat.

Teollinen internet -ohjelman tavoitteena on uudistaa yritysten liiketoimintaa teollisen internetin keinoin ja kannustaa eri alojen yrityksiä uudenlaiseen yhteistyöhön [TekesTI]. Ohjelman kohdealueita ovat mm. liiketoiminnan tukeminen suurilla datamäärillä jalostamalla, liiketoiminta, joka pohjautuu laitteiden väliseen kommunikaatioon, sekä reaaliaikaiset palvelu- ja tuotantoprosessit. Ohjelman kesto on 5 vuotta ja sen laajuus on 100 miljoonaa euroa.

Finnish Industrial Internet Forum (FIIF)

Finnish Industrial Internet Forum on yritysvetoinen aloite, joka pyrkii muuttamaan teollisen internetin visiot uudeksi ja kestäväksi liiketoiminnaksi suomalaisille yrityksille. Tähän päästään testauksen, suunnittelun ja nopeiden kokeilujen avulla, joissa opitaan myös epäonnistumisista [FIIF].

Foorumi on lähtenyt liikkeelle marraskuussa 2014 Teknologiateollisuuden vetämänä. VTT toimii foorumin fasilitaattorina. Suuri osa Suomen merkittävimmistä teollisen internetin soveltajayrityksistä (mm. Fastems, Halton, Neste Oil, Normet, Planmeca, Ponsse ja Raute) ovat mukana foorumissa, Konecranes Oyj:n edustajan toimiessa foorumin johtoryhmän puheenjohtajana. Soveltajayritysten lisäksi ICT- ja palvelutarjoajilla on tärkeä rooli. Foorumilla on useita toimintatapoja, joista ”Hot Spots”-tilaisuuksissa kokeillaan nopeasti ratkaista soveltajaympäristön yritysten tunnistamia haasteita ja hahmotellaan mahdollisia kehitysprojektien sisältöjä, ”Jam Session”-tilaisuuksissa pidetään hissipuheita ja verkostoidutaan yli toimialojen, kun ”Future Avenues Group” taas tuo yhteen yritysten johdon ja tutkimuslaitosten huippuosaajat visioimaan tulevaisuuden suuntia teollisen internetin aihepiirissä. Tämä ryhmä voi tuottaa tietoa esimerkiksi poliittisen päätöksenteon ja valmistelun taustaksi ja tueksi.

Tutkimustahot

Suomalaisista tutkimuslaitoksista mm. VTT, Aalto ja ETLA panostavat teollinen internet -tutkimukseen.

VTT:llä on käynnissä nelivuotinen Productivity with Internet-of-Things (Pro-IoT) ohjelma, jonka keskeiset kolme sovellusalueita ovat teollisuus, terveys ja yhteiskunta. Teknologioissa kehitetään laajaa kirjoa sensoreista ja verkkoteknologioista datan käsittelyyn. Ohjelman koko on 90 miljoonaa euroa neljän vuoden aikajaksolle jaoteltuna ja se sisältää suuren määrän yhteisrahoitteisia EU, Tekes ja SHOK hankkeita. Lisäksi mukaan luetaan aihepiirissä olevia yritysten suoraan VTT:ltä tilaamia hankkeita kymmenien miljoonien eurojen suuruusluokassa. VTT toimii aktiivisesti industrial internet -kentässä ollen katalyytin roolissa suomalaisessa FIIF foorumissa. VTT on kansainvälisen IIC konsortiumin jäsen.

Aallossa teollinen internet muodostaa yliopiston laajuisen Digi Platformin kärkihankkeen. Sen valmistelua varten Aallossa on toiminut helmikuusta 2014 alkaen Industrial Internet Roundtable -työryhmä, joka on koonnut yhteen asiantuntijoita yliopiston eri korkeakouluista. Työryhmä on hahmotellut Aallon sisäisen työohjelman, joka kattaa tutkimusteemoja, opetusta ja innovaatioihin tähtäävää toimintaa. Jo käynnissä olevista hankkeista suorimmin teolliseen

internetiin liittyvät useat FIMECCin ja Digilen työohjelmiin kuuluvat hankkeet sekä Aallon koordinoima EIT ICT Labsin suomen noodi, jonka kautta Aalto on partnerina Cyber-Physical Systems -ohjelman Industrie 4.0 -kärkihankkeessa. Aalto osallistuu myös FIIFin toimintaan.

ETLA tutkii yritysten menestymistä, talouden kasvua, rakennemuutosta sekä yhteiskunnan hyvinvointia viidellä tutkimusalueella: 1) kilpailu, innovaatio ja tuottavuus, 2) työmarkkinat ja osaaminen, 3) julkinen talous ja talouspolitiikka, 4) makrotalous, kansainvälinen talous ja suhdanteet ja 5) tieto ja teknologia. Tieto ja teknologia -ryhmän viimeisin tutkimus on keskitynyt ICT-alan ekosysteemien, platformien, kehittymiseen ja kaikkialle leviävän tietokoneistumisen strategioihin ja vaikutusanalyysiin.

