

Laitteet pilveen – vai pilvi laitteisiin?

Keskustelunavauksia teollisuuden ja yhteiskunnan
digialustojen uusista kehitystrendeistä

Juri Mattila* – Timo Seppälä**

* ETLA – Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, juri.mattila@etla.fi

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

Tämä muistio on julkaistu osana "Towards Sustainable Positioning and Value Capture – A Roadmap for Finnish Cleantech" -hanketta, jota rahoittavat Tekesin FiDiPro-ohjelma, Sitra, Ladec, Cleen Ltd., RYM Ltd. ja Center for Energy and the Environment". Kirjoittajat kiittävät Olli Martikaista ja Antti-Jussi Tahvanaista kommentteista kirjoitusprosessin aikana.

ISSN-L 2323-2447

ISSN 2323-2447 (print)

ISSN 2323-2455 (online)

Sisällysluettelo

	Tiivistelmä	2
	Abstract	2
1	Digitaalinen yhteensopivuus edistää kaupallista hyödyntämistä	3
2	Digitaalisuus on muutakin kuin dataa	3
3	Pilveen kytketyistä komponenteista kohti pilven muodostavia komponentteja	5
	3.1 Nykyarkkitehtuurin ongelmat	5
	3.2 Lohkoketjuteknologian lyhyt oppimäärä	7
	3.3 Lohkoketjuteknologian kehitys	8
4	Osaammeko kysyä oikeita kysymyksiä? Haluammeko muuttaa ajattelutapaamme?	9
	4.1 Merkitys liikkeenjohdolle	11
	4.2 Merkitys julkiselle sektorille ja politiikalle	12
5	Digitaalinen murros edellyttää systeemitasoisempaa ajattelua	12
	Liite 1: Vertailu	14
	Lähteet	15

Laitteet pilveen – vai pilvi laitteisiin? Keskustelunavauksia teollisuuden ja yhteiskunnan digialustojen uusista kehitystrendeistä

Tiivistelmä

Kun internetin hajanaiset tietoverkot 1990-luvun alussa yhdistettiin yhtenäiseksi järjestelmien verkostoksi, internetin kaupallinen hyödyntäminen räjähti synnyttäen täysin uudenlaisia liiketoimintamalleja ja talouden rakenteita. Vastaavaa murrosta ennakoidaan nyt teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaation saralla. Kysymys kuitenkin kuuluu, miten toisistaan erillään rakentuneet järjestelmät saadaan yhdistettyä saumattomasti toimivaksi järjestelmien verkostoksi?

Toistaiseksi ongelmaa on ratkottu pitkälti keskitettyjen ja hajautettujen järjestelmäarkkitehtuurien pohjalta. Analyysimme kuitenkin osoittaa, että syntymässä on täysin uusiin teknologisiin ratkaisuihin, kuten lohkoketjuteknologiaan, perustuvia innovatiivisia arkkitehtuuriratkaisuja, jotka saattavat täysin mullistaa digitalisaation ennakoitua rakenteita ja ansaintalogiikkaa. Uusien vertaisverkkoarkkitehtuurien myötä digitalisaation ymmärtäminen vaatii systeemitasoisempaa ajattelua, sillä niiden avulla laitteiden välillä voidaan autonomisesti jakaa muutakin kuin pelkkää dataa – esimerkiksi laskentatehoa, tallennustilaa tai energiaa.

Asiasanat: Digitalisaatio, teollinen internet, alustat, lohkoketjuteknologia

JEL: L14, L15, L86, L96, O33

Machines in a Cloud – or a Cloud in Machines? Emerging New Trends of the Digital Platforms in Industry and Society

Abstract

In the beginning of the 1990's, various fragmented information networks of the Internet were combined into one integrated network of systems. As a result, the commercial utilization of the Internet boomed, creating completely new business models and economic structures in the process. A similar reaction is now anticipated from the digitalization of industry and society at large. However, the big question is, how can all the separately structured, isolated systems be fused into one seamless network of systems?

So far the problem has mainly been addressed from the stand-point of centralized and decentralized system architectures. Our analysis shows, however, that completely new and innovative technological approaches, such as block chain technology, are emerging to address this problem. These new distributed architecture solutions may completely revolutionize the anticipated structures and business models of the digitalization currently in progress, as they allow machines to autonomously share much more than just data, e.g. computational capacity, storage space or even electric power. As a result, understanding digitalization in its full capacity requires a systems approach and new kind of higher-level thinking on the scale of a network of systems.

Key words: Digitalization, industrial Internet, platforms, block chain

JEL: L14, L15, L86, L96, O33

1 Digitaalinen yhteensopivuus edistää kaupallista hyödyntämistä

Teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaation nykytilanne muistuttaa jossakin määrin internetin kehityshistoriaa, joka sai alkunsa, kun joukko sekalaisin tavoin kommunikoinneita, toisistaan irrallisia tietoverkkoja yhdistettiin toisiinsa yhteisen viestintäkielen, TCP/IP-protokollan, avulla. Verkon laajamittainen kaupallinen hyödyntäminen oli kuitenkin hankalaa ja laajempi kaupallinen kiinnostus internetiä kohtaan heräsi vasta, kun ensimmäinen yleiskäyttöinen ja mukautuva järjestelmäalusta, *World Wide Web (WWW)*, sai alkunsa.

Kärjistäen ilmaistuna yksi teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaation keskeisimpiä ongelmia on tässä suhteessa hyvin samansuuntainen. Nykyiset järjestelmät voidaan kylläkin kytkeä toisiinsa, mutta älykkäiden laitteiden ja palveluiden muodostaman järjestelmien verkoston ”vastine” *WWW:lle* on toistaiseksi vielä kehittämättä. Jotta lukemattomat eri tietojärjestelmät ja arkkitehtuurit ymmärtäisivät sulavasti ja joustavasti toisiaan, on niille pystyttävä luomaan jokin yhteinen järjestelmäalusta eli platformi. Ilman tällaista platformia älykkäiden laitteiden ja palveluiden välisten verkostojen kehittäminen ja kaupallinen hyödyntäminen on epävarmaa ja haastavaa. Järjestelmät on siis kyettävä yhdistämään toimivaksi ja luotettavaksi kokonaisuudeksi eli järjestelmien verkostoksi, ennen kuin kaupallinen hyödyntäminen voi täydessä laajuudessaan käynnistyä. Näin ollen myös erilaisten standardien merkitys osana järjestelmien ja niiden verkostojen välistä yhteensopivuutta ja toimivuutta korostuu.

2 Digitaalisuus on muutakin kuin dataa

Teollisuuden ja yhteiskunnan digitaalinen murros on hyvää vauhtia saavuttamassa tason, jota voidaan verrata höyry- ja sähkövoiman aiheuttamiin teollisiin vallankumouksiin¹. Kaikkialle ulottuva digitaalinen murros voidaan kokea uhkana, mutta toisaalta myös mahdollisuutena niin yhteiskunnalle, teollisuudelle kuin muillekin toimijoille sekä loppuviimein jopa yksilötasolla työpaikkoja ajatellen (Frey & Osborne, 2013; Pajarinen & Rouvinen, 2014; Juhanko, Jurvansuu, Ahlqvist et al., 2015; Ailisto, Mäntylä, Seppälä et al., 2015).

