

Vesa Kilpiäinen & Teemu Toivanen

LAITEVERKON KESKEISIMMÄT OHJELMISTOALUSTAT
JA NIIDEN MUODOSTAMAT EKOSYSTEEMIT



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS

2014

TIIVISTELMÄ

Vesa Kilpiäinen ja Teemu Toivanen

Laiteverkon keskeisimmät ohjelmistoalustat ja niiden muodostamat ekosysteemit

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2014, 84 s.

Tietojärjestelmätiede, Pro Gradu- tutkielma

Ohjaajat: Eetu Luoma ja Oleksiy Mazhelis

Tutkimuksen aihealue on laiteverkko, joka on valtava, meitä kaikkialla ympäröivä toisiinsa kytkettyjen älykkäiden laitteiden muodostama verkosto. Tämän verkoston jäsenten keräämää dataa voidaan hyödyntää eri sovellusalueilla, kuten kiinteistöautomaatiossa, terveydenhuollossa sekä logistiikassa. Laiteverkon sovellusten yleistyessä jatkuvasti, on selvä tarve laiteverkon liiketoiminnalliselle tutkimukselle. Koska laiteverkko tutkimuskohteena on kuitenkin hyvin laaja, on tutkimus rajattu käsittelemään erilaisia ohjelmistoalustoja, joiden avulla laiteverkon laitteiden keräämää dataa voidaan jatkojalostaa erilaisiksi sovelluksiksi. Ohjelmistoalustat toimivat useimmissa tapauksissa myös verkoston tai ekosysteemin ytimenä.

Tämä tutkimus pyrkii kirjallisuuskatsauksen avulla selventämään kuvaa laiteverkon luonteesta ja sen käyttökohteista sekä esittelemään laiteverkon liiketoiminnallisia piirteitä, kuten sen arvoketjuja sekä liiketoimintaekosysteemejä. Tutkimuksen empiirisessä osiossa esitellään tutkimuksen keskeisimmät tulokset: Laiteverkon toimijoista kerätyn tiedon avulla muodostettu laiteverkon ohjelmistoalustojen yhteistyöverkosto, verkostanalyysin avulla löydetyt keskeisimmät ohjelmistoalustatoimittajat sekä malli laiteverkon ohjelmistoalustojen ympärille muodostuneista liiketoimintaekosysteemeistä.

Asiasanat: esineiden internet, verkostanalyysi, visualisointi, verkkoliiketoiminta

ABSTRACT

Vesa Kilpiäinen and Teemu Toivanen

Key Internet of Things programming platforms and their ecosystems

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2014, 84 p.

Information Systems Science, Master's Thesis

Supervisors: Eetu Luoma and Oleksiy Mazhelis

This study considers Internet of Things, or IoT, a vast network of intelligent and interconnected devices that surround us everywhere. Data gathered by this network can be utilized in different application domains, such as real estate automation, healthcare and logistics. As applications exploiting Internet of Things continue to become more common, there is an obvious demand for studies focusing on business side of Internet of Things. Since Internet of Things as a field of study is extensive, this study focuses on programming platforms which enable development of different applications that process data gathered by devices connected to Internet of Things. Platforms are also usually the core of network or ecosystem.

By literature review, this study attempts to clarify the nature of Internet of Things and its field of use and also present its business aspects, for example value chains and business ecosystems. The empirical part of this study presents the key results: A constructed partnership network of Internet of Things programming platforms, key programming platform providers identified by network analysis and a model of business ecosystems developed around programming platforms.

Keywords: Internet of Things, network analysis, visualization, e-business

KUVIOT

KUVIO 1 Gartnerin käyrä uusista teknologioista (Hurlburt ym., 2012)	15
KUVIO 2 Välistävetohyökkäys (Atzori, Iera & Morabito, 2010)	16
KUVIO 3 Ekosysteemityypit (Koenig, 2012)	23
KUVIO 4 Ekosysteemistrategian muodostaminen (Adler, 2006)	25
KUVIO 5 Laiteverkon ohjelmistoalustan komponentit	33
KUVIO 6 Leikkauspiste ja silta (Knoke & Kuklinksi, 1982)	42
KUVIO 7 Koko yritysverkosto, Kamada-Kawai	44
KUVIO 8 Ohjelmistoalustojen verkosto	45
KUVIO 9 Ohjelmistoalustojen leikkauspisteet, Fruchterman-Reingold.....	50
KUVIO 10 Keskeisimmät ohjelmistoalustat koko verkostossa	58
KUVIO 11 Merkittävimmät ohjelmistoalustat omassa verkostossaan	59
KUVIO 12 Sovellusvirran malli (Jumira & Wolhuter, 2011)	61
KUVIO 13 Kuluttajalaitevirran malli (Jumira & Wolhuter, 2011)	62
KUVIO 14 Vertikaalinen laajennus arvoketjuun (Stammier, 2006).....	63
KUVIO 15 Laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemi	68

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Mobiiliekosysteemin kasvu vuosina 2007-2012 (Constantinou, 2013).....	27
TAULUKKO 2 Laiteverkkoekosysteemin roolit (Mazhelis ym., 2011).....	37
TAULUKKO 3 Esimerkki yritysten yhteistyökumppanuuksista.....	39
TAULUKKO 4 Organisaatioiden keskeisyys asteluvun mukaan	46
TAULUKKO 5 Organisaatioiden keskeisyys läheisyysluvun mukaan.....	47
TAULUKKO 6 Organisaatioiden keskeisyys välillisyyssluvun mukaan	49
TAULUKKO 7 Organisaatioiden pistearvot.....	53
TAULUKKO 8 Valittujen ohjelmistoalustojen ominaisuuksien vertailu	54

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
KUVIOT	4
TAULUKOT	5
SISÄLLYS.....	6
1 JOHDANTO	9
1.1 Tutkimusongelmat	9
1.2 Tutkimusote ja menetelmät	10
1.2.1 Tiedonkeruutavat	10
1.2.2 Ohjelmistoalustojen yhteistyöverkoston muodostaminen	11
1.3 Tutkielman rakenne	12
2 MIKÄ ON LAITEVERKKO ?	13
2.1 Laiteverkon määritelmä	13
2.2 Radiotaajuinen etätunnistus	14
2.3 Laiteverkon kehitys.....	14
2.3.1 Tietoturva ja yksityisyys	15
2.3.2 Laitteiden liitettävyys	16
2.3.3 Yhteensopivuus	17
2.3.4 Testaus	17
2.4 Laiteverkon käyttökohteet	18
2.4.1 Kuljetus ja logistiikka.....	18
2.4.2 Terveysthuolto	19
2.4.3 Älykäs ympäristö	19
2.4.4 Henkilökohtainen ja sosiaalinen käyttö	19
2.4.5 Muita käyttökohteita	20
3 LAITEVERKON LIIKETOIMINTA.....	21
3.1 Liiketoimintaekosysteemit.....	21
3.2 Mobiiliekosysteemit.....	25
3.3 Laiteverkon arvoketjut ja ekosysteemit	27
3.4 Laiteverkon ohjelmistoalustat	30
4 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN YHTEENVETO	34
5 TIEDONHANKINTA JA EMPIIRISEN TUTKIMUKSEN MENETELMÄT ..35	
5.1 Tiedonhankinta ja verkoston muodostaminen.....	35

5.2	Verkoston analysoinnin menetelmät.....	40
6	OHJELMISTOALUSTOJEN YHTEISTYÖVERKOSTON MALLINTAMINEN	43
6.1	Verkoston visualisointi.....	43
6.2	Keskeisten toimijoiden selvittäminen verkostanalyysin avulla.....	45
6.2.1	Keskeisten toimijoiden selvittäminen asteluvun perusteella	45
6.2.2	Keskeisten toimijoiden selvittäminen läheisyysluvun perusteella	47
6.2.3	Keskeisten toimijoiden selvittäminen välillisyyksluvun perusteella	49
6.2.4	Leikkauspisteet ja sillat.....	49
7	OHJELMISTOALUSTOJEN KESKEISYYDEN ANALYYSI.....	52
7.1	Keskeisten toimijoiden esittely.....	52
7.1.1	Novatel Wireless.....	54
7.1.2	Axeda	55
7.1.3	ILS Technology	55
7.1.4	SeeControl	56
7.1.5	CalAmp.....	56
7.1.6	Airbiquity	56
7.1.7	Sierra Wireless	57
7.2	Keskeiset toimijat verkostossa.....	57
7.3	Keskeisimmät ohjelmistoalustojen ekosysteemit	59
7.3.1	Ohjelmistoalustojen arvoketjut	60
7.3.2	Ohjelmistoalustan ekosysteemit	63
8	POHDINTA.....	66
8.1	Tutkimustulosten arviointi	66
8.2	Laiteverkon nykytilanne ja kehitys	68
8.3	Tutkimusprosessin arviointi.....	69
8.4	Jatkotutkimusaiheet	71
9	YHTEENVETO.....	72
	LÄHTEET.....	74
	LIITE 1 LAITEVERKON OHJELMISTOALUSTOJEN TOIMITTAJAT	78
	LIITE 2 KOKO YRITYSVERKOSTO, KAMADA-KAWAI	79
	LIITE 3 OHJELMISTOALUSTOJEN VERKOSTO	80
	LIITE 4 OHJELMISTOALUSTOJEN LEIKKAUSPISTEET, FRUCHTERMAN-REINGOLD.....	81
	LIITE 5 OHJELMISTOALUSTOJEN LEIKKAUSPISTEET, FRUCHTERMAN-REINGOLD, SOLMUT NIMETTY	82

LIITE 6 KESKEISIMMÄT OHJELMISTOALUSTAT KOKO VERKOSTOSSA83

LIITE 7 MERKITTÄVIMMÄT OHJELMISTOALUSTAT OMASSA
VERKOSTOSSAAN84

1 Johdanto

Tällä hetkellä yleisimpiä Internet-yhteydellä varustettuja päätelaitteita ovat tietokoneet, matkapuhelimet sekä televisiot, mutta tulevaisuudessa yhä useampi laitetyyppi tulee olemaan yhteydessä Internetiin. Älykkäiden, Internetiin yhteydessä olevien laitteiden määrä kasvaa jatkuvasti ja mahdollistaa Internetin laajentumisen käsittämään myös tavanomaisimpia esineitä, kuten ruokatarvikkeita, vaatteita ja teollisuuden käyttämiä osia. Cison arvion mukaan vuonna 2020 maailmassa tulee olemaan 50 miljardia Internetiin liitettyä laitetta (Cisco, 2013). Nämä Internetiin liitetyt lukemattomat laitteet muodostavat tulevaisuudessa laiteverkon. Tulemme elämään ympäristössä joka on täynnä aistivia ja erilaisia toimintoja suorittavia laitteita. Kaikkea tätä toimintaa emme edes huomaa, mutta se silti säätelee suurta osaa elämästämme. Siksi on tärkeää, että perusteellisen tieteellisen tutkimuksen kautta voidaan määrittää laiteverkon luonne ja ohjata sitä kohti standardoitua sekä helposti valvottavaa ja hyödynnettävää kokonaisuutta. Laiteverkko ja sen tutkimus koskeekin yhteiskuntaa hyvin laajasti ja siitä on hyötyä monella alalla kuten ICT-alalla, lääketieteessä, yhdyskuntasuunnittelussa sekä teollisten prosessien suunnittelussa ja johtamisessa.

Laiteverkon toimintaan liittyy myös tiiviisti käsite ekosysteemit. Laiteverkon palvelut muodostuvat useista laitteista ja ohjelmistoista ja nämä palvelut luodaan todennäköisesti useamman yrityksen muodostamissa ekosysteemeissä. Mooren (1996) mukaan liiketoiminnassa ekosysteemi on toisiinsa liittyvien tuotteiden tai palveluiden ostajien, toimittajien ja valmistajien verkosto. Ekosysteemeillä on aina joko yksi tai useampi ydintoimija, jota ilman verkoston toiminta ei olisi mahdollista. Jos tunnistetaan tärkeimmät toimijat ja saadaan mallinnettua verkoston rakenne, voidaan saada enemmän tietoa siitä miten verkosto toimii ja miten sitä voisi kehittää tulevaisuudessa yhtenäisemmäksi.

1.1 Tutkimusongelmat

Laiteverkko on vielä käsitteenä uusi ja vaikka aiheesta on tehty jo runsaasti tutkimusta, laiteverkon parissa toimivien yritysten ja organisaatioiden muodosta-

mia ekosysteemejä ei ole vielä kattavasti kartoitettu. Koska laiteverkko koskee niin montaa elämän osa-alueita, on vaikeaa nähdä sen muodostavan yhtenäistä ekosysteemiä ainakaan lähitulevaisuudessa. Sen sijaan oletamme, että ekosysteemit tulevat aluksi muodostumaan eri toimialojen, kuten rakennusautomaatio- tai terveydenhuollon ympärille.

Matkapuhelinekosysteemin verkostoja tutkiessaan Basole (2009) päätyi lopputulokseen siitä, että ohjelmistoalustojen toimittajat ovat tärkeässä roolissa ekosysteemeissä. Basolen väittämä on tänä päivänä osoittautunut todeksi: Kovan kilpailun päätteeksi Googlen ja Applen ohjelmistoalustojen ympärille rakentuvat ekosysteemit näyttävät selviytyvän voittajiksi. Tutkimuksessamme selvitämme tuohon väittämään perustuen, mitkä laiteverkon ohjelmistoalustat ovat keskeisimpiä ja minkälaisia ekosysteemejä niiden ympärille on muodostunut. Niinpä tutkimuksen tutkimusongelmiksi muodostuvat seuraavat kysymykset:

- Mitä käyttökohteita laiteverkolla on?
- Mitä laiteverkkoa hyödyntäviä ohjelmistoalustoja on olemassa?
- Mitkä näistä ohjelmistoalustoista ovat keskeisimpiä?
- Minkälaisia ekosysteemejä keskeisimpien ohjelmistoalustojen ympärille on muodostunut?

1.2 Tutkimusote ja menetelmät

Tutkimus toteutetaan teoriaosuudeltaan kirjallisuustutkimuksena sekä empiiristä osaltaan konstruktivisena tutkimuksena mallintamalla laiteverkon ohjelmistoalustojen toimittajien muodostama yhteistyöverkosto. Tutkimus on myös osaksi eksploratiivista, koska aikaisempia malleja laiteverkon ohjelmistoalustoja toimittavien yritysten verkostosta ei ole olemassa. Empiiristä osuutta varten keräsimme suuren määrän yrityksiä, jotka ovat osallisena laiteverkon tutkimusta ja standardointia edistävissä yhteistyöjärjestöissä. Tutkimusaineiston kerääminen viittaa kvantitatiiviseen tutkimukseen, mutta koska määrittelimme yritysten toimintaa myös niiden roolien kautta, on tutkimus myös osaltaan kvalitatiivista.

1.2.1 Tiedonkeruutavat

Tutkielman teoriaosuus tehtiin kirjallisuuskatsauksena tutustumalla tämänhetkiseen tietoon laiteverkon nykytilasta. Kirjallisuuskatsauksen tarkoitus oli perehtyä syvällisesti aihepiiriin, sekä löytää vastauksia tutkielman kahteen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen: Mitä käyttökohteita laiteverkolla on? Mitä laiteverkkoa hyödyntäviä ohjelmistoalustoja on olemassa?

Koska aihealue itsessään on melko uusi, pyrimme myös valitsemaan käyttämämme lähteet mahdollisimman tuoreista julkaisuista. Poikkeuksena tähän oli muutamia ekosysteemejä ja verkostanalyysiä käsitteleviä artikkeleita, sillä

niitä voitiin käsitellä irrallaan laiteverkosta. Kirjallisuuskatsaukseen liittyviä lähteitä etsimme informaatioteknologia-alan julkaisujen tietokannoista: ACM Digital Library, IEEE Xplore, EBSCOhost, ProQuest Central. Hakukoneina näihin tietokantoihin käytimme Jyväskylän yliopiston NELLI-portaalia sekä Google Scholaria. Käytettyjä hakusanoja olivat esimerkiksi internet of things, IoT M2M, IoT ecosystems, IoT roles, IoT research sekä IoT value chain. Lähteistä rajattiin pois hyvin tekniset ja standardointiin liittyvät julkaisut, sillä laiteverkon tekninen toteutus ei kuulunut tutkimukseemme. Mukana lähteissä oli sekä konferenssijulkaisuja, että aikakausjulkaisuja ja niiden laadukkuus pyrittiin selvittämään niihin viittaavien kirjoitusten lukumäärän perusteella. Julkaisuista luettiin tiivistelmät, jonka perusteelta arviointiin liittykö teksti tutkimuskysymyksen kannalta olennaisiin asioihin.

Tutkimuksen empiiristä osuutta varten kartoitimme laiteverkon parissa toimivia yrityksiä erilaisten yhteistyöjärjestöjen kautta. Kokoamalla tiedot yhteistyöhön osallistuvista yrityksistä sekä niiden omista yhteistyökumppaneista, saimme muodostettua ohjelmistoalustojen toimittajien ympärille kehittyneen yhteistyöverkoston. Tietolähteenä käytimme yhteistyöjärjestöjen kumppanilistoja, yritysten Internet-sivuilta löydettyä kumppanilistoja sekä laiteverkkoon keskittyvien uutislähteiden, kuten M2M Magazinen, uutisointia yhteistyösopimuksista.

1.2.2 Ohjelmistoalustojen yhteistyöverkoston muodostaminen

Työssämme tutkimme laiteverkon keskeisimpiä ohjelmistoalustoja sekä niiden ympärille muodostuneita ekosysteemejä. Keskeisyyden selvittämiseksi ja mahdollisten ekosysteemien kartoittamiseksi meidän piti kuitenkin ensin luoda kuva eri toimijoiden välisistä yhteyksistä. Tähän on apuna sosiaalisten verkostojen analysoinnista alkunsa saanut verkostanalyysi, jonka menetelmiä kuvaillaan tarkemmin luvussa neljä. Sosiaalisten verkostojen analyysissä tieto ja tiedonkulkua määrittelevät verkoston rakennetta. Myös liiketoiminnassa menestyminen ja kilpailuetu perustuvat tiedonhankintaan ja sen eteenpäin välittämisen säätelyyn, joten sosiaalisten verkostojen analysointi tarjoaa sopivan työkalun myös liiketoimintaverkostojen analysointiin. Verkostanalyysi määrittää verkoston rakenteita verkoston toimijoiden välisten yhteyksien avulla (Wasserman & Faust, 1994). Verkoston toimijoita, kuten yrityksiä ja yhteistyöjärjestöjä, nimitetään solmuiksi (engl. node) sekä niiden välisiä yhteyksiä linkeiksi (engl. tie).

Tutkimuksen empiirisessä osiossa käyttämämme konstruktiivisen tutkimuksen tavoitteena on luoda tietämystä erilaisten artefaktien suunnittelua varten (von Aken, 2004). Tämän tutkimuksen tapauksessa se tarkoittaa laiteverkkoa hyödyntävien ohjelmistoalustojen toimittajien ja niiden yhteistyökumppaneiden välisten suhteiden kartoittamista, jotta pystyimme rakentamaan artefaktin: ohjelmistoalustojen ympärille muodostuvan yhteistyöverkoston. Analysoimme muodostettua verkostoa sekä visualisoinnin että verkostanalyysin menetelmien avulla. Tällä tavoin saimme luotua kuvan siitä, millaisia ekosysteemejä eri ohjelmistoalustojen ympärille on muodostunut. Luotua verkostoa arvioidaan luvussa seitsemän.

1.3 Tutkielman rakenne

Tämän tutkielman rakenne koostuu johdantoluvun lisäksi kuudesta sisältöluvusta sekä yhteenvetoluvusta. Toisessa luvussa esitellään laiteverkon käsite sen määritelmien, kehittämiseen liittyvien huomioiden sekä käyttökohteiden kautta. Kolmannessa luvussa keskitytään laiteverkkoon liittyvään liiketoimintaan. Luvussa esitellään liiketoimintaekosysteemin yleistä teoriaa sekä erityisesti laiteverkkoihin liittyviä ekosysteemejä ja laiteverkon arvoketjuja. Lisäksi luvussa esitellään tutkimuksemme keskeinen käsite: laiteverkon ohjelmistoalusta. Neljännessä luvussa on yhteenveto kirjallisuuskatsauksesta, mitä teoriaa löytyi ja mitä puuttui. Viidennessä luvussa kuvataan tutkimusta varten hankitun aineiston kerääminen sekä siihen perustuvan yhteistyöverkoston muodostaminen. Lisäksi esitellään tutkimuksessa käytettäviä verkostoanalyysin menetelmiä. Kuudennessa luvussa kuvataan muodostettua verkostoa visuaalisilla malleilla sekä analysoidaan verkoston rakennetta verkostoanalyysin menetelmillä. Seitsemännessä luvussa esitellään analyysin avulla löytyneet keskeisimmät ohjelmistoalustatoimittajat sekä niiden sijoittuminen verkostomallissa. Luvussa analysoidaan toimijoiden sijoittumista erilaisissa laiteverkon arvoketjuissa, sekä esitellään laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemimalli. Kahdeksannessa luvussa pohditaan tutkimuksen tuloksia, arvioidaan laiteverkon nykytilannetta, mahdollisia tulevaisuuden näkymiä ja arvioidaan tutkimuksen onnistumista. Viimeinen luku on tutkielman yhteenveto, jossa kootaan tutkimuksen tulokset.