7 Yhteenveto

Taustoittavan koosteen tavoitteena on jäsentää teollisen internetin kenttää ja toimia avauksena keskustelulle siitä, miten suomalaista yhteiskuntaa voidaan ylläpitää suomalaisen työn avulla. Tämä edellyttää teollisen työn jalostusarvon kasvattamista Suomessa.

Teollisen internetin avaama markkina- ja innovaatiopotentiali globaalisti on valtava. Suomessa on vaadittavia kyvykkyyksiä useilla teollisen internetin osa-alueilla. Tätä osaamis pohjaa on kuitenkin tulevaisuudessa syytä edelleen vahvistaa, jotta yritysten kynnystä uusien liiketoimintamahdollisuuksien omaksumiselle voidaan madaltaa. Tämä edellyttää yhteistyötä eri osaajien kesken koko Suomen laajuisesti. Yhteiskunnalla on tässä merkittävä rooli fasilitoijana ja mahdollistajana, mutta myös rohkeana kokeilijana omassa toiminnassaan. Tarvitaan avointa keskustelua ja erityisesti toimenpiteitä, jotka helpottavat yritysten toimintaa teollisen internetin eri sovellustasoilla älykkäistä komponenteista ja järjestelmistä aina verkottuneiden järjestelmien tasoille asti. Aktiivinen kansainvälinen yhteistyö vahvistaa edelleen näitä edellytyksiä ja voi luoda markkinatilaisuuksia suomalaiselle osaamiselle.

Industrial internet on täällä – olemmeko mukana? Tähän on yksi ainoa vastaus: KYLLÄ. Teollisella internetillä ja kaiken digitalisaatiolla on miljardien eurojen vaikutus Suomen kansantalouteen, ja mittava uuden liiketoiminnan potentiaali suomalaisille yrityksille.

Lähteet

[Acatech 2013] Acatech, Recommendations for Implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013.

[Accenture 2014] Accenture 2014, <http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Driving-Unconventional-Growth-through-IIIoT.pdf>

[Ashton] <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

[Avainlippu 2014] <http://www.avainlippu.fi/julkaisut-ja-tutkimukset/work-finland-under-change>

[CiscoBradley] Embracing the Internet of Everything to Capture Your Share of \$14.4 Trillion, Joseph Bradley, Joel Barbier, Doug Handler, Cisco whitepaper 2013. <http://www.cisco.com/web/about/ac79/innov/IIoE.html>

[Cisco scale] <http://internetofeverything.cisco.com/>

[CPS] <http://cyberphysicalsystems.org/>

[DIGI 14] <http://www.strategyand.pwc.com/global/home/what-we-think/digitization/megatrend> (3.12.2014)

[Evans 2012] Peter C. Evans ja Marco Annunziata, "Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines", GE, November 26, 2012, http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf

[FASTCO 2014] <http://www.fastcompany.com/3031272/can-jeff-immelt-really-make-the-world-1-better>

[FIIF] www.fiif.fi ja <http://virtual.vtt.fi/virtual/fiif/>

[FIMSTEP] <http://www.fimecc.com/content/s-step-smart-technologies-lifecycle-performance-0>

[Fraunhofer IAO] http://www.rdm.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/rdm/de/documents/I40_Wandlung_zur_vernetzten_Fabrik_FW.pdf

[Frey 2013] Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? OMS Working Papers, September 18. http://www.futuretech.ox.ac.uk/sites/futuretech.ox.ac.uk/files/The_Future_of_Employment_OMS_Working_Paper_0.pdf; short URL: <http://v.gd/iViQ0L>

[GARTNER IoTdef] <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/>

[GE Factory] <http://www.technologyreview.com/news/509331/an-internet-for-manufacturing/>

[HAY 14] <http://www.haygroup.com/leadership2030/about-the-megatrends.aspx> (3.12.2014)

[IIC 2014] <http://www.iiconsortium.org/>

[Industrie 4.0] Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group; <http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-40-final-report-of-the-industr.html>

[IoTMag 2013] http://www.internetofthings.fi/file_attachment/get/IoT%20Magazine%202013.pdf?attachment_id=24

[Kalm, Seppälä, Ali-Yrkkö 2014] <http://www.etla.fi/julkaisut/captures-digital-services/>

[KPMG 14] <http://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/future-state-government/Pages/future-state-2030.aspx> (3.12.2014)

[Kyoto 14] http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (3.12.2014)

[Linturi 2013] Linturi, Risto, Kuusi, Osmo ja Ahlqvist, Toni (2013). *Suomen sata uutta mahdollisuutta: radikaalit teknologiset ratkaisut*. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu. 6/2013. ISBN 978-951-53-3514-2 (nid.) ISBN 978-951-53-3515-9 (PDF)