Teollisuuden ja yhteiskunnan digitaalisessa murroksessa korostuu nykyisten sulautettujen järjestelmien yhdistyminen uusiin internet-pohjaisiin standardeihin, platformeihin, järjestelmiin, laitteisiin ja palveluihin. Tämä konvergenssi mahdollistaa uudenlaisten laite- ja palvelualustojen syntymisen ja hyödyntämisen, sekä lokaalisti laitteessa että myös pilvipalveluiden välityksellä etänä (Porter & Hapelman, 2014; Pon, Seppälä & Kenney, 2014, 2015). Toisaalta nämä teollisuuden ja yhteiskunnan uudet älykkäät tuote- ja palvelualustat tulevat hyödyntämään avointa dataa ja kolmansien osapuolten innovaatiota, komplementaarisuuksia sekä muita alustoja (Seppälä & Kenney, 2012). Lisäksi voidaan todeta, että erilaisten palveluohjelmistojen ja datan ja kehittyneen analyysin merkitys reaaliaikaisen asiakaslisäarvon synnyttämisessä sekä uusien palveluiden tarjoamisessa korostuu (Juhanko, Jurvansuu, Ahlqvist et al., 2015; Ailisto, Mäntylä, Seppälä et al., 2015).

¹ Ajatus nykymuotoisesta digitalisaatiosta juontaa juurensa 1950-luvun lopulta Yhdysvalloista. Tuolloin paikalliset viranomaiset alkoivat suunnitella uutta kommunikaatiojärjestelmää, jonka toiminta ei lamaantuisi edes ydinaseiskun vaikutuksesta. Varsinaisesti kaupallinen digitalisaatio käynnistyi vasta, kun puhelinkeskusten ja -verkkojen digitalisointi lähti toden teolla vauhtiin ja ensimmäiset internet-operaattorit syntyivät 1980-luvulla. Teollisuus puolestaan ehti mukaan kehitykseen vasta noin kymmenen vuotta myöhemmin. Hieman ennen vuosituhannen vaihdetta syntyi ajatus esineiden ja asioiden internetistä, jossa näkyvän maailman esineet olisivat yhteydessä internetiin erilaisten langattomien tunnisteteknologioiden avulla.

Tässä artikkelissa tarkastelemme lukemattomista eri vaihtoehdoista yhtä mahdollista ratkaisua teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaation platformiksi. Analysoimme ja kuvaamme vertaisverkkoteknologian varaan rakentuvan lohkoketjuteknologian vaikutuksia ja soveltuvuutta osaksi älykkäiden tuotteiden ja palveluiden (ja osittain jopa autonomistenkin järjestelmien) verkostoa.²

Lohkoketjuteknologia on teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaation näkökulmasta mielenkiintoinen tarkastelun kohde monestakin eri syystä. Ensinnäkin, lohkoketjuteknologian ekosysteemiin tehdyt pääomasijoitukset ovat kasvaneet viime vuosina erittäin nopeasti ja niiden kehityksessä on havaittavissa tiettyä samankaltaisuutta internetin ja WWW:n alkuaikojen pääomasijoitusten kehitykseen nähden.³ Toisekseen, kyseinen teknologia on osoittanut toimivuutensa myös käytännössä sen yleistyessä maailmalla varsin nopeasti ja se on osaltaan huomioitu myös suurimpien teknologiayhtiöiden innovaatioprojekteissa. Kolmanneksi, lohkoketjuteknologia sisältää platformien näkökulmasta monia lupaavia ja ainutlaatuisia teknisiä ominaisuuksia.

Case: IBM & Samsung – Adept

Vuoden 2014 syyskuussa IBM ilmoitti kehittävänsä yhteistyössä Samsungin kanssa Adept-nimistä alustaa älykkäiden laitteiden ja palveluiden platformiksi. Adept pyrkii yhdistämään kolmen eri viestintäprotokollan parhaat puolet yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Sen perustana toimii lohkoketjuteknologia, jonka viestintäviivettä on paikattu Telehash-protokollalla. Tietojen säilyminen ja tehokas jakelu puolestaan on pyritty varmistamaan hyväksi havaittua BitTorrent-teknologiaa hyödyntäen.

IBM:n tutkijat ovat arvioineet, että Adept voi alentaa älykkäiden tuotteiden ja palveluiden verkoston järjestelmäarkkitehtuuriin liittyviä ylläpitokustannuksia yhteensä jopa 99 %. Lohkoketjuteknologian ansiosta erillisiä palvelinsaleja ei tarvita, vaan koko platformi voidaan tuottaa paikallisesti älykkäiden komponenttien keskinäisenä yhteistyönä täysin autonomisesti. Adept on tarkoitus levittää vapaaseen käyttöön avoimen lähdekoodin järjestelmänä, jolloin sitä voisi kuka tahansa täysin vapaasti hyödyntää. (Ahluwalia, 2014)

Analyysimme osoittaa, että teollisuuden nykyisten järjestelmäarkkitehtuurien rinnalle on rakentumassa erilaisia systeemisiä, autonomisia, joustavia ja skaalautuvia digitaalisia palvelukerroksia, jotka perustuvat täysin uudentyyppisiin teknologisiin ratkaisuihin. Sen lisäksi, että

² Lohkoketjuteknologialla tarkoitetaan lyhyesti ilmaistuna menetelmää, jonka avulla toisilleen tuntemattomat tahot voivat yhteisesti tuottaa ja ylläpitää lähestulkoon mitä tahansa tietokantoja täysin hajautetusti. Menetelmä toimii siten, että jokaiselle halukkaalle taholle jaetaan kopio tietokannasta (tai sen osasta) ja kaikki osalliset voivat myös tehdä tietokantaan muutoksia määriteltyjen sääntöjen puitteissa. Eri tahojen kulloinkin tekemät muutokset tallennetaan tietokantaan kootusti tietyn väliajoin yhteen niputettuina paketeina, joita kutsutaan lohkoiksi. Kun uusia lohkoja liitetään alkuperäiseen tietokantaan, muodostuu niistä lohkoketju, eli ajantasainen tietokanta kaikkine muutoksineen.