2 Mikä on laiteverkko ?

Tällä hetkellä kysymykseen mikä on laiteverkko, on vaikea antaa tyhjentävää vastausta, koska laiteverkko kehittyy ja muuttuu muotoaan jatkuvasti. Laiteverkon voikin määritellä monella eri tavalla ja tätä tutkimusta varten valittu määritelmä ei suinkaan ole ainoa ja kaiken kattava määritelmä siitä, mitä kaikkea laiteverkko voisi olla. Se on kuitenkin hyvä lähtökohta, jonka kautta laiteverkon ideaan on helpompi lähteä syventymään. Laiteverkon idean kuvaamista helpottavat määritelmän lisäksi sen kehityskaaren sekä mahdollisten käyttökohteiden esitteleminen, niinpä seuraavissa luvuissa lähestymme tutkimuksemme aihepiiriä sen määritelmän, kehityshistorian sekä käyttökohteiden kautta.

2.1 Laiteverkon määritelmä

Laitteiden verkko, lyhyemmin termi laiteverkko (engl. Internet of Things) on osa tulevaisuuden Internetiä, ja sitä voidaan kuvailla dynaamiseksi ja globaaliksi tietoverkoksi joka standardoitujen viestintäprotokollien avulla pystyy säätlemään omaa toimintaansa. Tietoverkkoon saumattomasti kytketyillä, yksilöitävillä laitteilla on fyysisiä ominaisuuksia sekä virtuaalisia persoonia ja ne käyttävät erilaisia älykkäitä rajapintoja. Turvallisuus- ja yksityisyysseikat huomioivat rajapinnat tarjoavat laitteille mahdollisuuden viestiä keskenään Internetin välityksellä ja niiden avulla voidaan tiedustella tai muuttaa laitteiden tilaa tai mitä tahansa tietoa, jota niihin on liitetty. (Vermesan ym., 2010). Toinen määritelmä kuvaa laiteverkon maailmaksi, jossa fyysiset laitteet ovat langattomasti liittyneinä informaatioverkkoon, ja nämä laitteet voivat toimia osana liiketoimintaprosesseja (Haller, Karnouskos & Schroth, 2009).

Määritelmän mukaisesti Internetiin yhteydessä olevat laitteet viestivät keskenään yhtenäisillä protokollilla, esimerkiksi kodin lämpötilaa valvovat sensorit viestivät termostaatin kanssa, joka säättää asunnon lämpötilaa. Tällöin puhutaan M2M eli machine-to-machine viestinnästä. On myös mahdollista, että sensorien viestit kulkeutuvat Internetin kautta talon omistajan käytössä olevaan web-käyttöliittymään jonka kautta termostaattia voidaan säädellä.

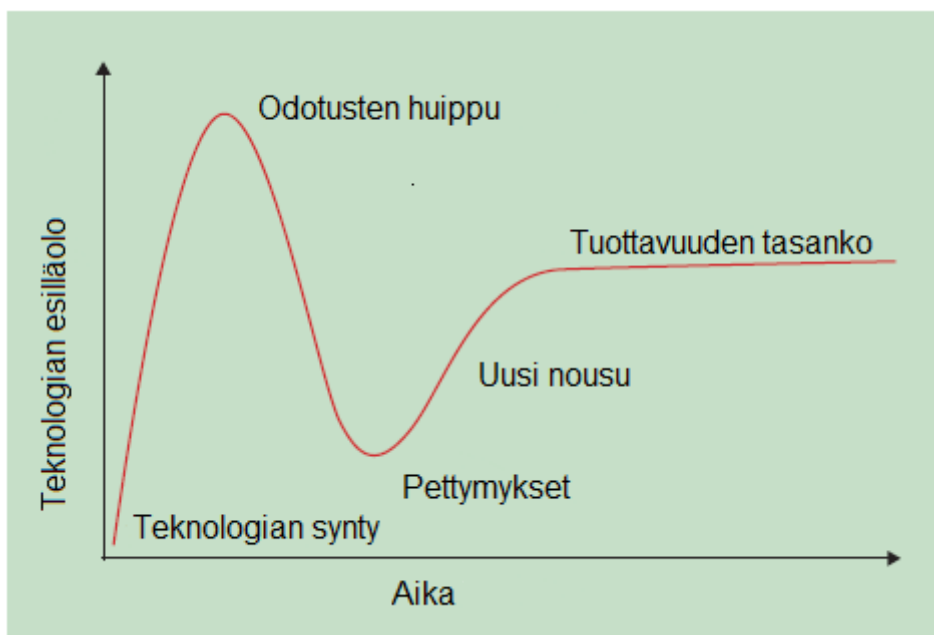
2.2 Radiotaajuinen etätunnistus

Kevin Ashton, Massachusettsin teknillisessä korkeakoulussa RFID-tekniikan parissa työskennellyt tutkija loi laiteverkon alkuperäisen konseptin, johon kuuluu liiketoiminnan tavarantoimitusten valvonta RFID-siruilla Internetin välityksellä (Serbanati, Medaglia & Ceipidor, 2011). Radiotaajuinen etätunnistus (engl. Radio Frequency Identification, RFID) on yleisnimitys radiotaajuuksilla toimiville tekniikoille joita käytetään tuotteiden ja asioiden havainnointiin, tunnistamiseen ja yksilöintiin. Tekniikan toiminta perustuu tiedon tallentamiseen RFID-tunnisteeseen ja sen langattomaan lukemiseen RFID-lukijalla radioaaltojen avulla (RFID Lab Finland, 2012). Etätunnistus on laiteverkon toiminnan avainkomponentti. Laiteverkossa lukijalaitteet vastaanottavat signaaleja useilta RFID-siruilta, joilla on yksilöllinen identiteetti ja jotka voidaan kiinnittää mihin tahansa laitteeseen tai jopa ihmiseen. Lukijalaite lähettää signaalin sirulle, joka tällöin palauttaa oman tietonsa. Lukijalaitteet voivat vastaanottaa signaaleja kauempaa kuin vain näköetäisyydeltä, jolloin tietoa on mahdollista vastaanottaa reaaliajassa hieman pidemmiltä etäisyyksiltä. (Atzori, Iera & Morabito, 2010).

On syytä huomata, että radiotaajuinen tunnistus on jo olemassa oleva teknologia, joka on käytössä useilla markkinoilla. Vuonna 2011 RFID-siruja myytiin 5,84 miljardin dollarin edestä. Edellisinä vuosina myynti oli hidastumaan päin, kunnes suuret valtiot (mm. Kiina) ottivat käyttöönsä RFID-sirulla toimivat henkilökortit (Miorandi, Sicari, De Pellegrini & Chlamtac, 2012). Radiotaajuudessa tunnistuksessa on kuitenkin vielä suuria tietoturvaongelmia langattomuuden takia. Käymme näitä ongelmia läpi myöhemmin laiteverkon ongelmia käsittelevässä luvussa.

2.3 Laiteverkon kehitys

Hurlburt, Voas & Millerin (2012) mukaan laiteverkkoteknologia on ohittanut jo suurimman odotuksen vaiheen Gartnerin käyrällä. Gartnerin käyrällä voidaan ennustaa uuden teknologian ennako-odotuksia ja eri käyttöönotto vaiheita (kuviot 1).



KUVIO 1 Gartnerin käyrä uusista teknologioista (Hurlburt ym., 2012)

Tämä tarkoittaa sitä, että vasta nyt aletaan ymmärtää, mitä oikeasti tarvittaisiin maailmanlaajuisen laiteverkon rakentamiseen. Alkuinnostus vähenee, kunnes jossain vaiheessa pinnalle nousee jokin realistinen ratkaisu käyttöönottoa varten. Hurlburt ym. (2012) ennustaa, että tarvitaan noin viidestä kymmeneen vuoteen kunnes löydetään tällainen realistinen ratkaisu laiteverkon toteuttamiselle. Seuraavaksi esitellään tarkemmin erilaisia ongelmakohtia, joita useat tutkijat ovat nostaneet esille.

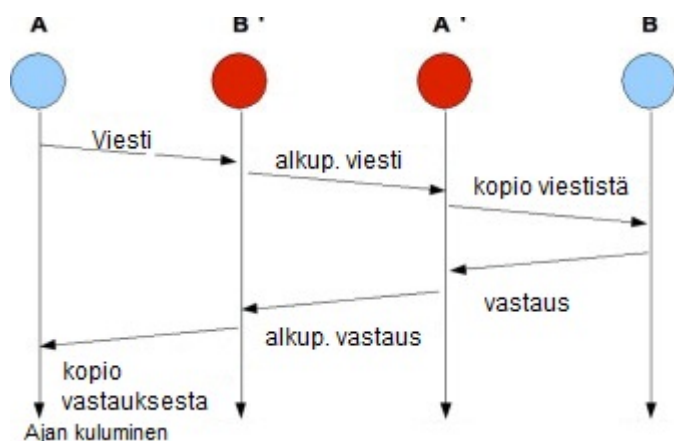
2.3.1 Tietoturva ja yksityisyys

Zeng, Guo & Chengin (2011) mukaan kaikki nykyiset tietoturvaratkaisut eivät ole yhteensopivia laiteverkkotekniikoiden kanssa. Vaikka erilaisia tietoturvaratkaisuja on kehitetty useita vuosikymmeniä, joitain niistä ei silti voida soveltaa laiteverkkoihin. Laajalti levitettyjä yksinkertaisia ja epäyhtenäisiä laitteita jotka kommunikoivat langattomasti keskenään ei voida pitää kovin turvallisina. Yksi mahdollisuus on käyttää jotakin luotettavan kolmannen osapuolen kautta tapahtuvaa kirjautumista, kuten esim. Facebook, Twitter, LinkedIn käyttävät. Moniin web-palveluihin voidaan nykyään kirjautua omilla Facebook tunnuksilla, jolloin käyttäjä säästyy uuden tilin luomisen vaivalta. Jokin tämän tapainen järjestelmä voitaisiin ottaa käyttöön myös laiteverkossa oleville laitteille.

Atzorin ym. (2010) mukaan laiteverkon komponentit (kuten RFID-sirut) ovat erittäin alttiita tietoturvahyökkäyksille. Komponentit on suunniteltu hyvin vähän energiaa käyttäviksi ja laskentateholtaan alhaisiksi (passiiviset komponentit). Tällöin niissä ei voi olla kovin monimutkaisia tietoturvaratkaisuja. Sirut voidaan suojata salasanoilla, mutta niiden rajoittuneisuuden vuoksi kovin pitkät salasanat eivät ole mahdollisia. Salasanojen käyttö tulee ongelmaksi

myös laitteissa, jotka ovat useiden organisaatioiden käytössä: miten voidaan jakaa salasanoja turvallisesti?

Välitävetohyökkäys (engl. Man-in-the-middle attack) on yksityisyyden kannalta vaarallinen uhka laitteiden kommunikaatiossa. Hyökkäyksen tekijä voi kaapata toisen laitteen lähettämän viestin toiselle, ja välittää kopion viestistä alkuperäiselle saajalle. Laitteet eivät huomaa eroa viesteistä, jotka ovatkin kopioita alkuperäisistä. Hyökkääjä ei voi kuitenkaan muokata viestin sisältöä ilman että muutos huomattaisiin. Alla oleva kuvio selventää asiaa (kuvio 2). (Atzori ym., 2010). Kuviossa sininen A ja B ovat alkuperäiset lähettäjä ja vastaanottaja. Punainen B' ja A' ovat hyökkääjän asettamia kaappareita, jotka esittävät olevansa alkuperäisiä viestittäjiä, jotka kaappaavat viestin matkalta.



KUVIO 2 Välitävetohyökkäys (Atzori, Iera & Morabito, 2010)

Ihmiset tulevat vastustamaan laiteverkon yleistymistä niin kauan, kun ei ole varmaa tietoa henkilökohtaisen yksityisyyden turvallisuudesta. Tiedon varastoinnin hinta laskee koko ajan, josta seuraa digitaalisen tiedon ikuinen säilyvyys. Tavallisesti www-selailussa henkilöt ovat tietoisia jättämistään digitaalisista jäljistä, mutta laiteverkossa tietoa kerätään ja lähetetään ilman aktiivista käyttäjää. Käyttäjien pitää pystyä valitsemaan kuka heidän tietojansa käyttää, mihin niitä käytetään ja milloin. (Atzori ym., 2010)

2.3.2 Laitteiden liitettävyys

Laiteverkon toiminta perustuu suureen määrään erilaisia älykkäitä sensoreita ja tunnistetietoja sisältäviä laitteita. Näiden sensorien hankkimisessa ja asentamisessa tulee miettiä kustannuksia, sillä suureen määrään uppoaa merkittäviä summia rahaa. Siksi on tärkeää pyrkiä kehittämään mahdollisimman halpa ja helposti asennettava sensortechnologia. Useat yritykset luoda älykkäitä kodinkoneita ovatkin kariutuneet liian monimutkaisiin sensoreihin. Paristojen vaihtaminen sensoreihin on toinen haaste: Toteutus vaatii hyvin vähän energiaa kuluttavan sensorin kehittämistä, jotta paristojen kesto olisi elinikäinen. (Chen, 2012).

Nykypäivänä Internetissä olevien laitteiden määrä on suurempi kuin maapallon väkiluku. Internetissä olevien laitteiden määrä ylitti väkiluvun vuonna 2008-2009. Jos maailmanlaajuinen laiteverkko saadaan toimimaan, laitteiden määrä nousee hyvin paljon vielä nykyisestä. Sensorit käyttävät viestimiseen langattomia tekniikoita, kuten Bluetoothia ja 3G:ta. Tästä voi aiheutua tietoliikenneverkkojen ruuhkautumista ja häiriöitä käyttäjille. Sensorien lähettämää tietoa pitää myöskin osata hyödyntää. Tietoa pitää pystyä käsittelemään reaaliajassa esim. ympäristön valvonnassa, joka vie normaalia enemmän resursseja. (Chen, 2012).

2.3.3 Yhteensopivuus

Koska laiteverkon käyttäjämäärä tulee olemaan suurempi kuin mikään aikaisempi, Internetiin liitettävien laitteiden määrä tulee olemaan myös todella suuri. Laitteet voivat olla hyvin erilaisia esimerkiksi tiedonvälitystavoiltaan, laskentateholtaan, muistimäärältään, energiankulutukseltaan ja siirrettävyydeltään. Laitteiden yhteensopimattomuus on merkittävä rajoittava tekijä tämänhetkisessä laiteverkon kehityksessä. Tämä ongelma on vielä tutkimuksen alla ja siihen on vaikea löytää yhtenevää ratkaisua. Myöhemmin tulevaisuudessa kehitettävät laitteet tulisi myös tehdä suoraan yhteensopiviksi senhetkiseen laiteverkko-tekniologiaan. Vaikka tiedonvälitysprotokollat saadaan yhteensopiviksi keskenään, haasteeksi jää yksittäiset ohjelmistot, jotka käyttävät vain itselleen sopivaa yksilöllistä dataa ja erityyppistä muotoilua. (Zeng ym., 2011)

Laiteverkko tulee rakentaa sellaiseksi, että ainoastaan siihen kuuluvat laitteet voivat liittyä sen piiriin. Nykyään virtuaalisen verkon luonti tietokoneiden kesken onnistuu helposti, mutta kun virtuaaliseen verkostoon halutaan liittää myös älykkäitä laitteita, asia monimutkaistuu. Laitteiden täytyy luoda turvallinen yhteys toistensa kanssa, joka on vaikea saavuttaa RFID-sirujen alhaisella laskentateholla ja muistimäärällä. Tutkimushaasteena on löytää tapa, jolla uudet laitteet voivat liittyä ja poistua verkosta kätevästi. (Hoebeke, Poorter, Bouckaert, Moerman & Demeester, 2011)

2.3.4 Testaus

Gluhak ym., (2011) esittävät suureksi ongelmaksi laiteverkon testauksen. Jotta laiteverkko saataisiin pelkästä visiosta todellisuudeksi, täytyy yhteensopivuutta ja laitteiden kommunikaatiota pystyä testaamaan hallitussa ympäristössä ennen niiden siirtämistä käyttöympäristönsä.

Jotta laiteverkko voi kehittyä laajaksi kansainväliseksi infrastruktuuriksi, pitää sitä pystyä myös testaamaan suuressa mittakaavassa. Satojen laitteiden verkko saattaa kuulostaa jo melko suurelta, mutta todellisuudessa tarvitaan huomattavasti suurempia testejä. Näin suurissa testeissä tulee laitteiden osalta olla ihmisten vuorovaikutus hyvin pieni ja virhetapauksessa virheenkorjaus automaattinen. Todellisella laiteverkolla tulee olemaan suuri määrä käyttäjiä joka sekunti, ja tätä tilannetta pitää pystyä simuloimaan testeissä. Vain muuta-

mien verkostojen samanaikainen testaus ei tule olemaan tarpeeksi riittävä. (Gluhak ym., 2011)

Laitteet ja niiden teknologiat ovat hyvin erilaisia, mikä haittaa yhteensopivan laiteverkon kehittämistä. Testaamisessa on otettava huomioon oikean maailman laitteet, jotka eivät välttämättä ole suoraan yhteensopivia keskenään. Olikin hyvä kehittää ohjelmointityökaluja, joilla voitaisiin helposti liittää yhteen erilaisia laitteita. Laitteet ovat usein myös mobiileja, joka tulee ottaa huomioon testaamisessa. Suljettu ympäristö ei ole tarpeeksi riittävä liikkuvien laitteiden tutkimiseen. (Gluhak ym., 2011)

2.4 Laiteverkon käyttökohteet

Laiteverkko mahdollistaa monenlaisia sovelluskohteita langattomalle teknologialle, joista osa on jo tällä hetkellä käytössä ja osa vielä keskeneräisenä. Useat näistä kohteista on tarkoitettu parantamaan tai helpottamaan jokapäiväisiä askareita, esim. työpaikalla, kotona, matkustaessa tai urheillessa. Atzori ym. (2010) ovat luokitelleet käyttökohteita neljään eri toimialueeseen: kuljetus ja logistiikka, terveydenhuolto, älykäs ympäristö ja henkilökohtainen/sosiaalinen. Esittemme tässä muutamia esimerkkejä kultakin toimialueelta.