[Markets and Markets 2014] Internet of Things Market & M2M Communication by Technologies, Platforms and Services (RFID, Sensor Nodes, Gateways, Cloud Management, NFC, ZigBee, SCADA, Software Platform, System Integrators), by M2M Connections, & by IoT Components) – Global Market Forecasts – 2019; <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/internet-of-things-market-573.html>

[MEGA 14] http://www.oph.fi/tietopalvelut/ennakointi/koulutus_ja_osaamistarpeiden_ennakointi/menetelmat/toimintaympariston_tarkastelu/megatrendianalyysi (3.12.2014)

[Montreuil 2014] http://www.slideshare.net/physical_internet/physical-internet-manifesto-eng-version-1111-20121128?redirected_from=save_on_embed

[Nikulainen 2013] Nikulainen, T. (2013). Big Data Revolution – What Is It?, ETLA Brief 10.

[NSN 2012] <http://company.nokia.com/sites/default/files/download/investors/nsn-form-2013.pdf>

[NSN 2013] http://reports.nsn.com/downloads/NSN_Operating-Financial-Review_2013.pdf

[Pajarinen 2014] Pajarinen, M. ja Rouvinen, P. (2014). Computerization threatens one third of finnish employment. ETLA Brief 22. 13 January 2014.

[Pohjola 2014] Pohjola, Matti (2014). Suomi uuteen nousuun ICT ja digitalisaatio tuottavuuden ja talouskasvun lähteinä. Teknologiateollisuus ry, syyskuu 2014.

[Pokela 2013] Pekka Pokela, Meiju Ruotsalainen, Ville karttunen ja Kari Hjelt, Smart Apps Initiative in Engineering, https://www.tekes.fi/.../smart_apps_iniative_loppuraportti_250313.pdf

[POP 14] <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050.html> (3.12.2014)

[Porter 2014] Porter, Michael E. ja Heppelmann, James E. (2014). How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. Harvard Business Review. November 2014.

[POSTS] <http://postscapes.com/internet-of-things-definition>

[Riversimple 2014] www.riversimple.com

[Seppälä 2013] Seppälä, T. ja Kalm, M. (2013). Profiting from Product Innovation: A Product Life Analysis of the Economic Geography of Value Added, Industry Studies Working Paper:2013-1, Industry Studies Association, Pittsburg, USA.

[Seppälä 2014] Seppälä, T., Kenney, M. ja Ali-Yrkkö, J. (2014). "Global Supply Chains and Transfer Pricing: Insights from a Case Study", Supply Chain Management: An International Journal, Volume 19, issue 4.

[SHOK] <http://www.shok.fi/>

[TekesFW] <http://www.tekes.fi/Global/Ohjelmat%20ja%20palvelut/Kasvajakansainvalisty/Future%20Wat>
[http://www.tekes.fi/ohjelmat-ja-palvelut/ohjelmat-ja-verkostot/teollinen-internet/](http://www.tekes.fi/ohjelmat-ja-palvelut/ohjelmat-ja-verkostot/teollinen-internet/aineistot/)

[TekesTI] <http://www.tekes.fi/ohjelmat-ja-palvelut/ohjelmat-ja-verkostot/teollinen-internet/>

[TEM 2013] 21 polkua kitkattomaan Suomeen. ICT 2015 -työryhmän raportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu, innovaatio 4/2013

[Tiusanen 2014] Tiusanen, R. (2014). An approach for the assessment of safety risks in automated mobile work machine systems. Dissertation. VTT Science 69.

[UK Gov] https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/255922/13-809-future-manufacturing-project-report.pdf

[USIPv6] <http://www.networkworld.com/article/2223550/cisco-subnet/u-s--government-progress-on-ipv6-deployment.html>

[Viitamo 2014] Viitamo, Esa (2014). Service productivity, technology and organization – Converting theory to praxis. ETLA Working Papers 26.

[www.365farmnet.com] <https://www.365farmnet.com/en/>

Liitteet

Taulukko 1 Teollisen internetin näkökulmasta keskeiset arvonluontiverkostot

1. Henkilöliikenteen automatisointi

Kuvaus: Verkoston perusajatus on se, että liikenteessä suositaan yhteiskäyttöisiä kuljettajattomia robottiautoja. Joukkoliikenteeseen integroituna palveluna noin miljoona robottiautoa riittäisi taakamaan sen, että jokainen auton tarvitsija saisi auton käyttöönsä hyvin nopeasti. Asiantuntijatahot ja teollisuusyritykset itse arvioivat kuljettajattoman liikenteen teknisesti valmiiksi sarjatuotantoon 2020 mennessä.