³ Julkisesti ilmoitetut pääomasijoitukset vertaisverko- ja lohkoketjuteknologioihin ja erityisesti kryptovaluuttojen ekosysteemiin ovat kasvaneet huomattavasti vuodesta 2012, jolloin koko ekosysteemiin sijoitettiin yhteensä noin kaksi miljoonaa dollaria. Kun vuonna 2013 kryptovaluuttoihin sijoitettiin jo yhteensä noin 100 miljoonaa dollaria ja vuonna 2014 noin 350 miljoonaa dollaria, oli vuonna 2015 uusia pääomasijoituksia jo huhtikuun loppuun mennessä kertynyt noin 280 miljoonan dollarin verran. Koko vuodelle projisoituna tämä tarkoittaisi, että vuoden 2015 loppuun mennessä olisi kryptovaluuttojen ekosysteemiin kaiken kaikkiaan sijoitettu venture-pääomaa vähintäänkin noin 1,3 miljardia dollaria. Toteutuessaan summa olisi samaa luokkaa kuin koko internetin ekosysteemiin tehtyjen pääomasijoitusten nimellisarvo vuonna 1995 – siis parisen vuotta WWW:n kehittämisen jälkeen, kun vielä vuonna 1993 internetin ekosysteemiin tehdyt pääomasijoitukset olivat käytännöllisesti katsoen määrältään olemattomat. Tässä suhteessa pääomasijoitusten kehitystrendit ovat mainituissa kahdessa ekosysteemissä olleet hyvin samankaltaiset. (Zook, 2002 sekä <<http://www.coindesk.com/bitcoin-venture-capital/>> & <https://www.quandl.com/MONEYTREE/INVEST_INTERNET_QUARTERLY>).

nämä uudet teknologiat pystyvät tarjoamaan dataan liittyviä räätälöityjä sovelluksia, ohjelmistotyökaluja ja lisäominaisuuksia asiakkaan tarpeen mukaan, ne kykenevät erilaisiin dynaamis-staattisiin tuotantoratkaisuihin myös muiden tuotannon tekijöiden osalta, jopa tuotteen tai palvelun reaaliaikaisen käytön aikana. Toisaalta monien järjestelmäarkkitehtuurien yhteensovittaminen voi kuitenkin lyhyellä aikajänteellä muodostua ongelmalliseksi, jollei pikaisesti pystytä sopimaan yhteisistä TCP/IP:n ja WWW:n kaltaisista teollisista standardeista, joissa tietoturva ja luotettavuus ovat riittävän korkealla tasolla.⁴

Seuraavassa kappaleessa tarkastelemme nykyarkkitehtuurin ongelmia, lohkoketjuteknologiaa ja sen viimeaikaista kehitystä, jossa nykyinen kehityssuunta kulkee pilveen kytketyistä komponenteista kohti pilven muodostavia komponentteja. Neljännessä kappaleessa keskustelemme siitä, miten nämä viimeaikaiset suuntaukset teknologioissa voivat laajentaa käsitystämme digitalisaatiosta niin teollisuudessa kuin yhteiskunnassa sekä niiden uusista rakenteista, rajoista ja tulevaisuudesta. Kun maailma muuttuu, meidän on kysyttävä itseltämme: Haluammeko muuttaa ajattelutapaamme?

3 Pilveen kytketyistä komponenteista kohti pilven muodostavia komponentteja

3.1 Nykyarkkitehtuurin ongelmat

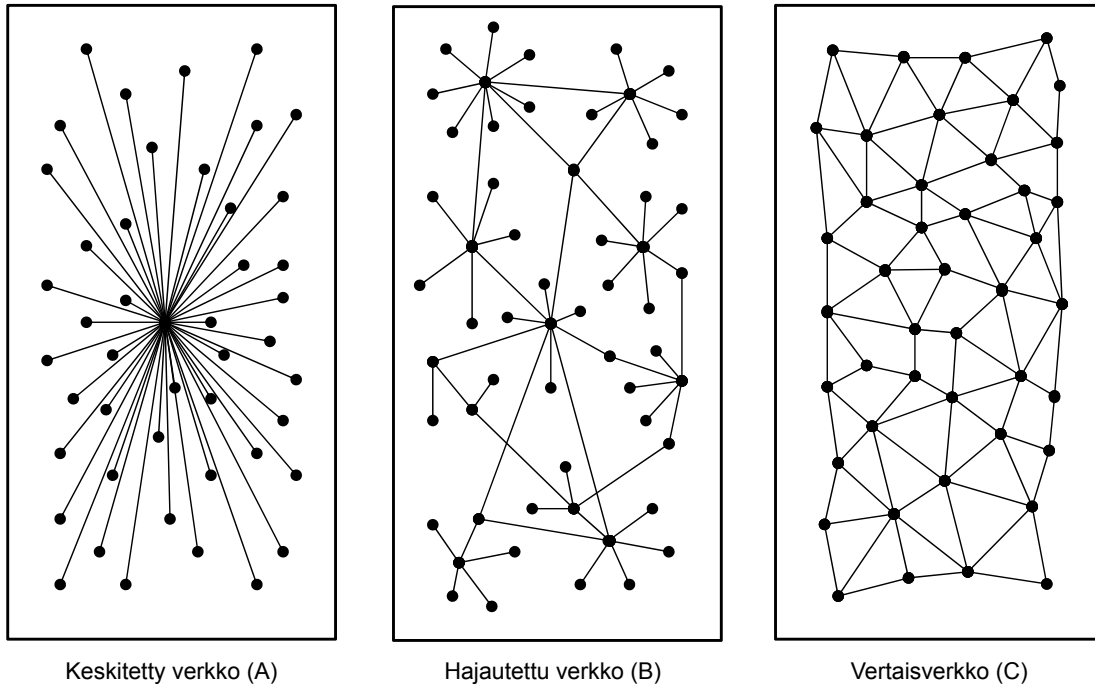
Toistaiseksi älykkäiden tuotteiden ja palveluiden verkoston arkkitehtuuria on kaavailtu toteutettavaksi lähinnä keskitettyjen (ks. kuvio 1A) sekä hajautettujen (ks. kuvio 1B) pilvipalveluratkaisujen pohjalta. Tällaisissa ratkaisuissa älykkäät komponentit jakavat tietoa keskenään esimerkiksi laitevalmistajan ylläpitämän pilvipalvelun kautta internetin välityksellä. Monissa tapauksissa ratkaisu onkin tarkoitukseen varsin oivallisesti sopiva, mutta aina näin ei kuitenkaan ole. Menettely on nimittäin ongelmallinen silloin, kun on kyse älykkäistä tuotteista ja palveluista, jotka ovat hinnaltaan huokeita, mutta elinkaareltaan pitkäikäisiä (ks. kuvio 2).

Keskitetyt palvelinratkaisut sekä hajautetut pilviarkkitehtuurit ovat moneen tilanteeseen näiden aivan liian raskaita ja edellyttävät valtavan taustaprosessin ylläpitämistä silloinkin, kun laitteiden keskinäisen kommunikation tarve on verrattain vähäistä. Käytännössä pilvipalvelu on rahoitettava joko suoraan asiakkaalta veloittettuna korkeampana hintana tai järjestelmän tuottaman informaation arvonjalostuksella, esimerkiksi ennakoimalla tuotantolinjan häiriötilanteita tai vaikkapa myymällä asiakkaiden profiilitietoja mainostajille, vakuutusyhtiöille ja muille kolmansille osapuolille.

Tällaisen arvonjalostuksen kannattavuus ei kuitenkaan pitkällä tähtäimellä ole kaikissa tilanteissa itsestään selvää. Näin on etenkin teollisuudessa, missä mahdollisuudet esimerkiksi kohdennettuun mainontaan ovat kuluttajamarkkinoita huomattavasti rajoitetummat. Näyttääkin todennäköiseltä, että käyttäjäinformaation jalostuksesta saatavat tulot on useissa ennusteissa arvioitu aivan liian optimistisesti. Toiminnan sivutuotteena syntyvän datan arvo putoaa kilpailuilla markkinoilla nopeasti, ja vaikka kilpailevaa tarjontaa ei olisi lainkaan, voi asiakkaan

⁴ Liitteessä 1 vertailemme internetin ja älykkäiden tuotteiden ja palveluiden verkostojen ominaisuuksia.