2.4.1 Kuljetus ja logistiikka

RFID-siruja on käytetty logistiikassa jo pitkään. Tuotteisiin voidaan kiinnittää siru, jolla voidaan seurata reaaliajassa tavaran liikettä tuotantovaiheesta aina loppukäyttäjälle myyntiin saakka. Reaaliaikainen seuranta mahdollistaa myös paremman asiakaspalvelun: myyjät tietävät suoraan varastossa olevien tuotteiden lukumäärän sekä pystyvät tarjoamaan parempaa tuotetukea. Kun ihmisen vaikutus tuoteketjun hallinnassa vähenee, prosessi sujuu nopeammin. (Kopetz, 2011)

Autoihin, juniin ja muihin kulkuneuvoihin kiinnitetyillä antureilla saadaan entistä parempaa reaaliaikaista tietoa liikenteen kulusta. Edistyneet järjestelmät voivat auttaa käyttäjä navigoimaan paremmin ja turvallisemmin. Nykyiset autoihin liitettävät navigaattorit pyrkivät tekemään juuri tätä, mutta laiteverkkoon yhdistettynä kaikkien muidenkin autojen navigaattorit keskustelisivat keskenään jakaen tietojaan. Tällöin saataisiin parempaa informaatioita esim. liikenneuhkista ja onnettomuuksista, jolloin käyttäjälle ehdotettaisiin parempaa reittiä automaattisesti. Kuljetusyrityksille reittien optimointi tuottaisi säästöä kustannuksissa ja asiakkaille voitaisiin tarjota tarkempaa tietoa toimitusajasta ja mahdollisesta viivästyksestä. Ruokatuotteiden kuljetuksessa on tärkeää tarkkailla esim. lämpötilaa ja kosteutta pilaantumisen estämiseksi. Kuljetussäiliöihin liitettävillä sensoreilla voitaisiin tarkkailla näitä ominaisuuksia, jolloin järjestelmä hälyttäisi heti haitallista tapahtuman ilmetessä. (Atzori ym., 2010)

2.4.2 Terveydenhuolto

Terveydenhuollon käyttökohteet liittyvät seurantaan, tunnistamiseen, tietojen automaattiseen keräämiseen ja havainnointiin. Kuten tuotteiden varastoinnissa käytettävät RFID-sirut, sama teknologia voidaan liittää myös ihmiseen. Esimerkiksi potilaille voidaan antaa ranneke johon on liitetty mikrosiru, tai siru voidaan kiinnittää ihon alle. Tähän siruun talletetaan koko hoitoprosessi: diagnoosit, lääkitykset, allergiat, verityyppi jne. Tällainen toiminta vähentää vahingossa annettavaa väärää lääkitystä tai muita hoitovirheitä. Lääketarvikkeiden varastoinnin ja määrien seuranta pystyttäisiin parantamaan samalla tavoin kuin muutakin tavarantoimitusta, seuraamalla reaaliajassa tarvikkeiden määrää ja käyttöä. (Miorandi ym., 2010)

Futuristisena käyttökohteena henkilöiden terveydentilaa voitaisiin seurata missä ikinä he liikkuvatkin. Biometrinen sensori kerää automaattisesti tietoa elimistön toiminnasta ja pyrkii varoittamaan mahdollisista tulevista oireista. Tällöin ihmiset saataisiin hakeutumaan hoitoon hyvissä ajoin, ennen kuin sairaus leviää liian pahaksi. (de Saint-Exupery, 2009)

2.4.3 Älykäs ympäristö

Älykkäällä ympäristöllä tarkoitetaan esim. asuntoa, huonetta tai laitetta joka reagoi reaaliajassa siellä tapahtuviin muutoksiin: lämpötila tai valaistus voidaan säätää toimivaksi vuorokausirytmien mukaan. Energiaa voidaan säästää sammuttamalla virta automaattisesti laitteista, joita ei käytetä juuri sillä hetkellä. Kodissa tapahtuvia onnettomuuksia saataisiin vähennettyä paremmilla antureilla, jotka tarkkailevat esim. ylikuumenemista, tulipaloja tai muita laitevikoja. (de Saint-Exupery, 2009)

Ympäristön tarkkailu tuotantotehtailla voi parantaa suuresti laadunvalvontaa. Valmistettavaan tuotteeseen liitettävä RFID-siru luetaan useaan kertaan sen elinkaaren aikana ja siihen tallennetaan kaikki tehdyt muutokset. Jos jotain viallista huomataan seuraavassa käsittelyvaiheessa, voidaan tuotanto keskeyttää heti ja virhe korjata. Tällä ehkäistään virheitä, joissa kokonaisia tuotantoeriä valmistetaan viallisiksi. (Atzori ym., 2010)

Viihdekäytön esimerkkeinä Atzori ym. (2010) kertovat älykkäistä museoista ja kuntosaleista. Jos museossa on eri aikakausien teemasaleja (kuten jääkausi tai muinainen Egypti), ympäristöä valvova järjestelmä voi vaihdella salien lämpötiloja ja kosteutta vastaamaan haluttua teemaa. Kuntosaleilla käyttäjät voivat ladata kuntolaitteisiin oman harjoitusohjelman profiilinsa, jolloin laitteet tallentavat tietoa harjoituksen tehosta ja tarkkailevat, onko käyttäjällä liikaa vastusta omaan kuntoonsa nähden.

2.4.4 Henkilökohtainen ja sosiaalinen käyttö

Nämä käyttökohteet liittyvät ihmisten väliseen kommunikointiin, jossa esim. matkapuhelin voi lähettää automaattisesti viestejä omistajansa tekemisistä hänen ystävilleen. Jotkin Facebook-sovellukset tarjoavat tällaisia toimintoja, joissa

käyttäjä voi päivittää nykyistä sijaintiaan ystävilleen. RFID-paikannus mahdollistaa myös hävinneiden tavaroiden tai laitteiden, muidenkin kuin matkapuhelimien, paikantamisen helposti. Sovelluksilla pystytään paikantamaan sijainti, josta laite viimeksi lähetti signaalin. Tämä idea voidaan viedä vielä pidemmälle, jolloin laitteet muuttuvat liikkuviksi varashälyttimiksi. Käyttäjä voi määrittää laitteelle tietyn alueen, jonka sisäpuolella laite täytyy pysyä. Varkauden sattuessa laite lähettää heti viestin vaikkapa käyttäjän sähköpostiin tai matkapuhelimeen. (Atzori ym., 2010)

2.4.5 Muita käyttökohteita

Kaikki edellä mainitut sovellukset ovat joko käytössä nyt, tai ne voidaan viimeistellä käyttöön kohtuullisella aikataululla. Atzori ym. (2010) mukaan robotitaksit ovat yksi tällaisista sovelluksista, jotka tuntuvat kovin mahdottomilta toteuttaa, mutta voivat kuitenkin olla tulevaisuudessa realistisesti käytössä. Esimerkkinä voi pitää takseja, jotka pystyvät navigoimaan kaupungissa itsenäisesti ja vastaamaan asiakkaiden viesteihin paikantamalla heidät GPS:n avulla. Asiakkaat antavat taksiin noustuaan määränpänsä ajotietokoneelle, joka alkaa suunnistaa itseään paikalle. Tälle sovelluksille ei kuitenkaan ole vielä tarvittavaa teknologiaa käytössä, eikä ole tehty tarpeeksi tutkimusta kyseisistä aiheista.

Miorandi ym. (2012) esittää ajatukset älykkäistä kaupungeista, jotka voivat valvoa liikennettä edistyneesti. Autot ovat tässä tapauksessa älykkäitä laitteita, jotka lähettävät tietoa RFID-sirujen tapaan valvontakeskukselle. Valvontakeskus voi tällöin ohjailta liikennettä paremmin ilmoittamalla vapaista parkkipaikoista, mahdollisista ruuhkapaikoista, ylinopeusrikkomuksista ja autojen päästöistä. Kaupunkien tapaan voitaisiin myös valvoa ympäristöä ja luonnonilmiöitä. Oikeisiin paikkoihin liitetyt sensorit voivat kerätä tietoa sateesta, tuulesta, kosteudesta ym. ja sovellukset hyödyntää tätä ympäristönvalvonnassa paikoissa, jonne ihmisen on vaikea päästä, kuten aavikoilla tai vaarallisilla tulivuori-alueilla. Viimeiseksi Miorandin ym. (2012) mukaan turvallisuusalaa voitaisiin parantaa huomattavasti laiteverkkoteknologialla. Valvontakameroiden lisäksi sensoreilla voitaisiin havaita vaarallisia kemikaaleja, joka helpottaisi esim. pommi-iskujen ehkäisemistä. Teknologialla voitaisiin myös havainnoida ihmisten käyttäytymistä ja tunnistaa uhkaavia henkilöitä ennaltaehkäisevästi.

3 Laiteverkon liiketoiminta

Jotta voidaan ymmärtää laiteverkkokoekosysteemejä, on kerrottava hieman perinteisten liiketoimintaekosysteemien toiminnasta. Liiketoimintaekosysteemi käsitteenä ei ole uusi asia. James F. Moore määritteli ensimmäisen kerran tämän käsitteen kirjassaan *The Death of Competition* (Moore, 1997). Ekosysteemien periaatteita ja toimintoja voidaan soveltaa nykypäivän liiketoimintaan Internetissä sekä laiteverkon kehityksessä. Tässä luvussa kerromme miten liiketoimintaekosysteemit liittyvät laiteverkon toimintaan.

3.1 Liiketoimintaekosysteemit

Moore (1997) määritteli termin liiketoimintaekosysteemi (engl. business ecosystem) seuraavalla tavalla: "Taloudellinen yhteisö organisaatioita ja yksilöitä, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Yhteisö tuottaa hyödykkeitä ja palveluita asiakkaille, jotka ovat myös ekosysteemin jäseniä. Jäseniin kuuluu myös tavarantoimittajia, tuottajia, kilpailijoita ja muita sidosryhmiä. Ajan kuluessa jäsenien kyvyt ja roolit kehittyvät paremmiksi, ja ne pyrkivät muuttamaan toimintaansa johtavien yritysten suuntaan. Ekosysteemiä johtavat yritykset saattavat vaihtua ajan kuluessa, mutta jäsenet pyrkivät seuraamaan yhteistä visiota joka hyödyttää kaikkia osapuolia (Moore, 1997, s.26)."

Esimerkkinä Moore (1997) esittää Microsoftin, joka toimii keskipisteenä neljän teollisuuden ekosysteemille: tietokoneet, elektroniikka, informaatio ja kommunikaatio. Microsoft toimii tässä johtavana jäsenenä, joka kehittää uusia innovaatioita jäsenien avustuksella. Mikroprosessoreita valmistava Intel sekä tietokoneita ja muita laitteita tekevä Hewlett-Packard ovat osa tätä ekosysteemiä. He valmistavat tuotteita, joita Microsoft voi suoraan tai välillisesti hyödyntää omassa liiketoiminnassaan. Tässä kaikki osapuolet eivät kilpaile keskenään, vaan jokaisen toiminta auttaa toista omassa liiketoiminnassaan.

Iansiti ja Levien esittelevät kolme yleistä ekosysteemin osallistujien tyyppiä, avainpelaajan (engl. keystone player), hallitsijan (engl. dominator) sekä markkinaraon tavoittelijan (engl. niche player). Avainpelaajat kasvattavat

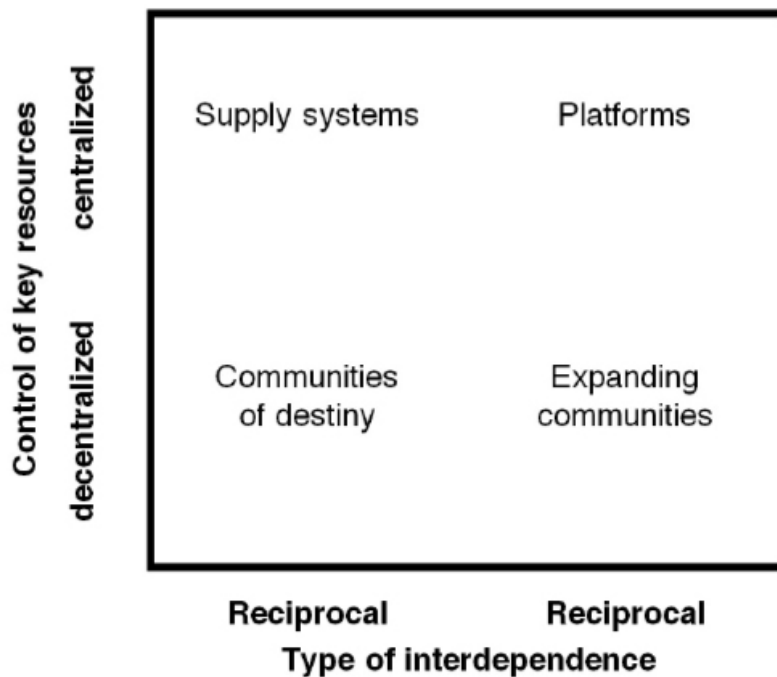
ekosysteemin tuottavuutta tarjoamalla muille ekosysteemin jäsenille alustoja jotka mahdollistavat arvon luomisen. Alustat voivat sisältää palveluita, työkaluja ja teknologioita joiden avulla ekosysteemin muut jäsenet voivat hyödyntää ekosysteemiä arvon luomiseen. Avainpelaajat eivät itse tuota suurta osaa ekosysteemin arvosta, mutta niiden tarjoamat alustat ovat kriittisiä ekosysteemin menestymisen kannalta: Jos avainpelaaja poistuu ekosysteemistä, voi se johtaa koko ekosysteemin tuhoutumiseen. Avainpelaajat eivät välitä arvoa ekosysteemin muille jäsenille täysin epäitsekkäistä syistä, vaan koska se on hyvä strategia: Jatkuvasti parantamalla ekosysteemiä ne mahdollistavat oman selviytymisensä sekä menestyksensä. (Iansiti & Levien, 2004b).

Ekosysteemin hallitsijat pyrkivät saamaan haltuunsa suuren osan ekosysteemin verkostosta. Ne ottavat haltuunsa myös suurimman osan ekosysteemin luomasta arvosta jättäen vain pienen osan siitä ekosysteemin muille toimijoille. Kehittyvillä teollisuuden aloilla tällaisesta toiminnasta voi olla haittaa, koska se vaikeuttaa innovaatioiden syntymistä. (Iansiti & Levien, 2004b).

Markkinaraon tavoittelijat muodostavat suurimman ryhmän useimmissa ekosysteemeissä. Ne ovat suuria ja pieniä yrityksiä jotka erikoistuvat täyttämään tietyn markkinaraon saavuttaakseen erottaakseen itsensä muista ekosysteemin toimijoista. Ne käyttävät ekosysteemien avainpelaajien tarjoamia alustoja arvon luomisessa, mutta alustat ovat myös uhka niille: Jos markkinaraon tavoittelija ei pysty aktiivisesti innovoimaan ja kehittämään itseään erottuakseen avainpelaajasta ja muista markkinaraon tavoittelijoista, voi ekosysteemin avainpelaaja kehittää tarjontansa vastaamaan markkinaraon tavoittelijan tarjontaa, joka pakottaa yrityksen sulauttamaan tuotteensa avainpelaajan alustaan. (Iansiti & Levien, 2004b).

Ekosysteemissä toimivien yritysten ja organisaatioiden menestys riippuu kaikista muista ekosysteemin jäsenistä. Sen sijaan, että yritys tavoittelee vain omaa parastaan, sen pitäisi ajatella miten sen oma liiketoiminta heijastuu muihin ekosysteemin jäseniin. Jos toiminnasta aiheutuu haittaa muille yrityksille, se saattaa myös vaikuttaa negatiivisesti omaan liiketoimintaan. (Iansiti & Levien, 2004a).

Koenig (Koenig, 2012) esittelee mielenkiintoisen mallin erilaisista ekosysteemityypeistä. Kuviossa 3 on esitelty mallin neljä ekosysteemityyppiä: Tarjontajajärjestelmä (engl. supply system), alusta (engl. platform), kohtalon yhteisö (engl. community of destiny) sekä laajentuva yhteisö (engl. expanding community).



KUVIO 3 Ekosysteemityypit (Koenig, 2012)

Tarjontasysteemissä ekosysteemi on täysin keskiöyrityksen hallinnassa, joka ohjailee ekosysteemin muita toimijoita saavuttaakseen strategiset tavoitteensa. Systeemin toimijoilla on siis hallussaan erilaisia resursseja, joita keskiöyritys pyrkii hyödyntämään tuottaakseen arvoa asiakkaalleen. Monesti tämä malli toteutuu alihankkijoita käyttävien yritysten ekosysteemeissä. Esimerkiksi Nike käyttää tuotteidensa markkinoille saamiseen laajaa alihankintaverkostoa. Tarjontasysteemi ei välttämättä ole innovaation kannalta paras mahdollinen malli: Monesti innovointi ja päätuotteen tarjoaminen on varattu keskiöyritykselle, mikä voi vähentää innovaatioiden syntymistä koko ekosysteemin tasolla. (Koenig, 2012).

Alustaan perustuvassa ekosysteemissä keskeinen toimija tarjoaa ekosysteemin muille toimijoille alustan, jonka kautta ne voivat kehittää omaa toimintaansa. Alusta mahdollistaa ekosysteemin nopean kehittymisen jos alustan toimittaja pystyy houkuttelemaan alustalle käyttäjiä. Samalla alustan omistavan keskiöyrityksen pitäisi kuitenkin yrittää pitää alusta hallinnassaan jotta se pysyisi ekosysteemin keskeisenä osana. (Koenig, 2012).

Kolmas Koenigin esittämän ekosysteemin tyyppi on yhteisen kohtalon yhteisö. Tässä mallissa ekosysteemi ei ole keskittynyt, vaikkakin osa sen toimijoista osallistuu enemmän sen johtamiseen. Aikaisemmin esitellyistä tarjontasysteemistä ja alustaan perustuvasta ekosysteemimallista poiketen nämä yhteisöt eivät rakennu ekosysteemin kannalta keskeistä resurssia hallinnoivan toimijan ympärille, vaan yhteistyö ja ekosysteemin olemassaolo perustuu toimijoiden väliseen solidaarisuuteen. Tätä mallia on käytetty esimerkiksi kansallisen edun tavoittelussa muodostamalla ekosysteemi, jonka avulla on saatu tietty kansallisesti tärkeän toimialan kannattavuus kansainväliselle tasolle. Tämän tyyppinen ekosysteemi kannustaa jäseniään aidosti epäitsekkääseen toimintaan jossa ai-

kaisemmin esiteltyjen mallien toimijoiden välillä syntyy enemmän vastikkeetomia avunantoja kuin transaktioita. (Koenig, 2012).

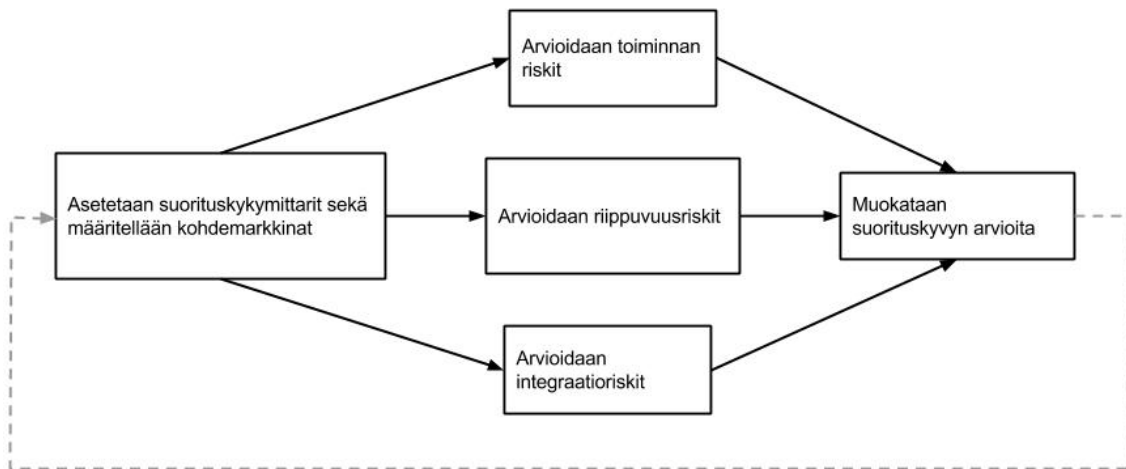
Viimeinen Koenigin esittelemä ekosysteemin tyyppi on laajentuva yhteisö. Tämä malli eroaa alustaan perustuvasta ekosysteemistä siinä, että ekosysteemin keskeinen resurssi ei ole kenenkään omistuksessa, vaan resurssin voi käsittää ekosysteemin yhteisenä hyvänä jota kohti sen jäsenet pyrkivät. Yksittäisillä toimijoilla voi olla sekä henkilökohtaisia että kollektiivisia tavoitteita jotka liittyvät tuon yhteisen hyvän saavuttamiseen, kuten avoimen ohjelmiston kehittämiseen. Ekosysteemi on luonteeltaan demokraattinen ja sen jäsenten vaikutusvalta perustuu niiden yhteisen hyvän vuoksi antaman kontribuution määrään. (Koenig, 2012).

Miten sitten yrityksen pitäisi muodostaa strategiansa jos se haluaa toimia ekosysteemin osana tai vaikkapa tavoitella ekosysteemin keskiön paikkaa? Adlerin mukaan (Adler, 2006) yritys ei voi toimia ekosysteemissä yksin, vaan esimerkiksi johonkin innovaatioon perustuvan ekosysteemin menestyminen riippuu yhtäläillä innovaation keksineen yrityksen kuin sen yhteistyökumppanienkin suoriutumisesta. Tämän vuoksi ekosysteemissä toimiminen vaatii erilaista strategiaa.

Ajoitus on erittäin tärkeää: Yrityksen pitäisi mennä markkinoille vasta kun ekosysteemin yhteistyökumppanit ovat myös valmiita markkinoille menemiseen. Mahdollisten arvoketjun pullonkaulojen syntymistä voidaan taas ehkäistä jakamalla resursseja yhteistyökumppaneiden käyttöön. Mutta kaikkein tärkeintä on ymmärtää, että riskien arviointi muuttuu ekosysteemissä: perinteiset mittarit, jotka mittaavat yrityksen arvon luonnin kykyä, mittaavat sitä ainoastaan sen kautta miten yritys voi luoda sitä itsenäisesti. Mittarit eivät tällöin ota huomioon ekosysteemin tuomaa epävarmuutta yrityksen suorituskykyyn, joka voi näkyä hyvin suoritettujen liiketoimintaoperaatioiden huonona menestyksenä. Siksi avain ekosysteemissä menestymiseen on sellaisen strategian luominen, joka ottaa huomioon ekosysteemin luontaisen taipumuksen viivästyksiin ja yrityksestä riippumattomiin haasteisiin. (Adler, 2006).