Siirtymäkauden ongelmat: Robottiautot suunniteltu liikkumaan normaaliliikenteen seassa, joten teknisiä siirtymäkauden ongelmia ei periaatteessa ole.

Rakenteellisia kysymyksiä: Laki estää tällä hetkellä kuljettamattoman henkilöauton käytön maanteilla ja kaduilla.

2. Tavaraliikenteen automatisointi

Kuvaus: Mikäli tavarat kuljetetaan automaattisesti siirrettävissä ja kuormattavissa laatikoissa, voidaan pakkaaminen, purkaminen ja jakelu hoitaa robottiliikenteen keinoin. Pienkonttien standardointi helpottaa automatisointia.

Siirtymäkauden ongelmat: Suomessa intermodaaliliikenne on heikosti kehittynyt. Suuri osa tavarasta tulee maahan roro-aluksilla rekoissa, ja niiden purku ja uudelleenjakelu tapahtuvat jakelukeskuksissa, joihin ei ole raideyhteyksiä.

Rakenteellisia kysymyksiä: Toiminta vaatii kaavoittajan toimia. Lisäksi järjestelmän syntyminen vaatii suuren toimijan tai standardointia. Robottiliikenne ei toistaiseksi ole sallittua julkisilla teillä.

3. Lähivalmistus ja teollisen rakenteen murros

Kuvaus: Tavaroiden valmistus ostokeskuksissa, rauta-kaupassa ja pikavalmistuspalveluissa, terveydenhuollon pisteissä, erikoisliikkeissä ja huoltoliikkeissä, sekä kotitalouksissa, tulee mahdollistumaan robottien ja 3D-tulostuksen avulla.

Siirtymäkauden ongelmat: Pikavalmistus on lähivalmistuksen väline kasvattaen ennen kaikkea kotimarkkinaa. Toimijat, joille pikavalmistuksesta olisi eniten hyötyä, ovat verrattain hajanaisia ja perinteisiä, eivätkä ole tottuneita tuotekehittäjiä.

Rakenteellisia kysymyksiä: Pikavalmistuksen ja lähivalmistuksen etenemiselle ei ole varsinaisia lainsäädännöllisiä esteitä, mutta tuotevastuut tulisi selvittää uudelleen pikavalmistuksen laajetessa toimintamallien muutosta vasten.

4. Kaupan ja palveluiden virtualisoituminen

Kuvaus: Uudessa toimintamallissa lisätään verkkokaupan ja virtuaalisoitujen palveluiden käyttömahdollisuuksia. Tavarakaupassa tavaroiden etsimistä ja valitsemista muutetaan normaalin kauppasakäynnin kaltaiseksi virtuaalitodellisuuden avulla.

Siirtymäkauden ongelmat: Verkon tavarakauppaa on lisäksi rajoittanut hidas logistiikka, kun tilatut tavarat on jouduttu jonottamaan etäällä sijaitsevasta postista.

Rakenteellisia kysymyksiä: Useissa tilanteissa lainsäädäntö edellyttää allekirjoitusta tai fyysistä läsnäoloa ja jo sähköinen tunnistautuminen on monelle ihmiselle hankalaa.

6. Etäläsnäolo ja työkalujen kauko-ohjaus

Kuvaus: Yhä useammin voimme käyttää koneita kauko-ohjatusti ja valvoa niitä etäläsnäolon keinoin. Voimme seurata muiden ihmisten tekemisiä, ohjata heitä ja oppia heidän tekemisistään ilman, että olemme samassa tilassa fyysisesti.

Siirtymäkauden ongelmat: Rakenteiden muutos johtaa merkittäviin osaamisvajeisiin ja uudelleenjärjestelyihin. Monet hyödylliset muutokset ovat sellaisia, etteivät ne kuulu kenenkään työtehtäviin. Toisaalta mahdollisuuksien laajuutta ei aina edes hahmoteta.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Keskeiset kysymykset liittyvät etätyön valvonnan ja regulaation kysymyksiin.

7. Oppimisen ja opastuksen yksilöllistyminen

Kuvas: Uudessa toimintamallissa yhdistetään useita tietoteknisiä mahdollisuuksia. Parhaiden taitojien luennot seurataan itsenäisesti verkon yli, harjoitukset tehdään tietokoneen tai kauko-ohjattavien robottien sekä simulaattoreiden avulla, opetuksen ohjaaja valvoo suoritusta ja ohjaa sitä tarvittaessa. Opetukseen lisätään pelillisyyttä.

Siirtymäkauden ongelmat: Nykyiset opetukselliset instituutiot ovat monesta syystä raskasliikkeisiä. Tutkintojärjestelmät ovat sitoutuneet opetuksen järjestämisen tapaan kuten rahoituskin.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Lainsäädäntö asettaa merkittäviä rajoituksia opetussällöille ja opetuksen järjestämisen tavoille.