Kuvio 1 Verkottuneisuuden eri asteet verkostoissa



Lähteet: Baran (1964), Mougayar (2014) (kirjoittajien käännös).

Kuvio 2 Verkostoarkkitehtuurien soveltuvuus erilaisiin tuotantotilanteisiin



Lähde: Ahluwalia (2014) (kirjoittajien käännös).

näkökulmasta siltikin olla houkuttelevampaa kerätä tarvittava data itse omia sensoreita käyttämällä, jos datan hinta pidetään keinotekoisesti liian korkeana. (Ahluwalia, 2014)

On myös huomioitava, että realistisesti tarkasteltuna monet älykkäät tuotteet ja palvelut tulevat säilymään käytössä pidempään kuin niitä ylläpitävät palveluntarjoajat tulevat jatkamaan toimintaansa. Kaikkein haastavimpia tässä suhteessa ovatkin juuri edellä mainitut edulliset ja elinkaareltaan pitkäkestoiset älykkäät tuotteet ja palvelut. Niiden kohdalla keskitetyn tai hajautetun arkkitehtuurin ylläpitokustannukset muodostuvat tuotteiden ja palveluiden hintaan nähden suhteettoman korkeiksi laitteiden määrän kasvaessa. Pilviarkkitehtuurin toimivuus tai kannattavuus ei siksi ole pitkällä tähtäimellä millään muotoa taattu.

3.2 Lohkoketjuteknologian lyhyt oppimäärä

Lohkoketjuteknologialla tarkoitetaan lyhyesti ilmaistuna menetelmää, jonka avulla toisilleen tuntemattomat tahot voivat tuottaa ja ylläpitää lähestulkoon mitä tahansa tietokantoja täysin hajautetusti keskenään. Menetelmä toimii siten, että jokaiselle halukkaalle taholle jaetaan kopio tietokannasta (tai sen osasta) ja kaikki osalliset voivat myös tehdä tietokantaan muutoksia yleisesti hyväksytyjen sääntöjen puitteissa. Eri tahojen kulloinkin tekemät muutokset tallennetaan tietokantaan kootusti tietyin väliajoin yhteen niputettuina paketteina, joita kutsutaan lohkoiksi. Kun uusia lohkoja liitetään alkuperäiseen tietokantaan, muodostuu niistä lohkoketju, eli ajantasainen tietokanta kaikkine muutoksineen.

Jotta verkon muut jäsenet hyväksyisivät uuden ehdotetun lohkon osaksi yhteistä lohkoketjua, on ehdottajan allekirjoitettava lohkonsa ratkaisulla hyvin vaikeaan matemaattiseen ongelmaan, joka on jokaiselle lohkolle erilainen. Lohkot rakentuvat toistensa varaan siten, että tietojen peukalointi muuttaa lohkoissa ratkaistavia ongelmia. Kun kysymykset muuttuvat, aiempiin lohkoihin löydetty vastaukset eivät enää päde, ja verkon muut ylläpitäjät hylkäävät ehdotetun vilpillisen lohkoketjun. Siinä ajassa, joka tietojen vääristelijältä kuluu uusien ongelmien ratkaisuun, on muu verkko jo edennyt lohkoketjussa paljon pidemmälle.

Menetelmä toisin sanoen perustuu tietokannan eri versioiden väliseen ikuiseen kilpajuoksuun, jossa pisimmälle ehtinyt versio on voittaja. Menetelmän luotettavuus kumpuaa siitä, että eri versioiden työstäminen eteenpäin vaatii jatkuvaa laskentatyötä. Niin kauan kuin yli puolet verkon laskentatehosta tukee rehellistä versiota tietokannasta, suurikaan määrä hyökkääjiä ei kykene horjuttamaan verkon hajautettua yksimielisyyttä ja konsensusta alkuperäisen tietokannan sisällöstä.

Kysymys on siis ikään kuin eri osapuolten yhteisvoimin tuottamasta digitaalisesta tiimalasista, jonka läpi valuvaa bittiavaruuden hiekkaa matemaattiset ongelmat ratkaisuneen ovat. Tähän yhteisesti muodostettuun sähköiseen aikaleimaan voivat kaikki osapuolet turvallisesti luottaa, vaikka eivät suoranaisesti toisiinsa luottaisikaan. Näin ollen keneltä tahansa saatujen tietojen alkuperäisyydestä ja oikeellisuudesta voidaan helposti varmistua, eikä kaikkien osapuolten yhteisesti luottamaa ulkoista välikättä (kuten esimerkiksi keskuspalvelinta) tarvita erikseen tietoja säilyttämään.

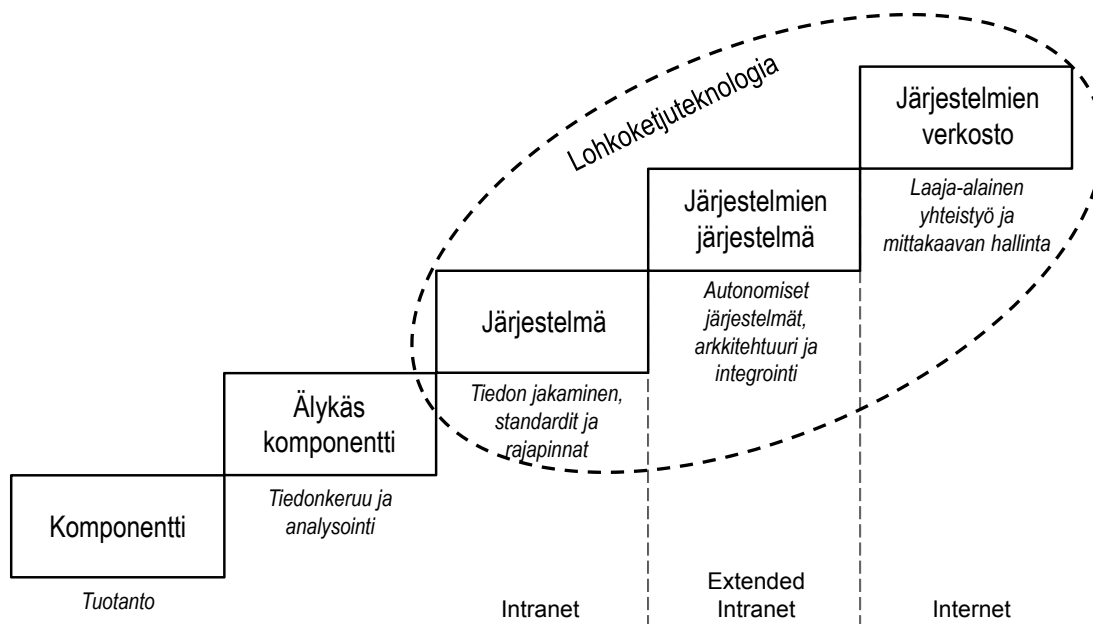
Lohkoketjuteknologia onkin tietojen hajautettuna säilyttämismenetelmänä äärimmäisen luotettava. Sen luotettavuus on myös tietyllä tapaa aiempia menetelmiä universaalimpaa. Ai-

emmista ratkaisuista poiketen lohkoketjuteknologia ei edellytä luottamista yhteenkään verkon yksittäiseen jäseneseen, sillä riippumatta tietojen lähteestä niiden oikeellisuus voidaan aina kryptografisesti todentaa. Ainoa edellytys luotettavuudelle on, että laskentatehossa mitattuna vähintään puolet vertaisverkon ylläpitäjistä toimii rehellisesti. Näin ollen tietoja voidaan turvallisesti uskoa säilytettäväksi jopa osaltaan sellaistenkin tahojen haltuun, joilla olisi suora henkilökohtainen intressi vääristellä niitä.