Yrityksen menestykseen vaikuttaa myös sen riskinarviointikyky. Ekosysteemissä piilee kolmenlaisia riskejä: Toiminnan riskejä (engl. initiative risks), riippuvuusriskejä (engl. interdependence risks) sekä integraatoriskejä (engl. integration risks). Toiminnan riskit liittyvät liiketoimintaoperaation riskeihin, kuten tuotteet kysyntään, tuotannon riskeihin tai vaikkapa toimitusketjun toimintaan. Riippuvuusriskit taas käsittelevät ekosysteemin arvoketjun eri osien toimintaan liittyviä riskejä, sitä kuinka hyvin ekosysteemin eri osat toimivat. Jos esimerkiksi matkapuhelinverkkojen tukiasemia toimittavilla yrityksillä olisi ollut vaikeuksia luoda verkkojen vaatimaa teknologiaa, olisi koko ekosysteemin muodostuminen viivästynyt. Kolmas ja viimeinen riski on integraatoriski, joka kuvastaa sitä riskiä, mikä aiheutuu innovaation sijainnista arvoketjussa. Mitä lähempänä arvoketjun loppukäyttäjää innovaatio on, sitä pienempi integraatoriski on. Tästä esimerkkinä Adler mainitsee Michelinin puhkeamattoman renkaan, jonka keksimisestä meni useita vuosia kunnes rengas päätyi markkinoille: Koska rengas vaati toimiakseen autoilta Michelinin toimittaman tekniikan käyttöönottoa, piti yrityksen odottaa kunnes autonvalmistajat olivat valmiita tuomaan ominaisuudet massatuotantoon. (Adler, 2006).

Kun nämä riskit on tunnistettu, voi yritys muodostaa strategiansa ekosysteemiä varten. Strategian muodostamisen prosessi on esitetty kuviossa 4.



KUVIO 4 Ekosysteemistrategian muodostaminen (Adler, 2006)

Strategian suunnittelu on ekosysteemin jatkuvasti muuttuvasta toimintaympäristöstä johtuen iteratiivista: Aluksi muodostetaan arvio siitä mille markkinoille halutaan ja millä tarjoamalla sekä mitä saavutuksia voidaan pitää strategian suorituskyvyn mittareina. Sen jälkeen strategiaa arvioidaan kolmen riskin näkökulmasta joka yleensä johtaa alkuperäisen strategian muokkaamiseen. Jos riskien arviointi pystytään tekemään kattavasti ja systemaattisesti, voidaan muodostaa tarkempia odotuksia saavutuksista sekä parempia ennusteita toimintaympäristön muutoksista ja näin saavuttaa kestävämpi strategia. (Adler, 2006).

3.2 Mobiiliekosysteemit

Viime vuosien menestyksekkään ekosysteemien kehittyminen on ollut nähtävissä mobiililaitteiden ekosysteemeissä. Apple ja Google ovat onnistuneet kasvatamaan omien ekosysteemiensä jäsenmäärät lukuihin, joihin muiden toimijoiden on vaikea, ehkä jopa mahdotonta yltää. Tämä kehitys johti aiemmin maailman arvostetuimman ja markkinaosuudeltaan suurimman mobiililaittevalmistajan, Nokian, tuhoon: Applen ja Google huomasivat Nokian aiemmin kuluttajien kiinnostuksen siirtymisen itse laitteista niiden tarjoamaan sisältöön, Nokian tarrautuessa laitevalmistajan rooliinsa. Sekä Applen iOS että Googlen Android alustan nopea käyttäjien sekä sovelluskehittäjien määrän kasvu johti Nokian ekosysteemin nopeahkoon hajoamiseen. Nähtäväksi jää, miten Nokian ostanut Microsoft pyrkii kilpailemaan omalla Windows-pohjaisella alustallaan kahta jättiläistä vastaan.

Jos tarkastellaan näitä kahta ekosysteemiä aikaisemmin esitellyn teorian pohjalta, huomataan kummassakin selviä yhteneväisyyksiä, mutta myös selkeitä eroja. Kummatkin yrityksistä pyrkivät toimimaan Iansitin ja Levienin (Iansiti

& Levien, 2004b) kuvaileman avainpelaajan tavoin: Ne tarjoavat ekosysteemin muille toimijoille alustan, jonka päälle toimijat voivat kehittää omia sovelluksiaan. Yhtenäinen alusta tarjoaa sovelluskehittäjille mahdollisuuden levittää kehittämäänsä sovellusta mahdollisimman laajalle. Levittämisessä auttavat alustojen tarjoamat sovelluskaupat, jotka tehokkaasti yhdistävät kuluttajien kysynnän sekä sovelluskehittäjien tarjonnan.

Toisaalta alustan avoimuuden kannalta Applea voisi pitää ekosysteeminsä hallitsijana: Vaikka se ei yritä ottaa haltuunsa koko ekosysteemiä, se pitää tiukasti kiinni roolistaan ainoana ekosysteemin laitevalmistajana, kun taas Googllella ei ole vakaata aikomusta toimia ainoana laitevalmistajana omassa ekosysteemissään. Päinvastoin, suurin osa Androidia käyttävistä laitteista on muiden kuin Googlen valmistamia. Apple myös valvoo alustallensa kehitettävien sovellusten laatua tarkasti toisin kuin Google, jonka alustalle kehitettäviä sovelluksia ei tarvitse hyväksyttää Googllella ennen niiden markkinoille pääsyä.

Kummassakin ekosysteemissä hyvänä esimerkkinä Iansitin ja Levienin (Iansiti & Levien, 2004b) esittelemästä markkinaraon tavoittelijasta toimii sovelluskehittäjä. Kun tarkastelee mobiililaitteille saatavilla olevien sovellusten koko kirjoa, voisi helposti kuvitella, että mitä erikoisimmalle sovellustarpeelle on jo kehitetty sitä tyydyttävä sovellus. Kuitenkin sovellusten määrä eri alustoilla kasvaa jatkuvasti kulutustrendien sekä laitteiden teknologisen kehittymisen tuomien mahdollisuuksien myötä. Osa sovelluskehittäjistä onnistuu löytämään näennäisesti hyvin saturoituneilta markkinoilta sen pienen raon, joka takaa niille edelläkävijän roolin ko. markkinaraon kilpailussa, jos kyseiselle tarjonnalle vain on tarpeeksi kysyntää elinvoimaisen kilpailun syntymiselle.

Toki mobiiliekosysteemeissä on runsaasti muitakin toimijatyypppejä kuin alustantarjoajat sekä sovelluskehittäjät, kuten esimerkiksi logistiikkayritykset, laitteiden komponentteja valmistavat alihankkijat tai vaikkapa sovelluskauppojen rahaliikenteen mahdollistavat maksujenvälitysjärjestelmät, mutta esitelty kaksi ovat ne mobiiliekosysteemien keskeisimmät roolit, joita ilman ekosysteemeitä ei olisi olemassa, ei ainakaan nykymuodossaan.

Mikä sitten tekee juuri mobiiliekosysteemeistä mielenkiintoisen laiteverkkojen ohjelmistoalustojen ekosysteemien kannalta? Jo termi ohjelmistoalusta viittaa vahvasti samanlaiseen toimintamalliin kuin mitä mobiiliekosysteemeissä on nähty. Yhtymäkohtia voidaan myös nähdä kuluttajavetoisen kysynnän kasvamisen aiheuttamassa sovellusten määrän kasvamisessa, sovelluskaupoissa mahdollisina laiteverkon ohjelmistoalustalle kehitettyjen sovellusten jakelukanavina sekä kummankin ekosysteemimallin langatonta viestintää hyödyntävästä teknologiasta. Laiteverkon ekosysteemien tulevaisuutta pohtivassa raportissaan Constantinou (Constantinou, 2013) esittää häkellyttäviä lukuja mobiiliekosysteemien laitteiden ja sovellusten määrän kasvusta vuodesta 2007 vuoteen 2012 (taulukko 1):

TAULUKKO 1 Mobiiliekosysteemin kasvu vuosina 2007-2012 (Constantinou, 2013)

	2007	2012	Kasvu
Älypuhelimet	118 miljoonaa	545 miljoonaa	5-kertainen
Sovellukset	65000	2 miljoonaa	30-kertainen
Sovelluslataukset	450 miljoonaa	40 miljardia	100-kertainen

Jos laiteverkon ekosysteemeissä on mahdollista nähdä vastaavankaltainen kasvupyrähdys, tulevat kasvun mahdollistamat sovellukset mullistamaan jokapäiväisen elämämme älypuhelinien tavoin, ehkä jopa perusteellisemmin.

3.3 Laiteverkon arvoketjut ja ekosysteemit

Laiteverkon liiketoiminnasta ja ekosysteemeistä puhuttaessa on tärkeää huomioida myös ne arvoketjut, mitä laiteverkon liiketoiminnassa toteutetaan, koska ne antavat hyvän lähtökohdan erilaisten ekosysteemien roolien tunnistamiseen.

Arvoketju perustuu näkemykseen tuotteen tai palvelun tuottajasta organisaationa, jonka eri osat tuottavat omistamillaan resursseilla, kuten rahalla, työvoimalla tai laitteistolla, omien prosessiensa kautta raaka-aineista valmiita tuotteita tai palveluita (Cambridge University, 2014). Laajemmassa mielessä sekä laiteverkon kontekstissa arvoketjun voidaan nähdä kuvaavan esimerkiksi niitä toimenpiteitä joilla älykkäiden sensorien tuottama data eri toimijoiden prosessien kautta jalostetaan loppukäyttäjän haluamaan muotoon. Itse kerätty data sellaisenaan ei aina ole loppukäyttäjän kannalta arvokasta, vaan vasta datan muuttaminen esimerkiksi helposti ymmärrettäväksi visuaaliseksi esitykseksi antaa loppukäyttäjälle arvokkaan kokemuksen: Eri prosessit ovat muokanneet raaka-aineesta, eli datasta, arvokkaamman lopputuotteen. Laiteverkon liiketoiminnan kannalta mielenkiintoisen tutkimusalueen muodostaakin arvoketjuihin perehtyvä tutkimus. Seuraavaksi esitellään kaksi tutkimusta, jotka ovat pyrkineet hahmottamaan laiteverkkoliiketoiminnassa mahdollisesti käytettäviä arvoketjuja.

Jumira ja Wolhuter (2011) esittelevät kolme erilaista arvon virtaa: sovellusvirta, mobiilivirta sekä kuluttajalaittevirta. Näiden virtojen avulla voidaan kuvata sitä, miten erilaiset palvelut ja tuotot virtaavat päätelaitteiden, sovellusrajapintojen ja mobiiliyhteyksien kautta muodostaen laiteverkon arvoketjun.

Sovellusvirrassa sovelluskehittäjä kehittää ja jakelee sovelluksia joko suoraan loppukäyttäjille tai verkko-operaattoreilla keräten tuottoja laskuttamalla näitä tahoja. Sovelluskehitystä varten voidaan tarjota myös kehitysympäristö pilvipalveluna (platform as a service), jonka käytöstä peritään maksu. (Jumira & Wolhuter, 2011)

Mobiilivirran arvoketjut keskittyvät verkko-operaattorin ympärille. Verkko-operaattori voi esimerkiksi pitää yllä sovelluskehitysalustaa sekä kauppa- paikkaa jossa alustalla kehitettyjä sovelluksia jaellaan. Verkko-operaattori kerää tuottoja alustan käyttäjiä laskuttamalla sekä provisioina myydyistä sovelluksista. Tällöin menestys riippuu sovelluskehittäjien kyvystä tuottaa sovelluskehi-

tysalustaa hyödyntäviä sovelluksia. Verkko-operaattori voi pienentää tätä riskiä kehittämällä myös itse alustaa hyödyntäviä sovelluksia sekä jälleenmyymällä kuluttajalaitteita jotka hyödyntävät näitä sovelluksia. (Jumira & Wolhuter, 2011)

Kuluttajalaittevirran keskeisin toimija on laitteiden valmistaja. Laittevalmistaja voi ottaa haltuunsa koko sovellusvirran tuottaen itse laitteessa toimivat sovellukset tai se voi ottaa mukaan kolmannen osapuolen sovelluskehittäjiä. Laittevalmistaja jakelee sovelluskehittäjien tuotteita ja jakaa saadut tuotot kehittäjien kanssa. Esimerkiksi Apple toteuttaa tätä mallia matkapuhelin liiketoiminnassaan. (Jumira & Wolhuter, 2011)

Schlautmann (2011) esittää älykkäiden ratkaisujen tai laitteiden myynnin arvoketjun olevan melko monimutkainen ja vaihteleva. Hänen esittämänsä mallin mukaan on käytävä läpi useita vaiheita, ennen kuin älykäs tuote saadaan asiakkaalle. Ensimmäisenä tarvitaan RFID-siru tai sensori, joka liitetään johonkin arkipäiväiseen laitteeseen, kuten autoon, kameraan tai tietokoneeseen. Seuraavaksi tarvitaan verkko-operaattori, jonka kautta voidaan luoda yhteys Internetiin. Palvelun mahdollistajana (engl. service enabler) toimii jokin kehitysalusta, joka osaa siirtää tarvittavaa tietoa laitteiden välillä. Tämän osapuolen väitettään olevan kriittisin ja monimutkaisin osa arvoketjussa, mutta yleensä toimijat ovat myös melko pieniä yrityksiä. Suurempana tahona toimii järjestelmän yhteen sovittaja (engl. system integrator) joka suorittaa RFID-sirujen tai sensorien asennuksen laitteisiin sekä huolehtii laitteiden kommunikaation toiminnasta. Esimerkkinä yhteen sovittajista on mm. Ericsson ja IBM. Seuraavana arvoketjussa on palveluntarjoaja (engl. service provider) joka myy valmiita kokonaisuuksia asiakkaille.

Schlautmann (2011) kehottaa verkko-operaattoreita, jotka yleisesti keskittyvät vain omaan rooliinsa eli tarjoamaan Internet-yhteyksiä asiakkaille, laajentamaan toimintaansa toisiin arvoketjun rooleihin. Jatkuvasti lisääntyvä kilpailu ja alhaisempien hintojen tarjoaminen vähentää verkko-operaattorien liikevoittoa huomattavasti. Jos operaattorit ryhtyvät toteuttamaan useampaa roolia yhteyksien tarjoamisen lisäksi, heidän roolinsa arvoketjussa tulee tärkeämmäksi ja he voivat päästä suurempaan asemaan tavoittelemaan parempaa liikevoittoa.

Arvoketju siis kertoo sen, mitä toimijoita arvon muodostaminen vaatii, mutta se ei vielä kuvaile valmista ekosysteemiä. Arvoketju kuitenkin määrittelee ne roolit, joita ekosysteemissä voi esiintyä ja antaa siten hyvän lähtökohdan ekosysteemin mallintamiselle antamalla työkalut ekosysteemin toimijoiden analysointiin.

Mazhelis, Luoma ja Warma (2011) kertovat laiteverkkoekosysteemin koostuvan laitteistoista, ohjelmistoista, standardeista sekä kommunikaatiosta näiden osien välillä. Näin ollen yritykset ja organisaatiot, jotka ovat osallisena laiteverkon kehitykseen näiltä osa-alueilta, ovat mukana laiteverkkoekosysteemissä. Leminen, Westerlund, Rajahonka ja Siuruainen (2012) ehdottavat ekosysteemin ytimen koostuvan laiteverkon teknologioista, prosesseista sekä standardeista. Ekosysteemin jäsenet, kuten yritykset, julkiset tahot ja yksityishenkilöt puolestaan tuottavat liiketoimintamalleja ekosysteemin sisällä.

Monet yritykset ovat tekemisissä laiteverkkoon liittyvien teknologioiden ja ratkaisujen parissa. Jotkut saattavat olla tietämättömiä laiteverkon olemassaolosta tai sen käsitteestä, mutta heidän tuotteensa voivat välillisesti tukea laite-

verkon kehitystä. Tämän takia on tärkeää pyrkiä saamaan selville, millainen laiteverkkoekosysteemin tulisi olla. Minkälaisia yrityksiä ekosysteemiin kuuluu ja mitä rooleja näillä yrityksillä on? Seuraavaksi esittelemme mitä nämä roolit voisivat olla.

Iyer, Lee ja Venkatraman (2006) tunnistavat ohjelmistoalan ekosysteemissä erilaisia toimijoiden rooleja, joista varsinkin kolmen nähdään olevan erityisessä asemassa. Suurimpana ja tärkeimpänä on keskiöyritys, jolla on suuri määrä yhteyksiä muihin yrityksiin. Tällaiset ovat yleensä suuria markkinajohtajia, kuten Microsoft, Oracle ja IBM. Toisena roolina on välittäjä, joka pyrkii luomaan yhteyksiä toisistaan tietämättömien yritysten välille. Molemmat yritykset voivat toimia samassa ekosysteemissä tai toinen voi olla ulkopuolinen. Kolmas rooli on siltayritys, jonka tehtävänä on pitää ekosysteemiä kasassa. Siltayritykset yhdistävät toisistaan irrallaan olevia yrityksiä esim. tarjoamalla eri teknologioille yhtenäisiä alustoja, mikä mahdollistaa paremman kehitysyhteistyön.

Mazhelis ym., (2011) luokittelevat laiteverkkoekosysteemiin kuuluvia toimijoiden rooleja niiden tuottamien teknologisten ratkaisujen perusteella. Seuraavassa listassa on esitelty osa näistä rooleista:

- Siruvalmistajat (chip manufacturer) suunnittelevat ja valmistavat integroituja piirejä erilaisten laiteverkon osien valmistajille.
- Verkko-operaattori (network operator) tarjoaa Internet-yhteyksiä käyttäjille, joka mahdollistaa langattomien palveluiden käytön laiteverkossa.
- Yhdyskäytävä (integrator) on jokin laite tai ratkaisu, joka tarjoaa yhteyden laitteiden ja Internetin väliin. Tätä voidaan verrata perinteisen tietokoneen ja Internetin yhdistävään modeemiin, mutta langattomana.
- Sovelluskehittäjä (application developer) suunnittelee ja kehittää laiteverkon sovelluksia ja palveluja.
- Jakelija (distributor) on fyysisen tai digitaalisen tuotteen tai palvelun jälleenmyyjä.

Yllä mainitut roolit voisivat muodostaa seuraavanlaisen jakeluverkon hallintaan perustuvan laiteverkkoekosysteemin: Jakeluketjun tuotteisiin liitettyjen RFID-sirujen avulla tuotteiden sijaintia jakeluverkossa voitaisiin seurata. Sirujen valmistajat myisivät näitä siruja tuotteiden, esimerkiksi elintarvikkeiden valmistajille. Jakeluketjun eri vaiheissa verkko-operaattori tarjoaisi ratkaisun, jonka avulla RFID-sirun sisältämän tiedon avulla voitaisiin tuotteiden sijainti jakeluverkossa selvittää. Sovelluskehittäjä voisi tarjota sovellusta joka visualisoi siruista kerätyn paikkatiedon jakeluketjun hallinnoijaa hyödyttävään muotoon. Jakelija voisi myydä tätä sovellusta eteenpäin jakeluketjun hallinnoijille. Myös Jumiran ja Wolhuterin tutkimus (2011) laiteverkon ekosysteemien arvoketjuista tunnistaa samankaltaisia rooleja ja toimintoja ekosysteemissä:

- Verkkolaitteiden kehittäminen (Network Equipment Development), joka käsittää verkkolaitteiden suunnittelun ja kehittämisen.

- Mobiiliverkon operaattori (Mobile Network Operator) joka tarjoaa laitteille langattoman verkkoyhteyden.
- Verkkolaitteiden integroiminen (Network Equipment Integration), joka käsittää integroitujen verkkoratkaisujen tarjoamista verkko-operaattoreille.
- Sovelluskehittäjä (Application Developer), joka suunnittelee ja kehittää sovelluksen joka hyödyntää laitteen ominaisuuksia tai yhdistää tietoa eri lähteistä.
- Kuluttajaelektronikan markkinointi (Consumer Electronics Device Marketing), joka käsittää laiteverkkoa hyödyntävien, kuluttajille suunnattujen laitteiden tuomista markkinoille.

Yllämainitut roolit voisivat olla osallisina ekosysteemissä, joka tarjoaa kuluttajalle mahdollisuuden seurata ja hallinnoida älypuhelimellaan kotinsa eri elektroniikkalaitteiden tuottamaa tietoa. Esimerkiksi kodin omistajalla voi olla älypuhelimessaan sovellus jonka avulla hän voi hallita langattomasti laiteverkkoon yhdistettyjä kodin valaisimia.

Laiteverkko muodostaa mielenkiintoisen ekosysteemin, koska jokainen laiteverkon osa on merkittävä laiteverkon kokonaisuuden kannalta. Esimerkiksi kodin lämpötilaa valvovat sensorit ovat hyödyttömiä, jos niitä varten ei ole saatavilla niiden lähettämiä tietoja keräävää ja esittävää sovellusta. Koska laiteverkko käsittää niin monta sovelluskohdetta, on mielenkiintoista nähdä, pystyykö jokin yksittäinen toimija nousemaan kaikissa sovelluskohteiden arvoketjuissa johtavaan asemaan. Tämä on ollut mahdollista mobiililaitteisiin keskittyvässä liiketoiminnassa, jossa esimerkiksi Apple ja Google ovat saavuttaneet merkittävän aseman arvoketjussa. Mutta laiteverkosta puhuttaessa langaton viestintä on vain yksi lukuisista laiteverkon sovellusalueista.