8. Toimintakyvyn säilyttämistä tukeva omatoiminen ja yksilöllinen terveydenhuolto

Kuvas: Hoidon järjestäminen tullee tulevaisuudessaakin perustumaan pääasiassa vuorovaikutukseen hoidettavan ja hoidon ammattilaisten kesken. Hoitohenkilöiden ja potilaiden kohtaamiset voivat kuitenkin olla hyvin erilaisia kuin nyt.

Siirtymäkauden ongelmat: Keskeisenä siirtymäkauden ongelmana ovat omatoimisesti kerättävissä olevan tiedon ja helppojen testien luotettavuus ja väärin tulkintojen riski.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Vaikeasti käsiteltävänä pysyvänä riskinä omatoimisessa terveydenhoidossa on ns. medikalisoitumisen lisääntyminen ja pinnalliseen tietoon perustuvat väärät valinnat.

10. Tietoisuutta toimintaympäristöstä lisäävät välineet

Kuvas: Verkon tietokantoihin kertyvä ns. big data antaa meille yhä tarkemman tiedon toimintaympäristömme tilasta ja mahdollisuuksista. Uudet anturiteknologiat auttavat keräämään tätä tietoa yhä tarkemmin ja yhä useammasta ympäristön ominaisuudesta.

Siirtymäkauden ongelmat: Yksityisyyden suojaan liittyvät kysymykset keskeisiä.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Periaatteessa avoimen datan käyttöön ei liity rakenteellisiä esteitä, mutta käytännössä yksityisyyden suojaan liittyvät kysymykset ovat keskiössä.

11. Toiminnalliset materiaalit ja uudet materiaaliteknologiat

Kuvas: Materiaaliteknologian läpimurtoina odotetaan uudentyyppisiä pintoja, kevyitä rakenteita, pikavalmistukseen soveltuvia rakennusmateriaaleja ja lujuusominaisuuksiltaan aiempaa parempia materiaaleja.

Siirtymäkauden ongelmat: Uudet materiaalit eivät useinkaan sovellu nykyisiin prosesseihin. Niiden hyväksikäyttö saattaa edellyttää laajoja systeemisiä muutoksia.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Monet määräykset ja prosessit ovat kiinnittyneet nykyisiin materiaaleihin ja niiden ominaisuuksiin.

12. Tavarankäytön älykkyyden toiminnalliset lisäarvot

Kuvas: Rakenteet ja tavarat kommunikoivat ympäristönsä kanssa ja muodostavat laajamittaisen esineiden internetin (Internet of Things).

Siirtymäkauden ongelmat: Siirtymäkauden ongelmina voi olla informaatiomassojen hallitsematon kasvu, jossa monisuunnalta kulkevaa informaatiota ei osata laajamittaisesti hyödyntää. Tämän lisäksi rakenteiden monimutkaistuminen voi aiheuttaa ennakoimattomia järjestelmäongelmia.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Rakenteellisina esteinä voivat olla erityisesti monet tavaroiden tuottajat ja standardien puute.

13. Kestävän kehityksen energiateknologiat

Kuvas: Uudet energiaratkaisut, esimerkiksi aurinkoenergiaan ja akuissa.

Siirtymäkauden ongelmat: Aurinkosähkön ja tuulivoiman kasvattaessa osuuttaan merkittävästi syntyy tarjonnassa huomattavaa vaihtelua vuodenaikojen ja säätilan mukaan.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Uusien energiateknologioiden käyttöön liittyy erilaisia rakenteellisia kysymyksiä liittyen esimerkiksi siihen, että miten cleantech nähdään suhteessa muihin energiantuotannon ratkaisuihin.

15. Viihteen, kulttuurin ja vaikuttamisen osallistuvat muodot

Kuvas: Verkkopelit, simuloitua maailmaa ja tietokonepelien ja fyysisen maailman yhdistyminen kasvattavat jatkuvasti osuuttaan ihmisten ajankäytössä.

Siirtymäkauden ongelmat: Siirtymäkausi on käynnissä, ja ongelmana voisi mainita erityisesti ihmisen ja yhteiskunnan kapasiteetti omaksua uusia käyttökokemuksia ja jatkuvasti uudistuvaa teknologiaa.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Ensisijaisesti yksityisyyden suojaan liittyviä esteitä.

17. Tilojen ja rakenteiden toiminnallistuminen

Kuvas: Rakennettu ympäristö soveltaa enevässä määrin erilaista digitaalista tietoa, tietomalleja, laskentamenetelmiä ja tietotekniikka. Digitaalinen ja fyysinen maailma liittyvät toisiinsa koko elinkaaren ajan.