3.3 Lohkoketjuteknologian kehitys

Ensimmäinen lohkoketjuteknologiaa hyödyntävä sovellus, Bitcoin-kryptovaluutta⁵, sai alkunsa vuonna 2009 kaikessa hiljaisuudessa. Jo vuonna 2013 uutisoitiin Bitcoin-vertaisverkon olevan ylivoimaisesti maailman nopein pilvi, laskentateholtaan noin 250 kertaa nopeampi kuin maailman 500 nopeinta supertietokonetta yhdessä (Cohen, 2013). Sitten lohkoketjuteknologian kehitys on kulkenut helpommin digitalisoitavista tuotteista ja palveluista kohti vaikeammin digitalisoituvia yleispäteviä arkkitehtuuriratkaisuja, järjestelmien järjestelmiä sekä järjestelmien verkostoa (ks. kuvio 3).

Kuvio 3 Teollisen internetin järjestelmäarkkitehtuurin eri tasot. Lohkoketjuteknologia saattaa olla palapelin puuttuva palanen kolmen ylimmän portaan yhdistämiseksi toisiinsa.



Lähteet: Soveltaen Juhanko, Jurvansuu, Ahlqvist et al. (2015); Ailisto, Mäntylä, Seppälä et al. (2015).

⁵ Bitcoin on maksualustasoftware, jossa verkon käyttäjät luovat keskenään lohkoketjuteknologialla hajautetun kirjanpito-tietokannan tiliensä saldoista ja niiden välisistä tilisiirroista. Menetelmä ei toimiakseen vaadi pankkeja, luottokorttiyhtiöitä tai mitään muitakaan keskuskontrollia harjoittavia auktoriteettitahoja, vaan maksujärjestelmän käyttäjät tuottavat itse koko palvelun hajautetusti keskenään. Bitcoin-verkko on toiminut lähes moitteettomasti vuodesta 2009 lähtien, ja nykyään sen kautta välitetään sähköisiä maksuja kymmenien miljoonien eurojen arvosta päivittäin. (<https://blockchain.info/charts/estimated-transaction-volume-usd>)

Nykyisellään lohkoketjuteknologia vaikuttaa lupaavalta vaihtoehdolta älykkäiden tuotteiden ja palveluiden platformiteknologiaksi juuri niissä tilanteissa, joissa muut arkkitehtuuriratkaisut olisivat liian kustannusintensiivisiä tuotannon kokonaiskustannuksiin suhteutettuna. Lohkoketjuteknologian avulla älykkäiden tuotteiden ja palveluiden verkosto voidaan tuottaa täysin itsenäisenä vertaisverkkona laitteiden itsensä välillä (ks. kuvio 1C), eikä erillistä ulkoisiin pilvipalveluihin perustuvaa tausta-arkkitehtuuria tarvita periaatteessa lainkaan.

4 Osaammeko kysyä oikeita kysymyksiä? Haluammeko muuttaa ajattelutapaamme?

Tietoyhteiskunnan vallitseva kehitystrendi on, että laskenta- ja tiedontallennuskapasiteetti siirtyvät päätelaitteelta pilveen. Monissa organisaatioissa pohditaankin kuumeisesti, tulisi-ko tietoja säilyttää yrityksen omilla laitteilla vai pilvessä ja kenelle laitteesta erkanevan datan omistajuuden missäkin tilanteessa tulisi kuulua (Ailisto, Mäntylä, Seppälä et al., 2015 s. 16–17; Manner, 2015). On syytä kuitenkin ymmärtää, että mikäli älykkäiden tuotteiden ja palveluiden verkosto tulee rakentumaan esimerkiksi juuri lohkoketjuteknologiaan perustuvan vertaisverkkoarkkitehtuurin pohjalta, ovat nämä kysymykset jo lähtökohtaisesti väärin aseteltuja. Kun jokainen älykäs komponentti itsessään on vertaisverkon tasavertainen osa, jaottelu laitteen ja pilven välillä menettää merkityksensä.

Olennaiseksi kysymykseksi laitteen ja pilven konvergenssissa nousee ennemminkin se, kuinka mukautumiskykyisiä erilaisiin tehtäviin älykkäiden komponenttien mikropiirit ovat. Kun komponentit itsessään muodostavat pilven keskenään, ovat joustavuus ja hyödyt sitä suuremmat, mitä paremmin eri mikropiirit voivat ottaa toistensa tehtäviä tilapäisesti hoitaakseen. Mikäli joustavuus on riittävän korkea-asteista ja verkko on riittävän suuri, kykenee älykkäiden komponenttien vertaisverkko itsenäisesti täsmälleen samaan kuin hajautetut pilvipalvelutkin, mutta vain murto-osalla niiden kustannuksista.

Lohkoketjuteknologia voikin mullistaa täysin teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaation ennakoidut ansaintalogiikat juuri siksi, että sen avulla älykkäät komponentit voivat jakaa paljon muutakin kuin pelkkää dataa – esimerkiksi laskentatehoa, tallennustilaa, kaistanleveyttä tai vaikkapa energiaa. Lohkoketjutietokantojen avulla älykkäät komponentit voivat nimittäin turvallisesti tuottaa täysin hajautettuja vaihdantapörssejä ja markkinapaikkoja keskenään. Mahdollista on siten vaihdanta ja yhteistyö myös sellaisten älykkäiden komponenttien välillä, jotka eivät luota toisiinsa ja joiden kesken vaihdantaa ei ole etukäteen suunniteltu. Menetely mahdollistaisi tuotannollisen joustavuuden ja kustannusoptimoinnin täysin uudessa mitakaavassa.

Lohkoketjuteknologian tuotantotehokkuudellisten hyötyjen valjastaminen edellyttää, että niin data kuin monet muutkin tuotantontekijät, kuten esimerkiksi laskentateho, tallennustila sekä energia, ovat kaikkien älykkäiden komponenttien kesken jaettuja ja siten myös kaikille toimijoille avoimesti saatavilla. Omistajuuteen liittyvien aspektien hämärtyessä ja myös menettäessä tällöin osittain merkityksensä, tuotantontekijöiden eksklusiiviseen hallintaan perustuva ansaintalogiikka ei enää toimi.