3.4 Laiteverkon ohjelmistoalustat

Kuten Schlautmann (2011) mainitsee, ohjelmistoalustat voivat nousta merkittäväksi toimijoiksi laiteverkon eri osa-alueiden hyödyntämisen mahdollistajina. Ohjelmistoalusta kokoaa yhteen laiteverkon laitteiden keräämän datan ja tarjoaa rajapinnan jonka kautta dataa voidaan hyödyntää. Ohjelmistoalustan toiminnallisuus voidaan jakaa seuraaviin komponentteihin: Ohjelmointirajapinta, laitehallinta, tietovarastointi sekä laskenta. Esittelemme seuraavaksi komponentit sekä yleisesti että esimerkin kautta Axedan tarjoaman pilvipalveluun (engl. cloud computing service) pohjautuvan ohjelmistoalustan kautta.

Ohjelmointirajapinta (engl. application programming interface, API) tarjoaa sovelluskehittäjille abstrahoidun rajapinnan jonka avulla kehittäjät voivat hyödyntää ohjelmistoalustan muiden moduulien toiminnallisuuksia. Sovelluskehittäjän ei siis tarvitse tietää ohjelmistoalustan muiden komponenttien toimintaperiaatteita, vaan hänellä on käytössään komponenttien kuvatut toiminnallisuudet jonkin rajapinnan, yleensä ohjelmistokirjaston kautta.

Esimerkiksi Axeda tarjoaa mahdollisuuden käyttää ohjelmistoalustan toimintoja Groovy komentosarjakieleen perustuvalla rajapinnalla. Lisäksi ohjelmistoalusta tarjoaa www-sovelluspalvelun (engl. web service) Simple Object Access Protocol (SOAP) ja Representational State Transfer (REST) rajapintojen kautta. Sovelluskehittäjällä on siis käytössään Axedan oma rajapinta, jonka avulla tehdyt sovellukset toimivat Axedan tarjoaman alustan päällä, mutta hänellä on myös käytössään www-sovelluspalvelun kautta mahdollisuus itsenäisten sovellusten toteuttamiseksi. (Axeda, 2013a)

Laitehallinnan kautta ohjelmistoalustan käyttäjä voi liittää alustaan haluamiaan laitekomponentteja, kuten älykkäitä sensoreita tai seurantaan tarkoitettuja laitteita. Laitehallinnan kautta tapahtuu myös kyseisten laitteiden tilan seuranta ja niiden toiminnan hallinta. Hallinnan kautta voidaan esimerkiksi kytkeä laitteita päälle tai pois päältä tai estää niiden tiedonvälitys. Epäkunnossa olevat laitteet voivat ilmoittaa laitehallinnan kautta omasta tilastaan tai niiden epävarmasta tilasta voidaan ilmoittaa käyttäjälle jos ne esimerkiksi eivät välitä tietoa sovitulla aikavälillä.

Axedan ohjelmistoalustaan voidaan liittää laitteita esimerkiksi palvelinohjelman avulla, joka välittää laite-dataa ohjelmointirajapinnalle https-protokollan välityksellä. Laitteiden tilasta voidaan saada kootusti tietoa ja ne voidaan asettaa antamaan varoituksia tiettyjen parametrien ylittyessä. Laitteet voidaan myös säätää ottamaan yhteyttä ainoastaan valituin väliajoin, joka vähentää tietoliikenteen määrää. Myös laitteiden viestintää ulkoverkkoon päin voidaan monitoroida, jolloin laiteverkon tietoturva voidaan parantaa. (Axeda, 2013b).

Laitteiden välittämä tieto varastoidaan ohjelmistoalusta käyttämällä tallennusratkaisulla esimerkiksi relaatiotietokantaan. Tallennettua tietoa voidaan käyttää joko suoraan esimerkiksi tietokantakyselyiden avulla tai ohjelmointirajapinnan tarjoaminen, tietoa jalostavien kyselyiden kautta. Täten tietovaraston sisältämä tieto on ohjelmistoalustan muiden moduulien käytössä ja sen avulla voidaan esimerkiksi kehittää sovellus, joka kertoo yksittäisen seurantalaitteen sijaintihistorian.

Axedan tallennusratkaisussa laitteista tuleva data tallennetaan Axeda pilvipalveluun, mutta sitä on myös mahdollista siirtää asiakkaan omiin järjestelmiin kuten toiminnanohjausjärjestelmään (engl. enterprise resource planning) (Axeda 2013c).

Ohjelmistoalusta tarjoaa myös sovellusten käyttöön niiden tarvitseman laskentatehon sen sijaan, että sovellukset turvautuisivat käyttäjän laskentaresursseihin. Tämä malli on tuttu pilvipalveluista, joissa sovellukset sijaitsevat palveluntarjoajan palvelimilla käyttäen näiden laskentatehoa. Usein näitä sovelluksia käytetään web-käyttöliittymän avulla. Tässä yhteydessä laskentatehoa tarjoavaa alustaa voidaan kuvailla pilvipalveluksi.

Axedan tarjoaa asiakkaidensa käyttöön SaaS-pilvipalvelua (engl. Software as a Service). Pilvipalvelun avulla sovellusten tarvitsema suoritusteho skaalautuu käyttömäärän mukaan ja ne ovat saavutettavissa internetyhteyden avulla mistä tahansa. (Axeda, 2013d)

Monet esitellyistä ohjelmistoalustojen komponenteista yhdistyvät tänä päivänä PaaS-pilvipalveluissa. Pilvipalveluiden tarjoama muuttuu jatkuvasti, ja tällä hetkellä käytössä olevat palvelut voidaan PaaS-palveluiden lisäksi jakaa

SaaS-palveluihin sekä IaaS-palveluihin (engl. Internet as a Service), mutta kaikkien eri palveluiden määrittelyistä PaaS vastaa parhaiten laiteverkon hyödyntämiseen tarkoitettujen ohjelmistoalustojen toimintaa:

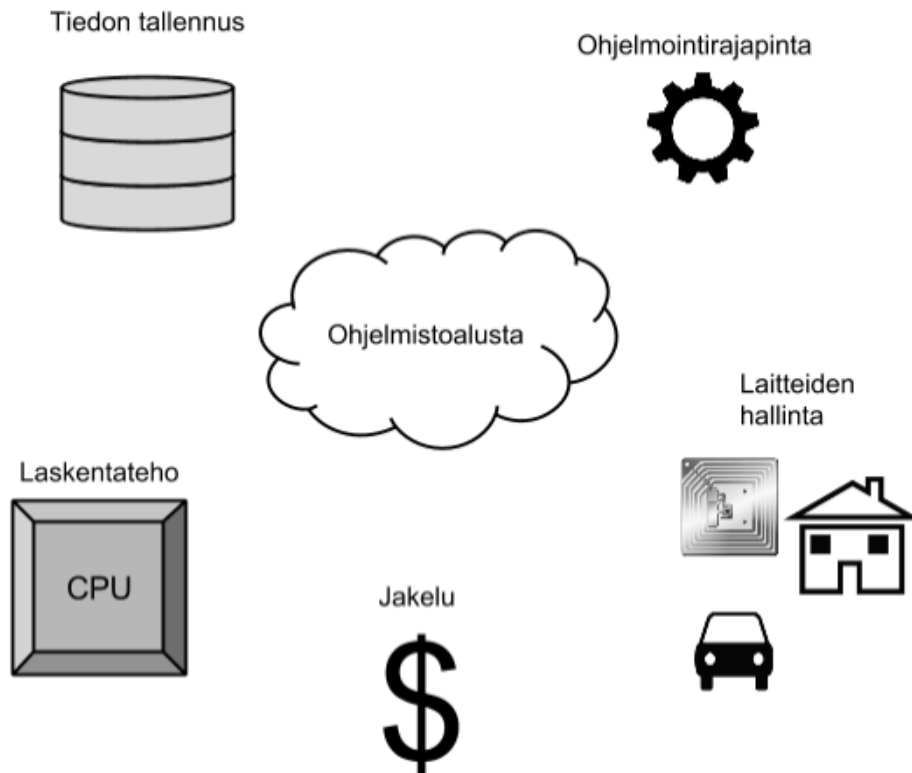
PaaS-pilvipalvelussa asiakas julkaisee käytettäväksi tekemiään sovelluksia, jotka on toteutettu palveluntarjoajan tukemien ohjelmointikielien, ohjelmistokirjastojen, palveluiden sekä työkalujen avulla. Asiakas ei voi hallinnoida tai kontrolloida palvelun infrastruktuuria, mutta hän voi hallinnoida tekemiään sovelluksia. (Mell & Grance, 2011).

Eräs mielestämme tärkeä laiteverkon leviämiseen vaikuttava tekijä on sopivien jakelukanavien kehittäminen. Todennäköinen vaihtoehto erilaisten laiteverkon sovellusten jakelulle voisi olla mobiililiiketoiminnasta tuttu sovelluskauppa. Jumira ja Wolhuter mainitsevat sovelluskaupan yhtenä mahdollisena ekosysteemin roolina, jossa toimija tarjoaa käyttöympäristön sovelluskehittäjien sovelluksille ja niiden käyttäjille (Jumira & Wolhuter, 2011). Merkittävimmillä mobiilialustoilla, kuten Androidilla, iOS:llä sekä Windows Phonella, on olemassa alustalla toimiville sovelluksille omistettut digitaaliset jakelukanavat jotka yhdistävät tehokkaasti sovelluskehittäjät sekä sovellusten loppukäyttäjät.

Yksi merkittävä ominaisuus sovelluskaupoissa on maksurajapinnan tarjoaminen. Sen avulla voidaan toteuttaa erilaisia maksutapoja ja jopa kehittyneitä transaktioita, kuten sovellusten sisäisiä maksuja (Constantinou, 2013). Rajapinnan ansiosta kehittäjien ei tarvitse käyttää resurssejaan sovellusmaksujen keräämiseen. Myös Munjin ja Moran ovat esitelleet laiteverkon sovelluskaupan mallin, jossa ohjelmistoalusta tarjoaa kehittäjille mahdollisuuden jaella SaaS-pohjaisia sovelluksiaan alustan sovelluskaupan kautta (Munjin & Moran, 2012).

Voidaan ennustaa, että laiteverkon yleistyessä ja sen ekosysteemien kehityessä tulemme näkemään erilaisia sovelluskauppoja joista kuluttajat voivat valita itselleen parhaiten sopivat sovellukset laiteverkon hyödyntämiseen. Yksi esimerkki tästä on Deutsche Telekomien M2M Marketplace joka kokoaa yhteen tarjontaa laiteverkon laitteisto- ja sovellustoimittajilta. Lisäksi helposti saavutettavissa olevien sovelluskauppojen avulla myös loppukäyttäjät voivat luoda ja jakaa omia innovaatioitaan, jolloin heistä tulee ohjelmistoalustan ekosysteemissä arvon tuottajia (Kortuem & Kawsar, 2010).

Kun yhdistetään edellä mainittuun määritelmään laiteverkon laitteiston hallinnoinnin ja niiden välittämän datan keräämisen ja tallentamisen, voidaan määritellä laiteverkon ohjelmistoalusta: Laiteverkon ohjelmistoalusta tarjoaa mahdollisuuden hallinnoida alustaan liitettyjen laitteiden toimintaa sekä kerätä ja tallentaa niiden välittämää dataa. Ohjelmistoalusta tarjoaa työkalut kerättyä dataa hyödyntävien sovellusten kehittämiseen, kanavan niiden julkaisemiseen sekä alustan niiden käyttämiseen. Ohjelmistoalusta eri komponentit on esitelty kuviossa 5.



KUVIO 5 Laiteverkon ohjelmistoalustan komponentit

Koska pilvipalvelut ovat tällä hetkellä erittäin suosittuja ja laiteverkon viestintä-tekniologiat ja niiden tarjoamat palvelut hyödyntävät internetiä, voidaan olettaa, että myös suuri osa laiteverkon ohjelmistoalustoista tullaan tarjoamaan pilvipalveluina. Laiteverkko on kuitenkin vasta kehittymässä, joten mitään lopullista ennustetta palveluiden toteuttamistavasta ei voida tehdä. Tästä syystä emme tutkimuksemme rajanneet ohjelmistoalustojen toimittajia aikaisemmin esitellyn laiteverkon ohjelmistoalustan määritelmän perusteella, vaan mukaan otetut toimittajat on valittu seuraavien kriteereiden mukaan:

- Ohjelmistoalustan pitää kyetä keräämään tietoa siihen liitetyiltä laitteilta
- Ohjelmistoalustan avulla pitää pystyä hallitsemaan siihen liitetyjä laitteita
- Ohjelmistoalustan avulla pitää pystyä kehittämään laitteiden keräämää dataa hyödyntäviä sovelluksia

4 Kirjallisuuskatsauksen yhteenveto

Laiteverkkoa koskevaa kirjallisuutta löytyi vaihtelevasti. Teknistä kirjallisuutta oli hyvinkin paljon, mutta siitä ei ollut hyötyä tähän tutkimukseen. Yleistä kuvausta laiteverkosta ja sen toimintatavasta oli riittävästi, tosin eri kirjoittajilla saattoi olla erilaisia näkemyksiä siitä mikä laiteverkko on.

Suuri osa julkaisuista käsitteli laiteverkon konseptia ja käyttötarkoituksia vain ajatustasolla, millainen se voisi olla ja mitä sillä voitaisiin tehdä. Yleisimpiä käyttökohteita oli logistiikka, terveydenhuolto, älykäs ympäristö sekä sosiaalinen käyttö. Jotkin näistä kohteista ovat jo osittain käytössä pienessä mittakaavassa, mutta eivät ole vielä valmiita toimiakseen suuressa ja yhtenäisessä laiteverkossa. Myös laiteverkon kritisointia oli paljon, ja monet kirjoittajat esittivätkin vain ongelmakohtia ja haasteita jotka estävät laiteverkon maailmanlaajuisen käyttöönoton. Suurimpina riskeinä pidettiin tietoturvan ja yksityisyyden menettämistä, laitteiden liitettävyyttä ja yhteensopivuutta toistensa kesken sekä laiteverkon testausprosesseja.

Selvästi vähiten kirjallisuutta löytyi laiteverkon liiketoimintamalleista sekä ekosysteemeistä. Perinteisistä liiketoiminnan ekosysteemeistä kylläkin löytyi aiempaa tutkimusta, mutta yritettäessä etsiä laiteverkkoon liittyviä ekosysteemejä, hakutulosten määrä oli hyvin pieni. Koenig (2012) mm. esitteli mallin neljästä eri ekosysteemityypistä, joita saatetaan voida soveltaa myös laiteverkkoon liittyviin ekosysteemeihin: tarjontasysteemi, alusta, kohtalon yhteisö sekä laajentuva yhteisö. Myös tavallisen liiketoiminnan arvoketjuista tunnistettiin erilaisia malleja, joitain voidaan hyödyntää laiteverkossa. Laiteverkon arvoketjussa tunnistettuja rooleja olivat mm. siruvalmistajat, verkko-operaattorit, yhdyskäytävät, sovelluskehittäjät ja jakelijat.

Kuten edellä todettiin, ekosysteemeistä, arvoketjuista ja liiketoimintamalleista löytyi runsaasti tutkimusta, mutta erityisesti laiteverkon alueelle liittyviä julkaisuja oli hyvin vähän. Tämä on tietenkin luonnollista, koska laiteverkosta tai sen ekosysteemeistä tehtyä empiiristä tutkimusta ei ole voitu toteuttaa vielä.

5 Tiedonhankinta ja empiirisen tutkimuksen menetelmät

Tutkimuksemme toteuttamista olisi helpottanut huomattavasti erilaisten tietokantojen käyttäminen: Yritysten välisistä yhteyksistä on saatavilla valmiiksi jäsenettyä dataa tietokantojen muodossa, mutta kyseisten palveluiden korkeiden hintojen vuoksi jouduimme keräämään tutkimusaineistomme käsin. Onneksi kerätyn aineiston analyysiin oli käytettävissä ilmaisia työkaluja, kuten myöhemmin luvussa esiteltävä Pajek, jonka avulla aineistosta muodostetun verkoston analyysi oli mahdollista. Seuraavaksi esittelemme tutkimusaineistomme muodostumisen prosessia sekä menetelmiä joiden avulla aineiston analyysi tapahtui.

5.1 Tiedonhankinta ja verkoston muodostaminen

Datan keräämistä varten valitsimme kolme laiteverkon kehityksessä mukana olevaa yhteistyöjärjestöä. Jokaiseen näihin kuuluu satoja yrityksiä ja organisaatioita, jotka ovat osallisina laiteverkon tutkimukseen, kehitykseen tai käyttöön.

ZigBee Alliance on kehittänyt oman standardin pienten ja kannettavien laitteiden langattomaan tiedonsiirtoon, erityisesti laiteverkon käyttötarkoituksia mielessä pitäen. Allianssin kuuluvat jäsenorganisaatiot saavat käyttää standardia omissa tuotteissa ja palveluissaan. (ZigBee, 2012)

ETSIM2M on kansainvälinen, voittoa tavoittelematon organisaatio, joka kehittää standardeja langattomaan kommunikointiin ICT-ympäristöön. ETSI toimii maailmanlaajuisesti yli 62 maassa. (ETSI, 2013)

oneM2M kehittää teknologisia standardeja tyypillisten M2M-sovellusten käyttöön, jotka voidaan liittää useisiin laitteisiin ja ohjelmistoihin. Yhteisön tarkoituksena on herättää kiinnostusta ja houkutella mukaan yrityksiä, jotka hyödyntävät M2M-teknologiaa omassa liiketoiminnassaan. (oneM2M, 2013)

Yhteistyöjärjestöjen Internet-sivujen avulla saimme selville eri järjestöjen toimintaan osallistuvat organisaatiot. Osallistujien määrällä mitattuna ETSI M2M on suurin 804 jäsenellään. Seuraavaksi suurin on ZigBee 401 jäsenellään ja kolmanneksi suurin oneM2M 207 jäsenellään.

Muodostimme näiden järjestöjen julkaisemista yhteistyökumppanilistoista Google Spreadsheet -palveluun taulukon, johon kirjasimme jokaisesta yhteistyökumppanien roolit sekä järjestöt joihin he kuuluvat. Jokaisen yhteistyökumppanin rooli selvitettiin analysoimalla organisaation liiketoimintaa sen Internet-sivuilla saatavilla olevan tiedon perusteella.

Yhdellä jäsenorganisaatiolla voi olla 0-5 roolia. Joillakin ei ollut yhtään sellaista roolia, josta olisimme olleet kiinnostuneita. Monet organisaatiot tekivät mm. vain konsultointia, joka ei mahtunut valitsemaamme roolijakoon. Laitteverkkoekosysteemissä erilaisia rooleja on hyvin paljon, kuten alla olevasta Mazheliksen ym., (2011) taulukosta nähdään.

TAULUKKO 2 Laiteverkkoekosysteemin roolit (Mazhelis ym., 2011)

Role	Description
Chip manufacturer	Designs and manufactures integrated circuits for module and device manufacturers.
Module provider	Manufactures components such as sensors of modems and deliver them to OEM/ODM.
OEM/ODM	Integrates components to produce the device or another piece of equipment.
SIM provider	Manufacturers SIM cards for network operators.
WSAN operator and service provider (SP)	Operates and delivers services/information from WSANs under its responsibility.
Network operator	Provides connectivity between WSAN and the IoT applications; it may encompass access (mobile or landline) network, the core network, and the transmission network.
Network equipment provider	Manufactures network elements and related services and offers them to network operators.
Subscription management	A third party that manages SIMs and contracts on behalf of M2M user; is responsible for roaming and switching of networks (similar to MVNO).
M2M service provider	Manages the M2M service platform.
M2M platform vendor	Produces the M2M service platform which handles device specific tasks, including fault detection, management of SIM cards, etc.
Integrator	Ensures seamless inter-operation between the devices and the M2M platform.
M2M user	Is an organization that is formally in charge of the sensor and actuator devices/network.
Sensor and actuation service broker	Acts as a broker between the providers and the consumers of the sensor and actuator services.
Application SP	Builds the application/service from the components (own or made by other service providers) and deliver it to the user.
Complementary SP	Provides the services complementary to the one(s) of ASP.
(App) Developer	Designs and develops IoT applications and services.
Distributor	Is a retailer of physical or digital goods and services.
Provisioning SP	Deploys the application/service.
Billing SP	Provides billing services to a service operator, serving as a financial intermediary between them and their customers.
Ad agency	Provides ads and manages ad campaigns for advertisers, acting as intermediary between advertiser and a service provider.
Advertiser	Orders advertisements (individual or campaigns).
Content aggregator	Distributes content from different content providers to different SPs, acting as an intermediary between them.
Content provider	Provides user-generated or professionally created content.
User	Uses the application/service provided by the ASP.
Subscriber	Negotiates and commits to the agreement with the ASP on the service and its qualities.
Intellectual property rights (IPR) holder	Possesses exclusive rights for some intangible assets, and is entitled to giving the others an authorization for exploiting these assets
Standard development org. (SDO)	Official organizations, industrial alliances, special interests groups focusing on standard development.
Regulatory body	Controls the processes, as mandated by a legislative body
Legislative body	Makes, amends, or repeal laws.