Siirtymäkauden ongelmat: Erityisenä haasteena tulee olemaan rakennusalan mukautuminen uusiin teknologisiin mahdollisuuksiin. Uudistukset täytyy usein tehdä monimutkaisen ja pitkällisen prosessin vaatiman julkisen standardisoinnin kautta.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Rakenteelliset esteet liittyvät ennen kaikkea siihen, että monisuuntaisesti verkottuneen järjestelmän toiminnan seurauksia on vaikea hahmottaa.

18. Itseorganisoidut yhteisölliset toimintatavat

Kuvas: Itseorganisoiduvuus ja pelilliset organisoinnin keinot on osoitettu toimiviksi mm. tieteen, yhteiskunnan, terveydenhuollon ja tuotekehityksen alueella. Linux-projekti on yksi vaikuttavimpia osoituksia uudenlaisesta tavasta organisoida yhteistyötä.

Siirtymäkauden ongelmat: Siirtymäkauden ongelmat liittyvät vaikeuksiin integroida eri organisaatioiden järjestelmiä ja yksilöiden toimintatapoja toisiinsa kaikkien nykyisten organisaatioiden pyrkinessä säilyttämään asemansa myös itseorganisoiduissa toiminnoissa.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Lainsäädännölliset esteet liittyvät ensisijaisesti yksilön vapauteen taloudellisessa toiminnassa, yksityisyyden suojaan ja siihen, mihin kohtaan vedetään valvonnan rajat esimerkiksi valtion kohdalla.

19. Identiteettien ja sosiaalisten rakenteiden virtualisoituminen

Kuvas: Sosiaalinen media on luonut tilanteen, jossa työnantaja tai yhteistyökumppani hakee ja näkee ihmisen taustan ja tuttavapiirin. Koska sosiaalisessa mediassa on vaikea puhua yhdelle yltä ja toiselle toista tai saada valheellisesti tuttavaliistoja, vahvistuu sosiaalisessa mediassa luodun roolin todellisuus ja uskottavuus.

Siirtymäkauden ongelmat: Siirtymäkauden ongelmat liittyvät erityisesti vallan rakenteiden hyvin eriaistaiseen läpinäkyvyyteen, virtuaalisiin identiteetteihin, sekä ihmisten vieraantumiseen reaali-maailmasta.

Rakenteellisiä kysymyksiä: Lainsäädännölliset esteet liittyvät ensisijaisesti yksityisyyden suojaan ja siihen, kuinka mitään tietoa saa käyttää ja mikä on yksityisen digitaalisen tilan merkitys.

Taulukko 2 Esimerkkejä nousevista teknologiakonsepteista, jotka ovat relevantteja teollisen internetin näkulmasta		
<i>Teknologia</i>	<i>Kuvaus</i>	<i>Tämänhetkisiä kehityksen kärkiä</i>
Oppimisen uudelleenorganisointi	Tietotekniikalla on kasvava merkitys osaamisen siirrossa. Osaamistarpeet muuttuvat yhä nopeammin, luennot ja harjoitukset sekä vertaisoppiminen voidaan toteuttaa verkossa yliopistotutkintoja myöten. Yksilöllinen etenemisrytmi, yksilöllisiä kiinnostuksen kohteita ja oppimistyyliä mahdollistavat tietoverkkosisällöt ovat uuden oppimisen metodeja.	– Khan Academy – Google Glass
Vapaasti organisoituva etätö ja netissä muodostuvat organisaatiot	Internetin kautta syntyy monenlaisia tapoja yhteistyön organisoinniksi ja työsuoritteiden myymiseksi. Etätö on aiemmin soveltunut tehtäviin, joiden suorite on aineeton, mutta kauko-ohjattavien laitteiden sekä muiden etäläsnäolon tekniikoiden avulla etätöyllä voi olla myös fyysinen ulottuvuus. Vapaa organisoituminen mahdollistaa luottamus pääoman syntymisen ja työn tekemisen ilman, että työn organisoija tai maksaja tuntee tekijää, tai edes tämän sijaintipaikkaa, vain tuloksella ja vertaisarvioilla on merkitys.	– eBay ja muut netti-huutokaupat – Shapeways – Aikapankit
Ihmisten tunnistus (dna, kamera)	Jo nyt on tarjolla ratkaisuja ihmisten tunnistamiseen sosiaalisen median palveluista. Tulevaisuudessa, kun kasvoista saadaan 3D-kuva, helpottuu kasvojen automaattinen tunnistus huomattavasti. Tulevaisuudessa lienee mahdollista, että älypuhelimien kaltainen arkinen laite voisi tunnistaa kenet tahansa solunäytteestä tai kasvokuvasta.	– Lentokenttien kasvojen tunnistusjärjestelmät – Rikoslaboratorioiden kyky rekonstruoida kasvokuva perimän perusteella
Henkilökohtaisen elämän tallennus ja sisältöhaaku	Mukana kantamamme elektroniset laitteet kykenevät pian tallentamaan kehomme ja ympäristömme tilan, äänet ja kuvat jatkuvana virtana. Kun näin tallennettu elämä organisoidaan henkilökohtaisen tunnetilan, sijaintipaikan, puhuttujen sanojen ja muiden samaan tilanteeseen liittyvien ihmisten ja esineiden avulla, saadaan kokonaisuudesta hyödyllinen elämän mittainen arkisto hyvin moneen tarkoitukseen.	– Edullinen noin 50 euron kaulassa riippuva kamera kykenee tallentamaan viiden tunnin mittaisen videon tai taajaan otettuja erilliskuvia huomattavasti tätä pidemmän ajan.