Periaatteessa yrityksen on toki mahdollista pyrkiä suojaamaan ekosysteeminsä tuotannon tekijöitä siten, että omat älykkäät komponentit yksinkertaisesti kieltäytyvät kommunikoimasta kilpailijoiden ekosysteemien kanssa ja rakentavat oman suljetun verkostonsa. Lohkoketju-

Case: Älykkäät akut ja autonomiset markkinapaikat

Sähköautojen houkuttelevuutta on pitkään haitannut se, että ajoneuvon akun lataaminen on kesännyt liian kauan itse ajoaikaan nähden. Vuonna 2013 Tesla ratkaisi tämän ongelman esittelemällä sähköautoille suunnatun palvelukonseptin, jossa lataamisen sijaan autoon vaihdetaan huoltoasemalla kokonaan uusi täysinäinen akku. Mikäli Teslan konsepti leviää laajamittaiseen käyttöön ja akut varustetaan mukautumiskykyisillä mikropiireillä, voidaan konseptia hahmotella pitkälle eteenpäin lohkoketjuteknologian avulla, esimerkiksi seuraavasti:

Kun ajoneuvon akku jätetään kyydistä huoltoasemalle latautumaan, se kytkeytyy vertaisverkkoon, jonka älykkäät komponentit yhdessä keskenään tuottavat. Akku alkaa kerätä lohkoketjusta tietoa esimerkiksi sähkön kysynnästä ja tarjonnasta, akkujen varastotasosta läheisillä latauspisteillä, autojen liikennetiedoista, jokaisen toimintasäteen sisällä olevan akun statuksesta sekä monesta muusta yksittäisestä asiasta. Tiedot kerättyään akku tekee trendianalyysin siitä, kannattaisiko sen ostaa sähkövirtaa joltakin sitä kyseisellä alueella tarjoavalta ja ladata itsensä heti täyteen, vai olisiko akulle kannattavampaa myydä itsessään jäljellä oleva varaus johonkin ja odottaa halvempaa sähkön markkinahintaa.

Trendianalyysin tekemiseen akku voi tarvittaessa ostaa lisälaskentatehoa esimerkiksi muilta latauspisteellä odottavilta akuilta sekä vaikkapa huoltoaseman juoma-automaatilta ja siivouskaapin robotti-imurilta, jotka eivät juuri sillä hetkellä omaa prosessoriaan muihin tehtäviin tarvitse. Laskentatehon halvimman tarjoajan akku etsii vaihdantapörssistä, jonka älykkäät komponentit lohkoketjuteknologian avulla yhteisesti tuottavat. Korvauksen laskentatehosta akku maksaa laitteiden tileille lohkoketjuteknologiaan pohjautuvalla kryptovaluutalla omalta laitekohtaiselta tililtään.

Todettuun kannattavaksi ladata itsensä täyteen ja maksimivarauksen saavutettuaan, akku liittyy jälleen komponenttien tuottamaan markkinapaikkaan ja alkaa markkinoida itseään lähistöllä liikkuville autoille, joiden kanssa se on yhteensopiva ja joiden kyydissä olevan akun varaus on heikko. Akku voi tarjota itseään kyytiin otettavaksi myös sellaisille autoille, joiden akun varaustaso on hyvä, mutta joiden lataus on tapahtunut kalliimmalla hinnalla. Jos kuljettaja hyväksyy tarjouksen, kalliimpi akku jätetään kyydistä, erotus tilitetään kryptovaluutassa akun ja ajoneuvon välillä ja ajoneuvo jatkaa matkaansa halvemman sähkövirran turvin. Ääritapauksessa akku voi tarjoutua ajoon tappiolla, jos se muuten uhkasi jäädä jumiin harvakseltaan liikennöidylle asemalle syrjäseudulla. Mahdollista on sekin, että akku tarjoaa itseään käytettäväksi myös muihin laitekokonaisuuksiin, kuten vaikkapa hitsauslaitteisiin tai kotitalouksiin, jos komponentit vain suinkin ovat keskenään yhteensopivia.

Kun akku on ajan mittaan kerännyt laitekohtaiselle tililleen riittävästi voittoa, se tilaa itselleen laitehuollon, jonka se maksaa tililtään kryptovaluutalla. Jos voittoa jää yli vielä, kun kaikki toiminnalliset kulut on katettu, akku tilittää erotuksen omistajayritykselleen. Tilitysten välisenä aikana omistajan ei tarvitse kiinnittää akkuun sen erityisemmin mitään huomiota, vaan akku tekee liiketoimintaa täysin omatoimisesti, ikään kuin yhden komponentin pienoistytäryhtiönä. Sadoille miljoonille tai jopa miljardoille akuille tuotettuja kalliita keskitettyjä pilvipalveluita tai muita taustaprosesseja ei yritykseltä vaadita, vaan jokainen akku ostaa tarvitsemansa tuotteet ja palvelut itse halvimmalta tarjoajalta aina tilannekohtaisesti.

Elinkaarensa lopussa akku kilpailuttaa ja tilaa itse oman kierrätyksensä ja maksaa sen omista voittovaroistaan, eikä jätehuolto siten jää asiakkaan tai yrityksen huolehdittavaksi. Jälkeensä jäävän ”perinnön” akku tilittää viimeisenä toimensa omistajayritykselleen.

teknologian kilpailuympäristössä tällainen eristäytyvä liiketoimintamalli olisi kuitenkin suuri uhka yrityksen oman liiketoiminnan kilpailukyvyille ja jatkuvuudelle. Kilpailijoiden soveltaessa innovatiivisempia, järjestelmien avoimeen yhteistyöhön perustuvia ansaintalogiikoita ja tehokkuusetuja, olisi eristäytyvä yritys vakavassa vaarassa tulla kilpailluksi nopeasti hengiltä.

4.1 Merkitys liikkeenjohdolle

Jos yhteiskunnan kaikki toimijat siirtyvät älykkäiden laitteiden ja palveluiden verkostoon, voidaan helposti ennustaa, että palveluiden osuus teollisuuden arvonnäistä tulee olemaan nykyistä tasoa merkittävästi suurempi. Lohkoketjuteknologiaan perustuva arkkitehtuuri hämärtäisi entisestään tätä teollisuuden ja palveluiden välistä rajanvetoa. Vaikka huomio siten vääjäämättä kiinnittyikin palveluiden kehittämiseen, on tärkeää ymmärtää, että infrastruktuurien, laitekannan ja valmistuksen rooli on myös jatkossa edelleen merkittävä (Seppälä & Kenney, 2012; Seppälä & Kalm, 2013). Teollisia palveluita ei voida markkinoida ennen kuin teollisten tuotteiden järjestelmät ja siihen pohjautuva laitekanta ja infrastruktuuri on myyty maailmalle. Kokonaisjärjestelmien, älykkäiden tuotteiden ja palveluiden, kaikki yhteiskunnan toimijat huomioiden, kehittämisen painoarvoa ei siksi pidä aliarvioida teollisuuden strategioissa.