Kaikki nämä roolit eivät kuitenkaan ole tutkimustamme hyödyttäviä. Esimerkiksi Bala Iyerin (Iyer, 2012) käyttämät roolit mobiilimaksamisen ekosysteemissä ovat lähellä tutkimusaluetta: Ohjelmistoalustan valmistaja, verkkooperaattori, pankit, luottokorttien jakelijat, laitevalmistajat, myyjät ja käyttäjät.

Tutkimuksellemme tärkeät roolit saadaan selville miettimällä laiteverkon toimintaperiaatetta: Laiteverkon perusta ovat laitteet, jotka lähettävät ja vastaanottavat langattomasti signaaleja. Laitteiden lisäksi tarvitaan keino välittää ja ohjailta niiden tuottamia signaaleja verkossa. Käyttäjän pitää pystyä myös ohjailemaan laitteita sovellusten avulla. Tämän perusteella valitsimme tutkimukseemme seuraavat viisi roolia:

- Laitevalmistaja, jolla tarkoitetaan erilaisten komponenttien ja laitteiden valmistajia.
- Yhdyskäytävälaitteiden valmistaja, jolla tarkoitetaan laiteverkon älykkäitä laitteita Internetiin yhdistävien laitteiden valmistajia.
- Tietoverkko-operaattorilla tarkoitetaan Internet-operaattoreita, jotka tarjoavat langattomia ja langallisia tietoverkkoyhteyksiä.
- Ohjelmistoalustan toimittaja tarjoaa ohjelmistoalustan, jonka avulla voidaan yhdistää laiteverkon keräämä data ja tuottaa sitä hyödynnäviä sovelluksia.
- Sovelluskehittäjä on ohjelmistoalustan päälle sovelluksia luova ohjelmistokehittäjä.

Löydettyjen roolien määrä (yhteensä 869):

- Laitevalmistaja: 414
- Yhdyskäytävälaitteiden valmistaja: 200
- Tietoverkko-operaattori: 47
- Ohjelmistoalustan toimittaja: 32
- Sovelluskehittäjä: 176

Verrattaessa roolien määrää jäsenorganisaatioiden määrään huomataan, että yrityksen roolien määrän keskiarvo on vain $\sim 0,62$. Tämä ei kuitenkaan ole realistinen keskiarvo, sillä suurella osalla yrityksistä ei ollut meille merkittäviä rooleja lainkaan. Niillä yrityksillä joilla oli merkittäviä rooleja, yrityksen roolien lukumäärä oli yleensä yhdestä kolmeen. Yritykset joiden rooli oli laitevalmistaja tai tietoverkko-operaattori, keskittyivät melkein aina vain omaan rooliinsa, eli ydinliiketoimintaansa, kun taas yhdyskäytävälaitteiden valmistajat, ohjelmistoalustojen toimittajat sekä sovelluskehittäjät esiintyivät usein yhdessä eri kombinaatioina samassa yrityksessä.

Näistä rooleista valitsimme ohjelmistoalustojen toimittajat lähempään tarkasteluun, koska tutkimuksen tarkoitus on saada kuva siitä, millaisia ekosysteemejä ohjelmistoalustojen toimittajat ja niiden yhteistyökumppanit muodostavat. Seuraavaksi erotimme kootusta yhteistyökumppanilistasta uuteen listaan yritykset, jotka tarjoavat edellisessä luvussa kuvattujen kriteerien täyttävää ohjelmistoalustaa.

Yhteistyöjärjestöiltä saatujen kumppanilistojen lisäksi toinen tietolähde laiteverkon ohjelmistoalustoja toimittavista yrityksistä oli Beecham Researchin (M2MBlog, 2012) laiteverkon ohjelmistoalustoja kartoittanut raportti. Raportissa ohjelmistoalustojen toimittajiksi raportoidut yritykset siirrettiin Google Spreadsheet palvelussa uuteen listaan, johon myös yhdistettiin aikaisemman, yhteistyöjärjestöjen kumppaneihin perustuvan listan organisaatioista ne jotka toteuttivat ohjelmistoalustan toimittajan roolia. Lopullinen tutkimukseen valittujen ohjelmistoalustatoimittajien lista on nähtävillä liitteessä yksi.

Seuraavaksi jokaisen listassa olevan organisaation yhteistyökumppanit selvitettiin käyttämällä hyväksi organisaation Internet-sivuja sekä laiteverkkoa käsittelevien uutispalveluiden arkistoja. Näitä uutispalveluja olivat esimerkiksi M2M Magazine sekä M2M World News. Uutislähteissä otimme huomioon ainoastaan uutiset, jotka oli julkaistu aikaisintaan vuonna 2011. Yhteensä uniikkeja yhteistyökumppaneita löytyi 628 kappaletta.

Yhteistyökumppanit kirjattiin samaan taulukkoon organisaatioiden kanssa, jolloin saatiin aikaan kaksiulotteinen taulukko, jossa ensimmäisessä sarakkeessa esiintyy ohjelmistoalustan toimittajan nimi ja toisessa yhteistyökumppanin nimi (taulukko 3):

TAULUKKO 3 Esimerkki yritysten yhteistyökumppanuuksista

SensorLogic	Kore Telematics
SensorLogic	Jasper Wireless
SensorLogic	Bing
Sierra Wireless	Cisco
Sierra Wireless	Ingenico
Sierra Wireless	AT&T
Sierra Wireless	Fujitsu

Verkostoanalyysin toteuttamiseen valitsimme ohjelman nimeltä Pajek, jota on käytetty omaamme vastaavissa tutkimuksissa, kuten Basolen mobiiliekosysteemin mallintamiseen keskittyvässä tutkimuksessa (Basole, 2009) sekä Iyerin mobiilimaksamisen ekosysteemin mallintamiseen keskittyvässä tutkimuksessa (Iyer, 2012). Taulukkomuotoinen data muutettiin Pajekin ymmärtämään formaattiin apuohjelman avulla. Verkostoa kuvaava lopullinen tiedosto näyttää seuraavalta:

```
*Vertices 436
1 "Thingspeak"
2 "ioBridge"
3 "Xively"
4 "ARM"
5 "Atmel"
...
```

```
*Edges
1 2
3 4
3 5
3 6
3 7
....
```

Vertices kertoo, montako uniikkia yritystä verkostossa on ja numero nimen edessä on linkkien muodostusta varten. Edges-osiossa listataan jokaiset linkit käyttäen yritysten yksilöllisiä numeroita, samalla periaatteella kuin edellisessä taulukossa. Linkkien on mahdollista olla suunnattuja tai suuntaamattomia: suunnattu linkki tarkoittaa yhteistyötä vain toiseen suuntaan, kun taas suuntaamattomassa oletetaan että yhteistyö toimii molempiin suuntiin. Valitsimme käytettäväksi suuntaamattomat linkit, koska jos ohjelmistoalustaa valmistava yritys on yhteistyössä toisen yrityksen kanssa, yhteistyö toimii todennäköisesti kumpaankin suuntaan. Lisäksi suunnattujen linkkien etsiminen olisi vienyt hyvin paljon aikaa ja olisi saattanut osoittautua käytettävissä olevien tietolähteiden puitteissa mahdottomaksi: Tutkimuksen luotettavuus olisi laskenut suunnattujen linkkien etsimisestä, koska jokaisen linkin kummankin osapuolen yhteistyöverkostot olisi pitänyt kartoittaa ja tätä tietoa ei välttämättä olisi linkin kummallekin osapuolelle ollut saatavilla. Tutkimuksen toteuttaminen kuvatulla tavalla olisi vienyt myös huomattavan määrän enemmän aikaa

5.2 Verkoston analysoinnin menetelmät

Verkostoanalyysijä voidaan toteuttaa lukuisilla eri tavoilla ja muodostetusta verkostosta voidaan erottaa lukuisia erilaisia verkoston tai sen osien luonnetta kuvaavia tunnuslukuja. Yksi verkoston yksittäisen solmun merkittävyyttä kuvaava piirre on sen *keskeisyys* (engl. centrality). Linton Freeman (1979) määritteli kolme usein käytettyä keskeisyydestä kertovaa tunnuslukua: *Asteluvun* (engl. degree), *läheisyysluvun* (engl. closeness) sekä *välillisyyysluvun* (engl. betweenness).

Asteluku kertoo verkoston yksittäisen solmun linkkien määrän. Mitä enemmän solmulla on linkkejä, sitä korkeampi sen asteluku on. Jos solmu on

osa verkostoa, on sillä vähintään yksi linkki, jolloin sen asteluku on 1. Jos solmu taas ei ole osa verkostoa, on sen asteluku 0. Mitä enemmän solmulla on yhteyksiä muihin solmuihin, sitä keskeisempi se on verkostossaan (Scott, 2000). Esimerkiksi aineistomme mukaan ohjelmistoalustojen toimittajista Novatel Wirelessilla oli eniten linkkejä ja se oli osallisena 8,2 prosentissa kaikista linkeistä. Freemanin mukaan korkean asteluvun solmut ovat keskeisiä toimijoita omien yhteyksiensä näkökulmasta ja voivat hallita kauttansa kulkevan informaation pääsyä omien yhteyksiensä päässä oleville solmuille (Freeman, 1979). Asteluku kertoo kuitenkin ainoastaan solmun linkkien määrästä, ei siitä, miten merkityksellisiä linkkien päässä olevat toiset solmut ovat. Esimerkiksi solmu voi olla yhteydessä verkoston aktiiviseen ytimeen vain yhdellä linkillä, mutta sillä voi olla useita linkkejä solmuihin jotka ovat verkoston laidalla ilman omia linkkejä muihin solmuihin. Vaikka solmu saisi näiden linkkien avulla korkean asteluvun, jopa korkeamman kuin verkoston ytimessä toimivat solmut, ei solmua kuitenkaan voida pitää kovin merkittävänä koko verkostoa ajatellen pelkästään asteluvun perusteella.

Tällaista solmun merkityksellisyyttä kuvaa paremmin läheisyysluku. Freemanin mukaan solmun läheisyys on korkea, jos sen muihin solmuihin johtavat geodeesit ovat pituudeltaan mahdollisimman pieniä (Freeman, 1979). Geodeesilla tarkoitetaan verkostossa mahdollisimman lyhyttä reittiä kahden solmun välillä. Läheisyysluvun voi laskea seuraavalla kaavalla:

$$c_c(p_i) = \frac{N - 1}{\sum_{k=1}^N d(p_i, p_k)}$$

Kaavassa solmun läheisyysluku saadaan selville jakamalla kaikkien muiden solmujen lukumäärä käsiteltävän solmun ja kaikkien muiden verkoston solmujen välisten geodeesien pituuksien summalla. Läheisyysluku on sitä pienempi, mitä suurempi solmun etäisyys kaikkiin muihin solmuihin on, ja taas sitä suurempi, mitä lähempänä solmu muita solmuja on. Mitä lähempänä solmu on muita verkoston solmuja, sitä helpommin verkostossa virtaava informaatio voi saavuttaa sen ja sitä keskeisemmässä asemassa se on (de Nooy, Mrvar & Batagelj, 2005).

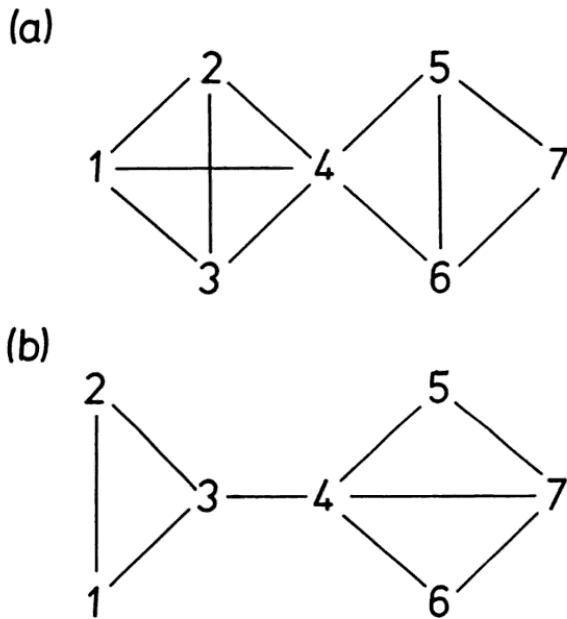
Kolmas Freemanin esittelemä keskeisyyden tunnusluku on välillisyyysluku. Korkean välillisyyysluvun omaavat solmut ovat usein välikäsiä, joiden tehtävänä on toimia tiedon välittäjinä verkostossa (Freeman, 1979). Näillä solmuilla ei ole paljon linkkejä muihin solmuihin, mutta ne ovat sijoittuneena verkostossa isompien ryhmien välille, toimien siltoina muiden ryhmien välillä. Välillisyyysluku solmulle lasketaan etsimällä ensin kaikki geodeesit kahden solmun välillä verkostossa. Sen jälkeen lasketaan, montako geodeesia kulkee yhden tietyn solmun kautta. Näin saadaan välillisyyysluku tälle tietylle solmulle tällä kaavalla:

$$\sum_{i < j} \frac{g_{ij}(a_k)}{g_{ij}}$$

Kaavassa g_{ij} on kaikkien geodeesien määrä solmujen i ja j välillä, ja $g_{ij}(a_k)$ on geodeesien määrä solmujen i ja j välillä, joka kulkee solmun a_k kautta.

Mitä suurempi välillisyytluku on, sitä enemmän yhteyksiä kulkee solmun kautta ja sitä tärkeämpi se on verkostolle. Jos tällainen solmu poistetaan, niin katkaistaan suuri määrä mahdollisia linkkejä. Näillä solmuilla on siis suurta arvoa verkostossa, ja niiden toiminta mahdollistaa verkoston toimimisen ja kasvamisen. (Freeman, 1979)

Kaksi muuta termiä ovat myös oleellisia verkostoja tutkittaessa: *leikkauspisteet* (engl. cut-points) ja *sillat* (engl. bridges). Solmu on leikkauspiste, jos solmun sekä sen linkkien poistaminen aiheuttaa verkoston hajoamista kahteen erilliseen verkostoon. Tällainen solmu toimii todennäköisimmin yhteyspisteenä tai tiedon välittäjänä verkostossa. Jos taas verkostosta poistetaan yksi linkki kahden solmun väliltä ja se aiheuttaa verkoston jakaantumista kahtia, toimii kyseinen linkki siltana. Alla olevan kuvion (a) kohdassa solmu numero 4 toimii leikkauspisteenä, joka jakaa verkoston kahtia. Kuviossa (b) linkki solmujen 3 ja 4 välillä toimii siltana (kuvio 6). (Knoke & Kuklinksi, 1982)



KUVIO 6 Leikkauspiste ja silta (Knoke & Kuklinksi, 1982)

Solmut sekä leikkauspisteet ovat mielenkiintoisia tutkiessamme ekosysteemejä, jossa kaikki yritykset pyrkivät toimimaan keskenään toistensa kanssa. Leikkauspisteenä tai siltoina toimivilla yrityksillä voi olla hyvin suuri rooli ekosysteemissä, sillä niiden poistuminen ekosysteemistä vaikuttaisi negatiivisesti ekosysteemin toimintaan. Näillä yrityksillä voi siis olla enemmän määräsvaltaa ekosysteemin sisällä.

6 Ohjelmistoalustojen yhteistyöverkoston mallintaminen

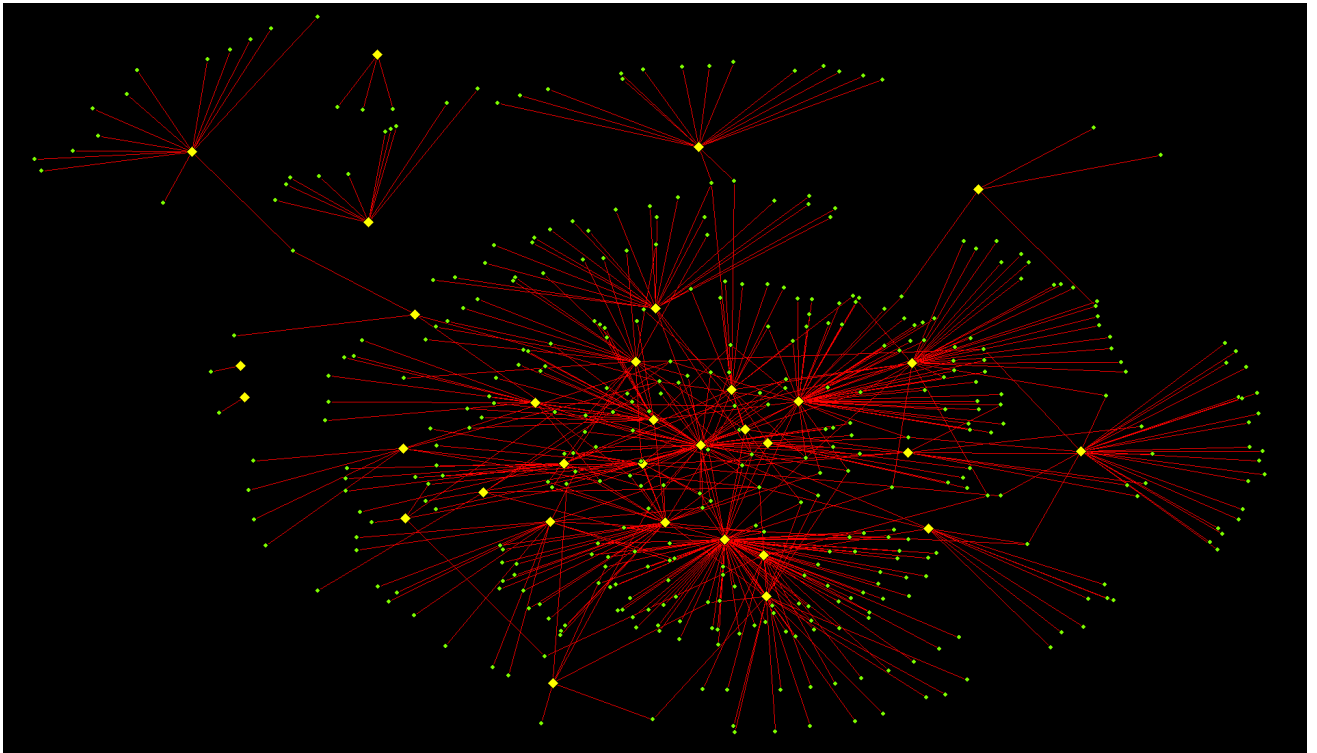
Kerätyn aineiston avulla muodostettu verkosto ei itsestään kerro laiteverkon ohjelmistoalustojen ekosysteemeistä juuri mitään, vaan verkoston sisältämä tieto sen rakenteista pitää tuoda esille jollakin tavalla. Tutkimuksessamme valitsimme keinoiksi verkoston visualisoinnin sekä erilaisten verkostanalyysin menetelmien hyödyntämisen. Seuraavissa kappaleissa esittelemme verkoston rakenteita ja ominaisuuksia, joita nuo menetelmät toivat esille keräämästämme aineistosta.