<i>Teknologia</i>	<i>Kuvaus</i>	<i>Tämänhetkisiä kehityksen kärkiä</i>
Emootioiden projisointi ja automaattinen tunnistaminen	Kasvojen ilmeistä ja eleistä pyritään myös tunnistamaan ihmisen tunnetiloja. Näiden avulla pyritään saamaan aikaan seurustelurobotteja, kuvapuhelinpalveluita, ihmisen tunteisiin reagoivia pelejä ja muita käyttäjän tunteita mittaavia käyttöliittymiä. Myös terapiaa tullee kuulumaan sovelluksiin.	– Lähinnä viihdekäyttöön tarkoitetut hahmot – Emootioita tunnistavat algoritmit
Puheentunnistus ja simultaanitulkkaukset	Puheentunnistus on pitkään kehitetty teknologia, joka alkaa vähitellen kypsyä tasolle, jossa kone tunnistaa harjaantumattoman, selkeästi puhuvan ihmisen puheen kohtuullisen luotettavasti.	– Microsoft demonstroinut 2012 vapaata englanninkielistä puhetta kiinaksi simultaanitulkkaukset tuottavan järjestelmän
Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen	Organisaatioissa ja koko yhteiskunnassa pelillistetyillä järjestelmillä voidaan saavuttaa hyvin suuria parannuksia sekä omatoimisessa oppimisessa, sosiaalisten tavoitteiden tunnistamisessa, yhteistyökyvyn synnyttämisessä, todellisten ongelmien ja ratkaisujen tunnistamisessa että tarpeettomien hierarkioiden purkamisessa.	– Khan Academy – Joukkoistamiseen perustuvat pelit, esimerkiksi proteiinien laskostamispeli Foldit
Liikkeisiin perustuvat käytönohjaimet	Uusien käytönohjainten avulla tietokoneet aistivat meidän katseemme ja sijaintimme, eleemme ja asentomme sekä oman ympäristönsä. Voimme ohjata näillä sovelluksia, ja laitteet voivat sekä sijoittaa meidät kuvaan että näyttää meille kuvan siten, että se elää näkökulmamme mukaan, eli voimme esimerkiksi katsoa nurkan taakse.	– Kinect-ohjaimet
Haptiset käyttöliittymät	Haptiset käyttöliittymät käyttävät tuntoaistia hyväkseen. Esimerkiksi peliohjaimet ovat jo pitkään täriseet tai vastustaneet liikettä. Uusi teknologia mahdollistaa kosketusnäytöt, jotka sormi tunnistaa kovaksi, pehmeäksi, rosoiseksi, sileäksi jne.	– Senseg – Disneyn ohjain
Digitaalipeili	Digitaalipeili yhdistää 3D-kameran tai muun 3D-mittalaitteen suureen näyttölaitteeseen. Digitaalipeili kuvaa edessään olevan kohteen, tyypillisesti ihmisen, ja näyttää tämän peilikuvan tai muutoin käsitellyn kuvan ruudulla. Digitaalipeili mahdollistaa räätälöitävien	– Magic Mirror