Teollisuuden digitalisaation strategiaa mietittäessä on huomioitava, että tietoliikenneteknologioiden elinkaari on yleensä hyvin pitkä. Tietokoneiden kohdalla kesti yli 20 vuotta ennen kuin internet saavutti kehityshuippunsa ja mobiililaitteiden osalta tuo huippu on edelleen vielä saavuttamatta.

Nyt on oikea aika käynnistää ensimmäiset arkkitehtuurilliset pilottijärjestelmät ja ohjelmistotoimitukset, jotka hyödyntävät vertaisverkko- ja lohkaketjuteknologiaa sekä mahdollisesti muita vastaavia disruptiivisia teknologioita. Yritysten tulisi varata pääomia omien yrityskohtaisten pilottialustojen rakentamiseen ja ensimmäiset tuotteet tulisi pilotoida markkinoille jo seuraavien 3–5 vuoden aikana. Näin koko tuote- ja palveluportfolio ehditään ajoissa uusiksi ennen tulevan teknologiahuipun saavuttamista.

Yritysten tulisi myös aktiivisesti yrittää haalia itselleen osaamista lohkaketjuteknologian kaltaisista innovaatioista sekä tietoa yleisesti aihepiiriin liittyen. Käytännössä tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi käynnistämällä tutkimus- ja tuotekehityksen pilottihankkeita yhteistyössä yliopistojen kanssa. Syytä olisi harkita myös esimerkiksi venture-pääomasijoituksia muun muassa lohkaketjuteknologian parissa työskenteleviin start-up -yrityksiin.

Liiketoimintamallien kehittämisessä lohkaketjuteknologia ja mahdolliset muut vastaavat teknologiat tulisi ymmärtää ennen kaikkea suurena mahdollisuutena avata täysin uudenlaisia markkinoita ja ansaintalogiikoita. Eräs big data -liiketoiminnan suurimpia haasteita nimittäin on se, että tietomassat ovat usein hajallaan hyvin sekalaisessa muodossa ja siksi digitaalisen ”datajätteen” jalostaminen arvoksi on monesti hyvin hankalaa (Huberty, 2015). Lohkoketjuteknologian järjestelmäarkkitehtuurissa kaikki jaettava data syntyy täysin ennakoitavassa muodossa, se on avoimesti saatavilla ja se myös säilyy lohkaketjussa 100-prosenttisesti. Parempia lähtökohtia datan arvonalostukselle onkin vaikea äkkiseltään kuvitella.

4.2 Merkitys julkiselle sektorille ja politiikalle

Myös julkisen sektorin taholla lohkoketjuteknologian kypsymiseen tulisi alkaa valmistautua jo lähivuosien aikana. Ominaisuuksiensa puolesta lohkoketjuteknologia tulisi ymmärtää yhdeksi potentiaalisiksi työkaluksi erilaisten rakenneuudistusten toteuttamisessa. Sen avulla olisi mahdollista esimerkiksi vähentää sääntelyn tarvetta joillakin yhteiskunnan osa-alueilla big dataan perustuvan älykkään yhteiskuntasuunnittelun kautta.

Avoimuutensa sekä luotettavuutensa johdosta lohkoketjuteknologialla voitaisiin myös merkittävästi parantaa julkishallinnon ohjautuvuutta, mikä osaltaan edesauttaisi kustannusrakenteen keventämistä julkisella sektorilla. Teknologia on niin ikään hyvin soveltuva anonyymiin, mutta julkisten tietokantojen luomiseen, jolloin esimerkiksi erilaisia sähköisiä äänestyskäytäntöjä voitaisiin järjestää täysin läpinäkyvästi ilman, että äänestäjien anonymiteetti vaarantuu.⁶

Teollisuuden digitalisaation murroksessa standardien rooli on ymmärrettävästi hyvin merkittävä. Platformien kehitykseen liittyvät eurooppalaiset käytännöt eroavat kuitenkin tässä suhteessa pohjoisamerikkalaisista vastineistaan olennaisesti. Siinä, missä Pohjois-Amerikassa standardien synnyttäminen on uskottu enimmäkseen markkinavoimien vastuulle, on Euroopassa tavanomaisempaa pyrkiä luomaan platformistandardeja valtiollisen intervention keinoin. Ei liene yhtä oikeaa vastausta siihen, kumpaa lähestymistapaa meillä tulisi soveltaa, mutta on joka tapauksessa tärkeää, että julkishallinnon taholla vähintäänkin tiedostetaan tarve teollisuuden digitalisaation vertaisverkkoteknologioita ja muita vastaavia teknologioita koskevien standardien muodostumiselle.

Tutkimuksen tekemisen ja rahoittamisen kannalta on olennaista hahmottaa teollisuuden digitalisaation koko potentiaali ja yhteisen platformin luomisen keskeisyys ilmiön kaupallisten hyötyjen valjastamisessa. Vertaisverkkoteknologiat, kuten lohkoketjuteknologia, tulisi ymmärtää disruptiivisina innovaatioina ja niille tulisi mahdollisuuksien mukaan harkita luotavaksi erityistä tutkimusohjelmaa.

5 Digitaalinen murros edellyttää systeemitasoisempaa ajattelua

Vielä muutama vuosi sitten big datan uskottiin yleisesti mullistavan koko teollisuuden ja yhteiskunnan rakenteen täysin uuteen muotoon. Kehitys on kuitenkin sittemmin osoittanut, ettei uusi teollinen vallankumous synny ainoastaan laitteita ja palveluita internetiin liittämällä eikä pelkästään big dataa jalostamalla. Teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaatiota koskevassa keskustelussa onkin jumiuduttu liian kapea-alaiseen ajatteluun, jossa älykkäiden laitteiden ja palveluiden verkosto nähdään pelkkänä datan jakamisen verkostona.

Älykkäiden laitteiden ja palveluiden verkosto tulisi ennemminkin hahmottaa systeemiteoreettisen lähestymistavan kautta paljon laajempaan kokonaisuuteen, jossa data on vain yksi jaettava resurssi monien muiden tuotantotekijöiden joukossa. Kun eri komponentit voivat te-

⁶ Esimerkiksi tanskalainen Liberal Alliance -puolue on ottanut käyttöön lohkoketjuteknologiaan pohjautuvan äänestysjärjestelmän puolueen sisäisissä äänestyksissä. (Sparkes, 2014; ks. myös esim. <www.bitcongress.org>)

hokkaasti jakaa esimerkiksi laskentatehoa, tallennustilaa sekä energiaa keskenään, ovat tuotantotehokkuudelliset kokonaishyödyt ja yritysten tuottavuus aivan eri suuruusluokkaa kuin pelkästään eri toimintoja datan avulla optimoitaessa.

Kun ensimmäinen WWW-palvelin kytkettiin verkkoon 1990-luvun alussa, tuskin kukaan olisi kuvitella, kuinka radikaalisti kyseinen innovaatio tulisi mullistamaan yhteiskunnan taloudellisen toimintaympäristön tulevan neljännesvuosisadan aikana. Niitä ansaintalogiikoita, joita nykyisen globaalin talouden suurimmat pelurit liiketoiminnassaan soveltavat, olisi tuolloin tuskin osattu edes visioida. Olisi hullunkurista kuvitella, että nyt meneillään olevan digitalisaation kohdalla olisimme tällä kertaa sen viisaampia.

Teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaation suuri vallankumouksellisuus ei perustu asteittaisiin innovaatioihin ja nykyisten ansaintalogiikkojen tehostamiseen big datan avulla. Ilmiön todellinen muutosvoima piilee lohkoketjuteknologian kaltaisissa disruptiivisissa innovaatioissa, jotka mahdollistavat täysin uusia liiketoimintamalleja sekä ennennäkemättömiä ansaintalogiikoita. On aika nostaa teollisuuden ja yhteiskunnan digitalisaatiota koskeva keskustelu uudelle, systeemiselle tarkastelutasolle.

Liite 1: Vertailu

<p>Internet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Globaali tietoliikenneverkko 	<p>Älykkäiden tuotteiden ja palveluiden verkosto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keskenään kommunikoivien esineiden verkko
<p>TCP/IP</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viestintäprotokolla, joka mahdollistaa erilaisten tietoverkkojen yhdistämisen ja laitteiden välisen viestinnän niissä tehokkaasti 	<p>Lohkoketjuteknologia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protokolla, joka mahdollistaa julkisten tietokantojen tuottamisen täysin hajautetusti ja erittäin turvallisesti
<p>World Wide Web</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arkkitehtuuri, johon kuka tahansa voi täysin vapaasti luoda tarpeisiinsa sopivia sovelluksia ja saattaa ne julkisesti käytettäväksi TCP/IP-protokollan välityksellä • Mahdollisti esim. hypertekstin, kuvien ja muun mediasisällön esittämisen web-sivustojen muodossa, sekä myöhemmin myös täysin dynaamiset ja interaktiiviset sivustot, kuten selainpohjaiset pelit, karttapalvelut, nettipankkipalvelut, sosiaalisen median palvelut yms. • Mahdollisti kenen tahansa julkaista käytännössä mitä tahansa tuotettua sisältöä ilman välikäsiä. 	<p>Adept, Ethereum, Madsafe yms.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arkkitehtuureja, joihin kuka tahansa voi täysin vapaasti luoda tarpeisiinsa sopivia lohkoketjuteknologiaa hyödyntäviä sovelluksia ja saattaa ne julkisesti käytettäväksi • Mahdollistavat esim. hajautetusti tuotetut digitaaliset valuutat, älykkäät sopimukset, mikromaksut, sähköiset omaisuusrekisterit, identiteetti- ja maineenhallintarekisterit, äänestysjärjestelmät, laitteiden väliset keskinäiset maksut, autonomiset organisaatiot yms. • Mahdollistavat kenelle tahansa käytännössä minkä tahansa luottamusta edellyttävän vuorovaikutuksen toteuttamisen sähköisesti ilman välikäsiä.

Lähteet

- Ahluwalia, G. (2014). Device Democracy. Institute of Business Value, IBM. Videoitu esitelmä. Viitattu 22.4.2015. <<https://youtu.be/hwaBM-kQeqc>>
- Ailisto, H. (toim.), Mäntylä, M. (toim.), Seppälä, T. (toim.), Collin, J., Halén, M., Juhanko, J., Jurvansuu, M., Koivisto, R., Kortelainen, H., Simons, M., Tuominen, A. & Uusitalo, T. (2015). Suomi – Teollisen Internetin Piilaakso, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 2015/4.
- Baran, P. (1964). On Distributed Communications Networks. IEEE Transactions on Communications Systems Volume 12, Issue 1, pp 1–9.
- Cohen, R. (2013). Global Bitcoin Computing Power Now 256 Times Faster Than Top 500 Supercomputers, Combined! Forbes 11.28.2013. Viitattu 30.4.2015. <<http://www.forbes.com/sites/reuvencohen/2013/11/28/global-bitcoin-computing-power-now-256-times-faster-than-top-500-supercomputers-combined/>>
- 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>
- Higginbotham, S. (2014). Check out IBM's proposal for an internet of things architecture using Bitcoin's block chain tech. Viitattu 11.5.2015. <<https://gigaom.com/2014/09/09/check-out-ibms-proposal-for-an-internet-of-things-architecture-using-bitcoins-block-chain-tech/>>
- Huberty, M. (2015). Awaiting the Second Big Data Revolution: From Digital Noise to Value Creation. Journal of Industry, Competition and Trade Volume 15, Issue 1, pp 35–47.
- Juhanko, J. (toim.), Jurvansuu, M. (toim.), Ahlqvist, T., Ailisto, H., Alahuhta, P., Collin, J., Halen, M., Heikkilä, T., Kortelainen, H., Mäntylä, M., Seppälä, T., Sallinen, M., Simons, M. & Tuominen, A. (2015). Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi: Taustoittava kooste, ETLA Raportit 42.
- Manner, M. (2015). Should "cloud" be understood to mean "someone else's server"? Viitattu 08.05.2015 <<https://www.linkedin.com/pulse/should-cloud-understood-mean-someone-elses-server-mikko-manner>>
- Mougayar, W. (2014). The Blockchain is the New Database, Get Ready to Rewrite Everything, Viitattu 6.5.2015. <<http://startupmanagement.org/2014/12/27/the-blockchain-is-the-new-database-get-ready-to-rewrite-everything/>>
- Pajarinen, M. & Rouvinen, P. (2014). Computerization threatens one third of Finnish employment. ETLA Brief 22. 13 January 2014.
- Pon, B., Seppälä, T. & Kenney, M. (2014). Android and the demise of operating system-based power: Firm strategy and platform control in the post-PC world; Volume 38, Issue 11, pp. 979–991.
- Pon, B., Seppälä, T. & Kenney, M. (2015). One Ring to Unite Them All. Convergence, the Smartphone, and the Cloud; Volume 15, Issue 1, pp 21–33.
- Porter, M. E. & Happelmann, J. E. (2014). How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. Harvard Business Review. November 2014.
- Rust, S. (2014). Evolution of #IoT. Exicon. Viitattu 22.4. <<http://www.slideshare.net/srust99/the-evolution-of-oot>>

Seppälä, T. & Kalm, M. (2013). Profiting from product innovation: a product life analysis of the economic geography of value added. Industry Studies Working Papers 1.

Seppälä, T. & Kenney, M. (2012). Building on Complementary Assets in a Unified TCP/IP World; Berkeley Roundtable on the International Economy (BRIE) Working Paper Series No. 204.

Sparkes, M. (2014). The coming digital anarchy. The Telegraph 9.6.2014. Viitattu 11.5.2015. <<http://www.telegraph.co.uk/technology/news/10881213/The-coming-digital-anarchy.html>>

Zook, M. (2002). Grounded Capital: Venture Financing and the Geography of the Internet Industry, 1994–2000. *Journal of Economic Geography* 2002, Volume 2, Issue 2, pp 151–177.

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

- 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 Määttä – 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.*
- No 42 *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, Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi. Taustoittava kooste. 5.1.2015. 61 s.*
- No 43 *Annu Kotiranta – Antti-Jussi Tahvanainen – Peter Adriaens – Maria Ritola, From Cleantech to Cleanweb – The Finnish Cleantech Space in Transition. 25.3.2015. 61 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)