6.1 Verkoston visualisointi

Tutkimustiedon visuaalisesta esittämisestä on paljon hyötyä, koska tieto ymmärretään paremmin, kun se laitetaan esille eri muotoihin ja malleihin. Visualisointi auttaa hahmottamaan kokonaisuuksia, rakennetta, muotoa sekä tunnistamaan piilotettua informaatiota. Visualisointi on tunnistettu tärkeäksi osaksi tieteellisessä tutkimuksessa siirryttäessä tiedosta tietämykseen. (Basole, 2009)

Muissa verkoston visualisointia koskevissa tutkimuksissa on usein käytetty solmu-linkki esitystapaa, johon myös Pajekin toiminta perustuu. Pajekista löytyy kaksi algoritmia verkoston kuvaamiseen: Kamada-Kawai ja Fruchterman-Reingold. Molemmat ovat tarkoitettu hyvin laajojen, suuntaamattomien verkostojen esittämiseen. Algoritmien idea perustuu kuvitteellisiin "jousiin" solmujen välillä. Solmut jotka ovat lähekkäin vetävät toisia puoleensa ja kaukana olevat työntävät toisiaan kauemmas, jolloin jousilla on joko positiivista tai negatiivista energiaa. Algoritmi pyrkii löytämään tasapainon jossa energian käyttö on mahdollisimman pieni. Näin solmujen etäisyydet toisistaan pyritään pitämään yhtenäisinä. (Kamada & Kawai, 1989)

Kamada-Kawai algoritmi tekee verkostosta tasaisemman, kun taas Fruchterman-Reingold pyrkii estämään solmujen liiallista päällekkäisyyttä, jolloin verkostoa on miellyttävämpi tulkita. Käytimme ensiksi Kamada-Kawai mallia saadaksemme kokonaiskuvan verkostosta ja myöhemmin Fruchterman-Reingold mallia tarkemmassa analysoinnissa. (kuvio 7)

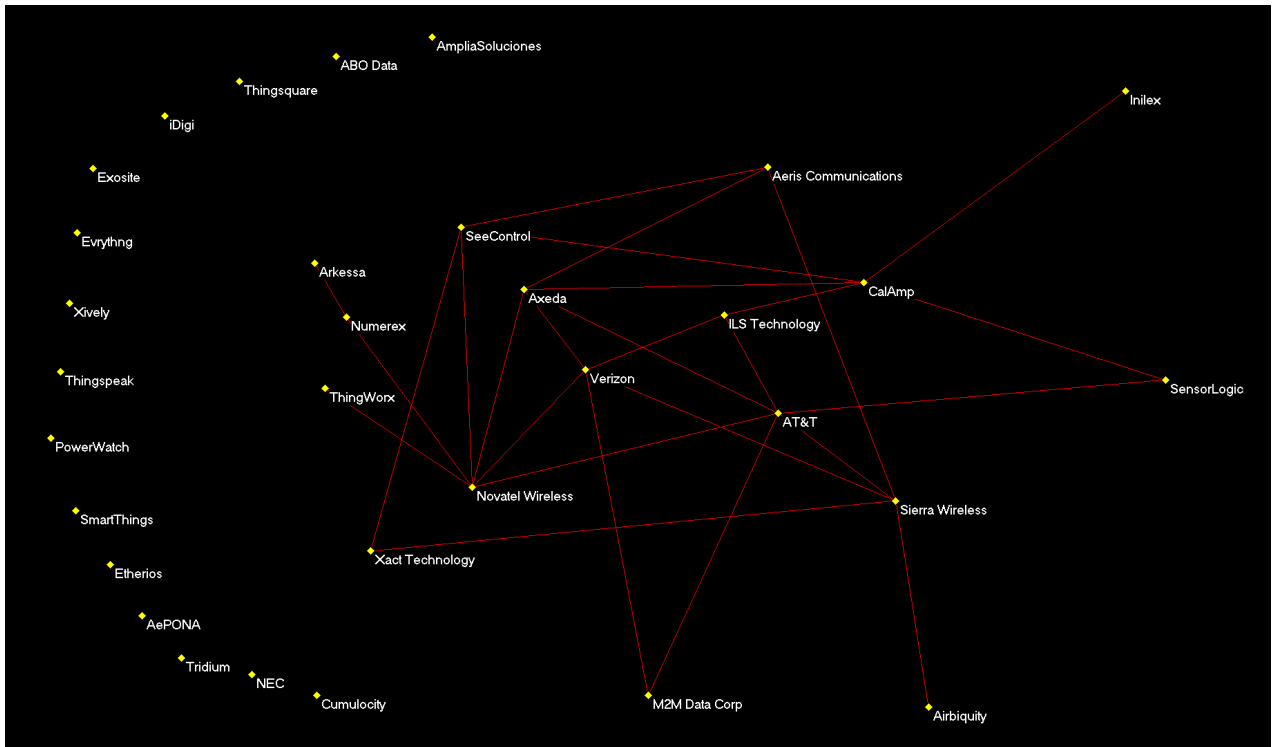


KUVIO 7 Koko yritysverkosto, Kamada-Kawai

Kuviossa 7 on mallinnettu kaikki keräämämme data. Keltaiset solmut ovat ohjelmistoalustoja ja vihreät niiden yhteistyökumppaneita. Punaiset viivat kuvaavat linkkejä solmujen välillä jos yritykset ovat yhteistyössä keskenään. Kaikesta kerätystä datasta lopputulokseksi saatiin seuraavia tunnuslukuja:

- 37 Ohjelmistoalustaa valmistavaa yritystä
- 399 Yhteistyökumppania
- 555 Linkkiä

Ensimmäiseksi verkostosta huomataan, että keskelle on muodostunut tiivis joukko solmuja joilla on paljon linkkejä. Tällöin verkostolla on selvästi ydinkeskittymä (engl. hub) (Basole, 2009). Verkoston reunoilla on ohjelmistoalustoja valmistavia yrityksiä, joilla on useita yhteistyökumppanuuksia tavallisiin yrityksiin, mutta vain yksi tai ei yhtään linkkejä toisiin ohjelmistoalustoihin. Nämä yritykset ovat silti osa ekosysteemiä, mutta saavat tietoa verkoston toiminnasta ainoastaan heidän yhden linkin kautta. Seuraavassa kuviossa koko verkostosta on karsittu näyttämään ainoastaan ohjelmistoalustojen valmistajat ja heidän linkkinsä (kuvio 8).



KUVIO 8 Ohjelmistoalustojen verkosto

Tästä huomataan selvemmin ketkä ovat keskeisessä osassa verkostossa. 32 solmusta 15 ei ole suoraan yhteyksissä mihinkään muuhun ohjelmistoalustaan. Nämä solmut ovat joko kokonaan eristyksessä verkostosta tai niillä on joku yritys yhdistämässä heitä ydinverkostoon toisen ohjelmistoalustan kautta.

6.2 Keskeisten toimijoiden selvittäminen verkostanalyysin avulla

Verkostanalyysi tarjoaa erilaisia työkaluja verkoston sisäisten rakenteiden selvittämiseksi. Koska olimme työssämme kiinnostuneita löytämään laiteverkon keskeisimpiä ohjelmistoalustoja, valikoituivat myös analyysiin käytettävät työkalut tuon kiinnostuksen perusteella. Arvioimme muodostetun verkoston toimijoiden keskeisyyttä verkoston leikkauspisteiden ja siltojen sekä keskeisyyden tunnuslukujen avulla.

6.2.1 Keskeisten toimijoiden selvittäminen asteluvun perusteella

Ensimmäinen keskeisyyteen liittyvä analyysi suoritettiin asteluvun perusteella. Asteluku kertoo yksittäisen solmun linkkien määrän ja mitä suurempi solmun asteluku on, sitä aktiivisemmin se toimii verkostossa (Freeman, 1979). Taulukossa 4 on esitetty asteluvun perusteella viisitoista keskeisintä verkoston organisaatiota.

TAULUKKO 4 Organisaatioiden keskeisyys asteluvun mukaan

Sija	Nimi	Linkkien lkm	Osuus verkosta	Kumul. osuus
1	Novatel Wireless	91	8.20%	8.20%
2	ILS Technology	58	5.23%	13.42%
3	Axeda	57	5.14%	18.56%
4	SeeControl	33	2.97%	21.53%
5	Airbiquity	28	2.52%	24.05%
6	Cumulocity	25	2.25%	26.31%
7	CalAmp	24	2.16%	28.47%
8	SensorLogic	24	2.16%	30.63%
9	AmpliaSoluciones	23	2.07%	32.70%
10	Sierra Wireless	21	1.89%	34.59%
11	ThingWorx	19	1.71%	36.31%
12	Aeris Communications	17	1.53%	37.84%
13	PowerWatch	16	1.44%	39.28%
14	Numerex	15	1.35%	40.63%
15	AePONA	15	1.35%	41.98%

Taulukosta näemme, että varsin suuri osa verkoston linkeistä kuuluu vain pienelle osalle verkoston organisaatioista, itse asiassa taulukon viisitoista organisaatiota edustavat vain noin kolmea prosenttia koko verkoston organisaatioista. Joten asteluvun perusteella kyseisen joukon tarkempi analyysi on perusteltua organisaatioiden keskeisyyden selvittämisen kannalta. Huomattavaa on myös se, että eniten linkkejä hallussaan pitävällä Novatel Wirelessilla on miltei kolmanneksen enemmän linkkejä kuin ILS Technology:llä. Novatel Wireless pitää myös hallussaan 8,2 prosenttia koko verkoston linkeistä, joten se on ainakin asteluvun perusteella hyvin keskeinen toimija verkostossa. Kuten tutkimuksessa myöhemmin selviää, pelkän asteluvun perusteella ei kuitenkaan voida tehdä lopullista päätöstä verkoston solmujen keskeisyydestä.

Linkkien jakaumasta voidaan myös tehdä se oletus, että verkoston muiden toimijoiden linkkimäärät ovat huomattavasti vaatimattomampia, joten verkoston rakenne saattaa olla varsin hajanainen. Mitä enemmän verkoston toimijat ovat yhteydessä toisiinsa, sitä sidosteisempi verkosto on ja sitä enemmän toimijoiden välillä on vuorovaikutusta (Basole, 2009). Verkoston tiheysluku voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$D = \frac{2E}{N(N-1)}$$

Kaavassa E on kaikkien verkoston linkkien lukumäärä ja $N(N-1)$ verkoston kaikkien mahdollisten linkkien lukumäärä, eli linkkien lukumäärä jos verkosto olisi täysin linkittynyt, toisin sanoen jokainen toimija olisi yhteydessä kaikkiin muihin toimijoihin. Täysin linkittyneen verkoston tiheysluku olisi siis yksi. Laskutoimituksella tutkimuksessa kootun verkoston tiheydeksi saadaan 0,00585. Verkostossa olevat linkit kattavat siis alle prosentin kaikista mahdollisista linkeistä joita verkostossa voisi esiintyä. Yhtenä vaikuttavana tekijänä voi-

daan pitää verkoston ohjelmistoalusta keskeisyyttä: Kerätyn aineiston linkit ovat suurimmaksi osaksi ohjelmistoalustatoimittajien ja niiden partnereiden välisiä linkkejä, pelkästään partnereiden välisiä linkkejä ei tämän tutkimuksen yhteydessä ollut mahdollista selvittää. Tämä tietysti laskee olemassa olevien linkkien määrää joka näkyy alhaisena verkoston tiheytenä.

Verkoston alhainen tiheys voi johtua myös liiketoimintakontekstista. Koska verkoston koko kasvaa jatkuvasti uusien yritysten liittyessä toimialalle, yritysten ei ole järkevää pitää yllä suhteita kaikkiin toimijoihin, vaan niiden kannattaa keskittyä tärkeimpiin partnereihinsa (Basole, 2009). Tämä koskee myös laiteverkkoa, jossa toimintakentän laajuuden johdosta on epätodennäköistä että yritys voisi toimia monella eri osa-alueella, jolloin myös yrityksen toimiala määrittelee sen verkostoituneisuutta.

6.2.2 Keskeisten toimijoiden selvittäminen läheisyysluvun perusteella

Seuraavan analyysin kohteena oli verkoston toimijoiden läheisyysluku. Läheisyysluku kuvaa sitä, kuinka lähellä solmu on kaikkia muita verkoston solmuja (Freeman, 1979). Aineistostamme lasketuissa läheisyysluvuissa ei erotu selvästi samanlaista terävää kärkeä kuten asteluvussa, vaan läheisyysluku laskee tasaisesti. Viisitoista suurimman läheisyysluvun omaavaa organisaatiota on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5 Organisaatioiden keskeisyys läheisyysluvun mukaan

Sija	Nimi	Läheisyysluku
1	Novatel Wireless	0.3701
2	Axeda	0.3694
3	Vodafone	0.354
4	AT&T	0.3442
5	Sprint	0.3433
6	ILS Technology	0.3386
7	SeeControl	0.3375
8	Verizon	0.3363
9	Kore Telematics	0.3318
10	Aeris Communications	0.3158
11	CalAmp	0.3121
12	Oracle	0.3094
13	Sierra Wireless	0.3082
14	Novotech	0.3037
15	Airbiquity	0.3028

Novatel Wirelesillä on siis verkoston suurin läheisyysluku 0,3701. Verkoston pienin läheisyysluku on 0.0046 jonka jakaa neljä organisaatiota: IFTTT, ioBridge, SmartThings sekä Thinkspeak. Suurin mahdollinen läheisyysluku, yksi, saavu-

tetaan, kun tarkasteltava solmu on yhden linkin päässä kaikista muista solmuista (Freeman, 1979). Tällainen verkosto on tähden muotoinen verkosto, jossa kaikki muut solmut ovat linkittyneet keskellä olevaan solmuun.

Asteluvulla mitattaessa suurimman asteluvun omaavien kärki piti sisälleen ainoastaan ohjelmistoalustatoimittajia. Tämä voidaan helposti selittää sillä, että aineisto on kerätty selvittämällä näiden toimittajien linkkejä eri yhteistyökumppaneihin, mutta yhteistyökumppaneiden omia linkkejä ei tutkimuksen yhteydessä ollut mahdollista selvittää. Tästä syystä yhteistyökumppaneiden asteluvut eivät nouse kovin suuriksi. Mutta kuten aikaisemmin mainittiin, asteluku ei välttämättä kerro koko totuutta solmun keskeisyydestä, koska se ei ota huomioon siihen linkittyneiden solmujen linkkejä. Onkin mielenkiintoista huomata, että läheisyyslukuja mitattaessa suurimpien arvojen joukossa on myös muita toimijoita kuin ohjelmistoalustatoimittajia. Partneriverkostossa mukana oleva tietoliikenne operaattori Sprint, joka ei siis itse tarjoa ohjelmistoalustaa, pääse läheisyysluvulla mitattuna keskeisimpien organisaatioiden joukkoon. Sprint jättää taakseen esimerkiksi ohjelmistoalustatoimittaja ILS Technologyn jonka asteluku on 58, Sprintin asteluvun ollessa seitsemän. Sprint on siis verkostossa asemassa, jossa informaatio saavuttaa sen nopeammin kuin osan ohjelmistoalustatoimittajista. Tietoliikenneoperaattorit mahdollistavat tietoliikenteen internetissä joko omilla tai vuokratuilla langattomilla verkoilla tai tietoliikenteen runkoverkoilla ja ovat siten keskeisessä asemassa internetin tiedonvälityksen kannalta ja mahdollistavat myös laiteverkon viestinnän kehittämisen tämän alustan päälle.

Vaikka läheisyysluvun vaihtelevuus ei ole suurta, voidaan lukujen perusteella silti erottaa keskeisimmät toimijat jotka ovat lähimpänä kaikkia muita toimijoita. Ahujan (2000) mukaan yritykset hyötyvät myös epäsuorista linkeistä, joita läheisyysluku hyvin kuvastaa. Epäsuorien linkkien avulla organisaatiot voivat saavuttaa enemmän tietämystä, ilman että niiden tarvitsee käyttää näiden linkkien ylläpitämiseen yhtä paljon resursseja kuin suorien linkkiensä ylläpitämiseen (Ahuja, 2000). Koska laiteverkko on toimialana vasta kehittymässä eikä sen puitteissa ole rakentunut samanlaisia johtavia ekosysteemejä kuten esimerkiksi matkapuhelinteollisuudessa, voidaan tiedon saatavuutta pitää tärkeänä menestystekijänä kilpailussa laiteverkon keskeisimmän toimijan roolista. Tässä valossa läheisyysluku on hyvä kriteeri mitattaessa keskeisimpiä toimijoita laiteverkossa: Näillä organisaatioilla on suorien ja epäsuorien linkkiensä kautta parhaiten saatavilla tietoa laiteverkossa tapahtuvasta kehityksestä ja ne voivat käyttää tuota tietoa kilpailuasemansa parantamiseen.

Vaikka eri keskeisyyden tunnusluvut eivät olekaan suoraan verrattavissa keskenään, on mielenkiintoista tutkia miten erilaisen kuvan ne antavat verkoston keskittyneisyydestä. Jos tarkastellaan pelkästään ohjelmistoalustatoimittajia, huomataan että kärkipään asetelma muuttuu edellisestä, astelukuun perustuneesta analyysistä. Asteluvulla mitattujen viidentoista keskeisimmän toimittajan joukosta on läheisyysluvun mukaan enää kahdeksan toimittajaa, muiden jäädessä kauemmas kärjestä. Varsinkin Airbiquityn keskeisyys, joka on viidenneksi keskeisin asteluvulla mitattuna, laskee läheisyysluvulla mitattuna sen ollessa vasta viidestoista. Myös tässä valossa on selvää, että asteluku ei kerro koko totuutta verkoston solmujen keskeisyydestä.

6.2.3 Keskeisten toimijoiden selvittäminen välillisyyssluvun perusteella

Viimeinen verkoston solmujen keskeisyyteen perustuva analyysimme koski solmujen välillisyysslukua. Välillisyyssluku kertoo sen, kuinka keskeisessä asemassa solmu on verkostossa sen kautta kulkevan tiedon määrän perusteella (de Nooy ym., 2005). Aineistossamme välillisyyssluku pienenee epätasaisemmin kuin läheisyysluku, mikä on nähtävissä taulukossa 6.

TAULUKKO 6 Organisaatioiden keskeisyys välillisyyssluvun mukaan

Sija	Nimi	Välillisyyssluku
1	Novatel Wireless	0.3512
2	Axeda	0.2641
3	ILS Technology	0.2062
4	Sierra Wireless	0.1161
5	SeeControl	0.1111
6	Vodafone	0.0993
7	Airbiquity	0.0959
8	CalAmp	0.093
9	Cumulocity	0.0891
10	AmpliaSoluciones	0.089
11	AT&T	0.0735
12	SensorLogic	0.0695
13	Evrythng	0.068
14	PowerWatch	0.0606
15	ARM	0.0596

Tulosten perusteella verkoston tiedonkulku on keskittynyt vahvasti muutamalle yritykselle muiden ollen kauempana tiedonkulun solmukohtista. Näitä keskeisimpiä yrityksiä ovat Novatel Wireless, ILS Technology sekä Axeda. Varsinkin kärkipäässä keskeisyyden vaihtelu on rajua: Keskeisyyden muutos Novatel Wirelessin ja ILS Technologyn välillä on miltei 90 prosenttia. Jos listaa verrataan asteluvulla ja välillisyyssluvulla mitattuina keskeisinten ohjelmistoalustatoimittajien listaan, huomataan että myös välillisyyssluvulla mitattuna samat yritykset pysyvät kärjessä. Huomattavaa on, että myös tällä luvulla mitattuna tietoliikenneoperaattori, tässä tapauksessa Vodafone, sijoittuu keskeisinten organisaatioiden joukkoon, aivan kuten Sprint läheisyssluvulla mitattuna.

6.2.4 Leikkauspisteet ja sillat

Alla olevassa kuviossa visualisointi on tehty Fruchterman-Reingold algoritmilla helpottamaan leikkauspisteiden hahmottamista (kuvio 9).

yhden solmun poistaminen ei aiheuta verkoston jakautumista, vaan aina löytyy toinen reitti haluttuun solmuun.

Punaisella värillä olevat linkit edustavat verkoston ydintä, jossa yhden solmun poistaminen ei aiheuta verkoston rikkoutumista. Tähän ytimeen kuuluu 90 solmua 427:sta, noin viidesosa. Kuvan perusteella voisi päätellä toisin, mutta suurimmalla osalla yrityksiä on vain yksi linkki yhteen ohjelmistoalustaan.

Verkoston reunalla on harmaalla värillä merkitty solmuja, jotka ovat leikkauspisteitä (29/32 ohjelmistoalustaa). Nämä leikkauspisteet erottavat muusta verkostosta vain yksittäisiä solmuja, joten ei oikein voida puhua verkoston kah-tiajakautumisesta. Koska tutkimus on rajoitettu vain ohjelmistoalustojen yhteyksiin, ovat ne ainoita mahdollisia leikkauspisteitä. Mutta onko näillä leikkauspisteillä suurta merkitystä verkoston kannalta?

Verkostossa on vain yksi aito silta, jossa on vain yksi yhdyslinkki solmu-jen välillä. Muissa tapauksissa siltoja on useampi, joten yhden katkaiseminen ei vielä riko yhteyksiä. Tämä silta on Xivelyn ja Evrythngin välillä, jossa ARM yhdistää Xivelyn ydinverkostoon. ARM valmistaa suorittimia matkapuhelimiin ja toimittaa komponentteja Xivelylle ja Evrythngille. Siltoina Sierra Wirelesin ja PowerWatchin välillä toimii Itron sekä Honeywell, jotka ovat laitevalmistajia ja tekevät ja toimittavat mm. älykkäitä mittareita molemmille ohjelmistoalustoille. ArrowElectronics ja Renesas ovat siltoina Exositelle ja ILS Technologylle, sekä Exositelle ja Airbiquitylle. ArrowElectronics ja Renesas valmistavat puolijohteita, mikrosiruja ja muita elektronisia komponentteja.

Vaikka nämä sillat yhdistävät yrityksiä toisiinsa, se ei välttämättä tarkoita että ne olisivat tietoisia toisistaan tai tekisivät yhteistyötä. Pelkästään tällaisen tutkimuksen perusteella sitä on mahdoton päätellä. Toisaalta tiedonkulun näkökulmasta sillat ovat merkittävässä asemassa: Ilman niitä osa verkoston jäsenistä eivät voisi jakaa tietoa keskenään.