<i>Teknologia</i>	<i>Kuvaus</i>	<i>Tämänhetkisiä kehityksen kärkiä</i>
Nanohiilet joustavan näyttölaitteen pintana, valaisimena	tai varastosta tilattavien varusteiden virtuaalisen kokeilemisen, jolloin pienessäkin myymälässä voi olla hyvin laaja virtuaalivalikoima. Hiilinanoputkien ja grafeenin avulla valmistetut valaisevat pinnat ovat taipuisia, ja valmistustekniikan kehittyessä niistä voi tulla hyvin edullisia, koska niissä ei tarvita arvokkaita raaka-aineita. Pintoja uskotaan voitavan käyttää sekä valaisimina että näyttölaitteina. Laajat näyttölaitteipinnat ja laajat valaisevat pinnat avaavat arkkitehtuuriin paljon uusia mahdollisuuksia.	– Hiilinanoputkista ja grafeenista on jo tehty valaisevia rakenteita
Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus	Kartoittajat ovat tehneet ympäristöstämme 3D-mallin. Laboratorio-olosuhteissa nelikopterit kykenevät jo mallintamaan sisätilat. Uudet 3D-kamerat ja laserkeilaimet, kehittyvät algoritmit ja kasvava prosessointiteho tekevät mahdolliseksi tuottaa ympäristön 3D-mallin reaaliaikaisesti.	– Kinect Fusion on kytetty robotiikkaan ja reaaliaikaiseen 3D-kartoitukseen – Googlen kuljettajaton auto laatii ympäristöstä reaaliaikaisesti dynaamista mallia
Nanoradio	Radiolähettämiä pyritään nyt pienentämään nanomittakaavaan. Nanomittakaavan radiolähetin voidaan sijoittaa verisuonistossa kulkeviin antureihin elintoimintoja häiritsemättä. Tämä mahdollistaa kehon sisäisen seurannan reaaliaikaisesti.	– Nanomittakaavan radiovastaanotin on saatu toimivaksi
LED-”radio”	LED-valojen kehitys on avannut mahdollisuuden valon aallonpituuksien käyttöön edullisesti. Valon taajuusalue on kymmentuhatkertainen radiotaajuuksiin verrattuna. Nykytekniikalla LED-valaisimen amplitudia voidaan jo ohjata niin nopeasti, että sillä saavutetaan helposti esimerkiksi HDTV-tason televisiokuvan vaatima siirtonopeus.	– LED-radio demonstroitu HDTV-siirtonopeuksilla

[Muokattu lähteestä Linturi 2013].

Aikaisemmin ilmestynyt ETLA Raportit-sarjassa (ennen ETLA Keskusteluaiheita)
Previously published in the ETLA Reports series (formerly ETLA Discussion Papers)

- No 27 *Topias Leino – Jyrki Ali-Yrkkö*, How Does Foreign Direct Investment Measure Real Investment by Foreign-owned Companies? Firm-level Analysis. 15.5.2014. 25 p.
- No 28 *Timo Nikinmaa*, Kone- ja metallituoteteollisuuden visio 2025. 23.5.2014. 52 s.
- No 29 *Antti Pelkonen – Duncan A. Thomas – Terttu Luukkonen*, Project-based Funding and Novelty in University Research – Findings from Finland and the UK. 12.6.2014. 18 p.
- No 30 *Antti Kauhanen*, Tulevaisuuden työmarkkinat. 6.8.2014. 16 s.
- No 31 *Joonas Tuhkuri*, Big Data: Google-haut ennustavat työttömyyttä Suomessa. 14.8.2014. 31 s.
- No 32 *Rita Asplund – Pertti Koistinen*, Nuorten työllistyminen ja työllisyys työvoimapolitiikan valossa. 18.9.2014. 37 s.
- No 33 *Terttu Luukkonen*, Universities, Funding Systems, and the Renewal of the Industrial Knowledge Base: UNI Project Findings. 25.9.2014. 64 p.
- No 34 *Aleksandr Peussa*, Yksityisen kulutuksen ennustemalleja. 14.10.2014. 109 s.
- No 35 *Mika Pajarinen – Petri Rouvinen*, Tekesin rahoituksen vaikutus työn tuottavuuteen. 23.10.2014. 18 s.
- No 36 *Jyrki Ali-Yrkkö – Mika Pajarinen – Petri Rouvinen*, Yksityiset palvelut kasvun lähteenä? 31.10.2014. 25 s.
- No 37 *Tuomo Virkola*, Real-Time Measures of the Output Gap and Fiscal Policy Stance. 31.10.2014. 18 p.
- No 38 *Tuomo Virkola*, Fiscal Federalism in Four Federal Countries. 31.10.2014. 40 p.
- No 39 *Paavo Suni*, EMU-eron vaikutukset – Simulointeja NiGEM-mallilla. 14.11.2014. 30 s.
- No 40 *Niku Määttänen – Olli Ropponen*, Listaamattomien osakeyhtiöiden verotus, voitonjako ja investoinnit. 9.12.2014. 24 s.
- No 41 *Tarmo Valkonen – Eija Kauppi – Paavo Suni*, Simulointeja yhteisöveron alennuksen dynaamisista vaikutuksista Suomessa. 11.12.2014. 30 s.

Sarjan julkaisut ovat raportteja tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista.

Julkaisut ovat ladattavissa pdf-muodossa osoitteessa: www.etla.fi » julkaisut » raportit

Papers in this series are reports on research results and on studies in progress.

Publications in pdf can be downloaded at www.etla.fi » publications » reports

ETLA

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos
The Research Institute of the Finnish Economy
Lönnrotinkatu 4 B
00120 Helsinki

Puh. 09-609 900
Fax 09-601 753
www.etla.fi
etunimi.sukunimi@etla.fi

ISSN-L 2323-2447, ISSN 2323-2447, ISSN 2323-2455 (Pdf)