Irrallisia ohjelmistoalustoja verkostossa on neljä: iDigi (10 linkkiä), Thingsquare (3 linkkiä), Smartthings (1 linkki) ja Thingsquare (1 linkki). Näillä ei ole mitään yhdistäviä linkkejä ydinverkostoon. Irrallisuuden perusteella näillä ohjelmistoalustoilla ei olisi suurta merkitystä ekosysteemissä, koska he eivät ole osana ekosysteemin tiedonkulkua.

7 Ohjelmistoalustojen keskeisyyden analyysi

Aikaisemmissa luvuissa esiteltyjen menetelmien avulla pystyimme analysoimaan keräämäämme aineistoa ja etsimään vastausta kahdelle viimeiselle tutkimuskysymyksellemme: Mitkä laiteverkon ohjelmistoalustoista ovat keskeisimpiä ja minkälaisia ekosysteemejä niiden ympärille on muodostunut?

Seuraavissa kappaleissa esittelemme menetelmän, jonka avulla selvitimme keskeisimmät ohjelmistoalustat, esittelemme lyhyesti jokaisen ohjelmistoalustan sekä analysoimme niiden sijoittumista visualisoinnin avulla. Lisäksi analysoimme arvoketjuja joissa ohjelmistoalustat ovat osallisina sekä lopuksi esittelemme oman mallimme laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemistä.

7.1 Keskeisten toimijoiden esittely

Vaikka edellisessä luvussa esiteltyt keskeisyyden tunnusluvut eivät ole yhteismitallisia, auttoi niiden selvittäminen meitä muodostamaan käsityksen laiteverkon keskeisistä ohjelmistoalustatoimittajista. Selvittääksemme verkoston keskeisimmät ohjelmistoalustatoimittajat, päätimme vertailla niitä sen mukaan, miten hyvin ne sijoittuivat keskenään eri tunnusluvuilla mitattuina. Otimme vertailuun mukaan organisaatioita, jotka olivat sijoittuneet korkealle jollakin tunnusluvulla mitattuna. Seuraavaksi pisteytimme jokaisen organisaation sen mukaan, minkälaisen sijan se oli saavuttanut yksittäisen tunnusluvun vertailussa. Esimerkiksi SeeControl saavutti asteluvulla mitattuna neljännen sijan, joten se sai sijalukunsa verran pisteitä, eli neljä. Läheisyysluvulla mitattuna SeeControl saavutti sijan seitsemän joten kokonaispisteitä kertyi seitsemän lisää. Kun SeeControl saavutti välillisyydellä mitattuna sijan viisi, sai se kokonaispisteikseen 16. Sama toistettiin muille vertailuun valituille yrityksille, jolloin saatiin koostettua vertailutaulukko (taulukko 7).

TAULUKKO 7 Organisaatioiden pistearvot

Yritys	Asteluku	Läheisyysluku	Välillisyyssluku	Yhteispisteet
Novatel Wireless	1	1	1	3
Axeda	3	2	2	7
ILS Technology	2	6	3	11
SeeControl	4	7	5	16
CalAmp	7	11	8	26
Airbiquity	5	15	7	27
Sierra Wireless	10	13	4	27
Vodafone	26	3	6	35
AT&T	21	4	11	36
Aeris Communications	12	10	19	41
Verizon	18	8	21	47
AmpliaSoluciones	9	33	10	52
Sprint	27	5	23	55
SensorLogic	8	36	12	56
ThingWorx	11	23	22	56
Numerex	14	26	17	57
Kore Telematics	28	9	25	62

Vertailussa vähiten pisteitä saavuttanut ohjelmistoalustatoimittaja oli siis eri tunnuslukuja verrattaessa mahdollisimman lähellä kärkeä ja täten keskeisin toimija kun otetaan huomioon kaikki keskeisyyden tunnusluvut. Taulukosta havaitaan, että tunnuslukujen mukaan laadittu pisteytys vaihtelee merkittävästi korkeimpien pistesijojen kesken kunnes vaihtelu tasoittuu hieman.

Korkeimmilla pistesijoilla olevat yritykset sijoittuvat kaikissa asteluvuissa korkealle sijoille, joka kertoo niiden olevan keskeisemmässä asemassa kilpailijoihin verrattuna. Ylimmän kärjen jälkeen eri tunnusluvuista saavutetut pistesijat alkavat vaihdella yrityksittäin: Esimerkiksi Vodafone saavuttaa asteluvulla mitattuna vasta 26. Sijan, mutta pärjää silti paremmin läheisyysluvulla mitattuna sijoittuen kolmanneksi. Tämä kertoo Vodafonen sijoittuvan ekosysteemissä tiedonkulun kannalta tärkeään asemaan jossa sen yhteistyösuhteiden laatu korvaa niiden määrän. Korkeat pisteet läheisyysluvussa kertovat Vodafonen sijoittuvan verkostossa asemaan, jossa sillä on pääsy suureen määrään verkostossa liikkuvasta tiedosta. Samoin Sierra Wireless nousee pisteissä hyvän välillisyyssluvun ansiosta, vaikka asteluku ja läheisyysluku eivät ole kärkipäässä. Sierra Wireless siis toimii verkostossa kulkevan tiedon välittäjänä ja on sen ansiosta keskeisessä asemassa verkostossa.

Käytimme keskeisimpiä ohjelmistoalustoja lähempään tarkasteluun valittaessa kriteereinä kokonaispisteiden vaihtelua. Koska vaihtelu pistesijojen kärkipäässä on hyvin voimakasta, olisi kriteerin perusteella tarkasteluun valittu vain yksi tai kaksi parhaiten menestynyttä. Koska halusimme kuitenkin käydä lävitse useampia ohjelmistoalustoja saavuttaaksemme kattavamman kuvan niiden varaan rakentuvista ekosysteemeistä, käytimme Sierra Wirelessin ja Vodafonen välistä piste-eroa valintakriteerinämme. Tarkemman analyysin kohteiksi valittiin siis Novatel Wireless, Axeda, ILS Technology, SeeControl, CalAmp, Airbiquity sekä

Sierra Wireless. Taulukossa 8 on vertailtu valittujen ohjelmistoalustojen ominaisuuksia.

TAULUKKO 8 Valittujen ohjelmistoalustojen ominaisuuksien vertailu

Yritys	API	Datan tallennus	Pilvipalvelu	Laitehallinta	Laite-toimittaja	Sovelluskehittäjä	Kehittäjäyhteisö
Novatel Wireless		•	•	•	•		
Axeda	•	•	•	•			•
ILS Technology	•			•	•		•
SeeControl	•	•	•	•		•	•
CalAmp	•			•	•		
Airbiquity	•	•	•	•		•	
Sierra Wireless	•	•	•	•	•		•

Seuraavaksi esittelemme tarkemmin jokaisen yrityksen sekä niiden tarjoamien ohjelmistoalustojen ominaisuuksia aikaisemmin esiteltyjen ohjelmistoalustojen ominaisuuksien perusteella. Näitä ominaisuuksia ovat ohjelmointirajapinta, laitehallinta, tietovarastointi sekä palvelun tarjontamuoto, esimerkiksi palvelun tarjoaminen pilvipalveluna.

7.1.1 Novatel Wireless

Novatel Wireless toimittaa sekä mobiililaajakaista- että laiteverkkoratkaisuja. Laiteverkko ratkaisut keskittyvät pitkälti seurantaan, esimerkiksi ajoneuvoseurantaan, jota varten yritys toimittaa sekä laitteiston että sovellukset laitteiston seurantaan ja hallintaan.

Yrityksen ohjelmistoalusta perustuu sen itse valmistamien ja myymien laitteiden seurantaan ja hallintaan, joten kyseessä on suljettu alusta. Alusta jakautuu kahteen eri tuotteeseen, joista toista käytetään laitteiden hallintaan ja toista sovellusten kehittämiseen näille laitteille. Näin sovelluskehitys voidaan erottaa liiketoiminnalle kriittisistä laitteistoista, jolloin saavutetaan järjestelmän suurempi luotettavuus. Yritys tarjoaa laitteiden hallintopalveluaan joko Amazonin pilvialustan kautta tai asiakkaan omiin laiteistoratkaisuihin perustuen, mutta sovelluskehitys tapahtuu täysin asiakkaan omien laitteistojen avulla, yritys ei siis tarjoa pilvipalveluun perustuvaa ohjelmistokehitysalustaa.

Kaiken kaikkiaan yrityksen tarjoama edustaa hyvin esimerkillisesti vapaan ohjelmiston vastakohtaa eli niin sanottua omisteista ohjelmistoa (engl.

proprietary software) ja vaikkakin se nousee verkostossa keskeiseksi toimijaksi, puuttuu sen ohjelmistoalustasta paljon niitä tärkeitä ominaisuuksia jotka tekisivät siitä elinvoimaisemman toimijan laiteverkossa, kuten pilvipalvelupohjainen sovelluskehitys sekä avoimemmat rajapinnat kolmannen osapuolen laitteiden liittämiseksi.

7.1.2 Axeda

Axeda tarjoaa langattomien laitteiden hallinnointia ja hyödyntämistä tukevan ratkaisun, mutta ei kuitenkaan itse toimivia käytettäviä laitteita.

Asiakas voi ostaa palvelun kokonaisratkaisuna, tai hyödyntää vain osaa alustan toiminnoista. Tämä mahdollistaa esimerkiksi jo olemassa olevien laitteiden hallinnoinnin Axedan alustalla, tai täysin uuden laiteverkkoympäristön perustamisen nopealla aikataululla. Palvelun käyttäjät toimivat monilla toimialoilla, kuten teollisuudessa, rahoitustoiminnassa, julkisessa hallinnossa, huiputeknologiassa, lääketieteessä, vähittäismyynnissä että vakuutusallalla.

Pilvipalveluna tarjottavan ohjelmistoalustan avulla voidaan hallinnoida alustaan liitettyjä laitteita ja niiden keräämä data voidaan tallentaa alustan tietovarastoon. Ohjelmointirajapinnan avulla sovelluskehittäjä voi luoda laitteistolta kerättyä dataa hyödyntäviä sovelluksia joita voidaan tarjota käytettäväksi Axedan pilvipalvelun kautta. Rajapinta tarjoaa mahdollisuuden kehittää sovelluksia Groovy komentosarjakiielellä ja se myös tarjoaa www-sovelluspalvelun SOAP sekä REST rajapintojen avulla. Axedan kehittäjäyhteisön kautta alustan parissa työskentelevät voivat saada tukea kehitystyölleen sekä jakaa tietoaan muiden kehittäjien kanssa.

7.1.3 ILS Technology

ILS tarjoaa kokonaisratkaisuja ja konsultointia yrityksille, jotka haluavat ottaa käyttöön M2M-ratkaisuja liiketoiminnassaan. Toimialoja ovat mm. rakennusautomaatio, tuotannonohjaus, energianhallinta, terveydenhuolto, logistiikka ja myyntiautomaatit.

ILS Technologyn laiteverkon käyttöön tarkoitettu ohjelmistoalusta on nimeltään deviceWISE, joka yhdistää älykkäiden laitteiden sensorit, niiden sovellukset ja tietokannat. Alustalla voidaan kerätä ja varastoida tietoa melkein mistä tahansa älykkästä laitteesta ja viedä sitä tietokantoihin tai yritysten omiin järjestelmiin. Kerättyä tietoa ei siis tallenneta ohjelmistoalustaan. Useimmat uudet laitteet ovat yhteensopivia alustan kanssa, mutta yhteensopimattomien laitteiden tiedonkeräämiseen voidaan käyttää ILS Technologyn valmistamaa välilaitetta (custom proxy). HTTP-protokollaan perustuvalla ohjelmointirajapinnalla sovelluskehittäjä voi luoda ohjelmistoalustaa ja siihen liitettyjä laitteita hyödyntäviä sovelluksia. Ohjelmistoalusta ei kuitenkaan tarjoa sovelluksille käyttöympäristöä, vaan niitä pitää käyttää sovelluksen käyttäjän valitsemasta ympäristöstä.

7.1.4 SeeControl

SeeControl tarjoaa pilvipalveluna toimivaa Nexus Cloud Service -ohjelmistoalustaa sekä sovelluksia sille. Alusta on tehty hyvin avoimeksi, joten asiakkaat voivat kehittää sille omia M2M-sovelluksia tai ostaa niitä suoraan yrityksen omasta sovelluskaupasta. SeeControl tarjoaa palveluna myös sovellusten suunnittelua ja räätälöintiä, jos asiakkaan haluamaa sovellusta ei ole suoraan saatavilla.

Alustan avulla voidaan hallinnoida siihen liitettyjä laitteita ja myös niiden keräämä data voidaan tallentaa alustan tallennusjärjestelmään. Sovelluskehitys SeeControllin alustalla tapahtuu luomalla web-käyttöliittymällä käytettäviä mashuppeja, eli yhdistämällä valmiita ohjelmistokomponentteja uuden ohjelman luomiseksi.

Yrityksen toimialoihin kuuluu mm. älyrakennukset, energiakulutuksen mittaaminen, logistiikan seuranta, omaisuuden hallinta ja automaatio. Vaikka SeeControl valmistaa vain yhtä tuotetta, heillä on silti paljon suuria nimiä yhteistyökumppaneinaan.

7.1.5 CalAmp

CalAmp toimittaa langattomia teknologioita käyttäviä tuotteita ja palveluita sähkötoimittajille, pelastuspalveluille, liikkuvan työvoiman tarpeisiin sekä arvokkaiden resurssien, kuten laitteiden, sijainnin jäljittämiseen. Yrityksen COLT ohjelmistoalusta tarjoaa erityisesti telemetriikkaan keskittyvän alustan, johon voidaan liittää erilaisia telemetriisiä laitteita, kuten ajoneuvoseurantaan käytettäviä älykkäitä sensoreita. Ohjelmistoalustalla voidaan hallinnoida siihen liitettyjä laitteita ja niiden välittämä data kerätään CalAmpin palvelimille. Ohjelmointirajapinnan avulla asiakasyritys voi hallinnoida laitteita sekä kehittää omia ohjelmistoalustaa hyödyntäviä sovelluksiaan. Alusta ei kuitenkaan tarjoa mahdollisuutta käyttää näitä sovelluksia ohjelmistoalustan päällä, vaan sovelluksien tulee sijaita asiakkaan omissa järjestelmissä.

7.1.6 Airbiquity

Airbiquity toimittaa ratkaisuja jotka mahdollistavat kuluttajille yksilöidyn ajoneuvohallinnan toteuttamisen esimerkiksi räätälöityjen ajoneuvonhallintapaneelien kautta. Yrityksen Choreo ohjelmistoalustaan on yhdistettynä 16 miljoonaa ajoneuvoa, jotka tuottavat alustalla päivittäin satoja tuhansia tiedonsiirtoja. Alusta tarjotaan avoimena pilvipalveluna, joka kerää ja tallentaa dataa ajoneuvoista alustan tallennusjärjestelmään. Alusta käyttää sovelluksia hieman eri tavalla kuin aikaisemmin esiteltyt alustat: Sovelluskehityksessä keskeisenä osana ovat langattomat päätelaitteet, kuten ajoneuvojen ajajien älypuhelimet sekä ajoneuvojen hallintapaneelit, joille kehitettävät sovellukset hyödyntävät ohjelmistoalustan ajoneuvosta keräämää dataa. Tällä tavoin ohjelmistoalusta pyrkii vastaamaan ajoneuvoihin älykkäitä laitteita valmistavien yritysten tarpeisiin kehittää sovelluksia ilman oman infrastruktuurin rakentamisen rasitteita. Esi-

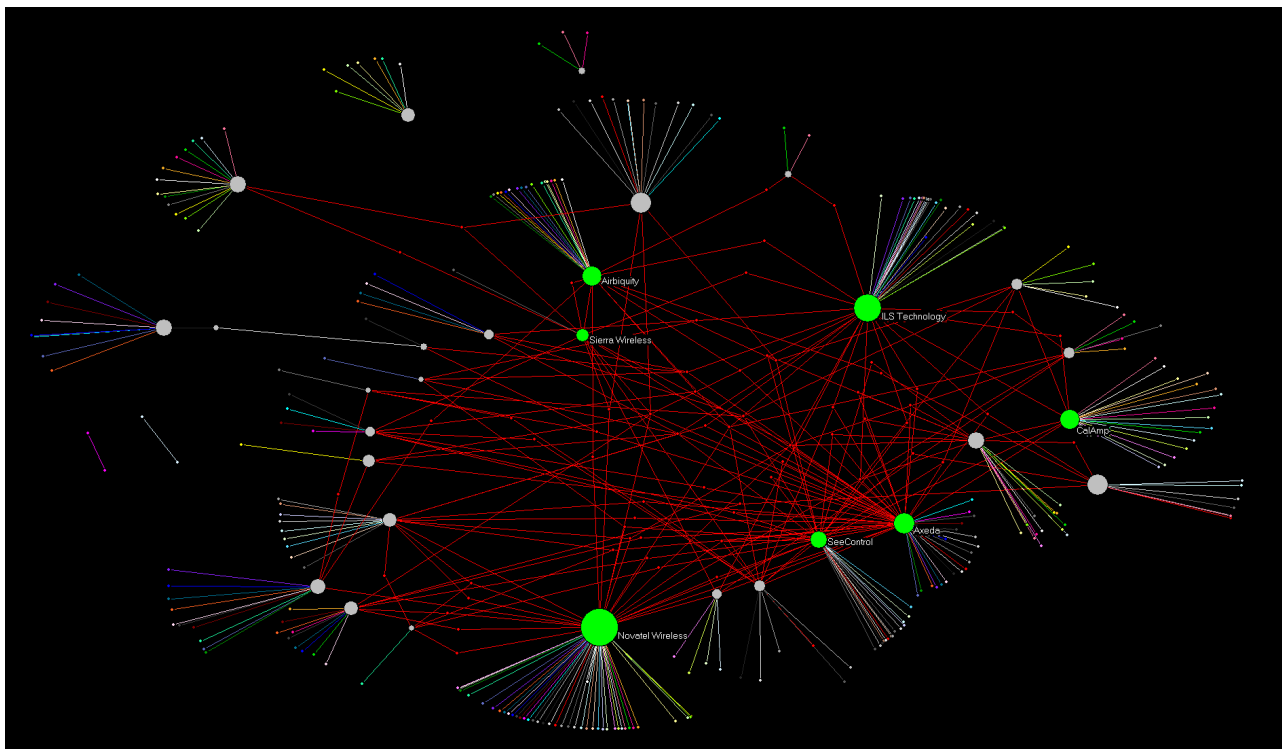
merkkisovelluksessa ajoneuvon käyttäjä voi käskää autoa tarkistamaan huoltotarpeensa. Ajoneuvossa sijaitsevien älykkäiden sensorien keräämä tieto välitetään käyttäjän matkapuhelimen välityksellä Airbiquityn ohjelmistoalustalle, jossa asiakasyrityksen sovellus koostaa huoltotarpeista raportin ajoneuvon käyttäjälle. Airbiquityn kehittäjäohjelman kautta sovelluskehittäjä saa käyttöönsä tarvittavan tuen erilaisten ajoneuvossa käytettävien mobiilisovellusten tekemiseksi sekä sertifiointipalvelun sovelluksilleen. Varsinaista kehittäjäyhteisöä tai sovelluskauppaa ohjelmistoalusta ei kuitenkaan tarjoa.

7.1.7 Sierra Wireless

Sierra Wireless tuottaa sekä laitteistoja että ohjelmistoja laiteverkon viestintään. Sen ratkaisuja käytetään esimerkiksi julkisessa liikenteessä, auto- ja energiateollisuudessa sekä viranomaistoiminnassa. Yrityksen tarjoama ohjelmistoalusta AirVantage on pilvipalvelu, joka jakautuu kahteen komponenttiin: toisella voidaan hallinnoida alustaan liitettyjä laitteita ja toista käytetään laitteiden dataa hyödyntävien sovellusten kehittämiseen. Alustaan voidaan liittää joko Sierra Wirelessin itse valmistamia laitteita tai kolmannen osapuolen laitteita erillisen välilaitteen avulla. Ohjelmistoalusta käyttää REST rajapintaa, jonka kautta laitteita voidaan hallinnoida ja niiden tietoja voidaan käyttää sovelluskehityksessä. Itse sovellukset suoritetaan joko Amazonin pilvipalvelussa tai asiakkaan omassa ympäristössä, mutta laitteiden keräämä data sijaitsee Sierra Wirelessin datakeskuksissa. Yrityksen kehittäjäyhteisö tarjoaa neuvoja sekä työkaluja erilaisten sovellusten toteuttamiseen, aina laitesovelluksista pilvipalvelua hyödyntävien sovellusten toteuttamiseen.

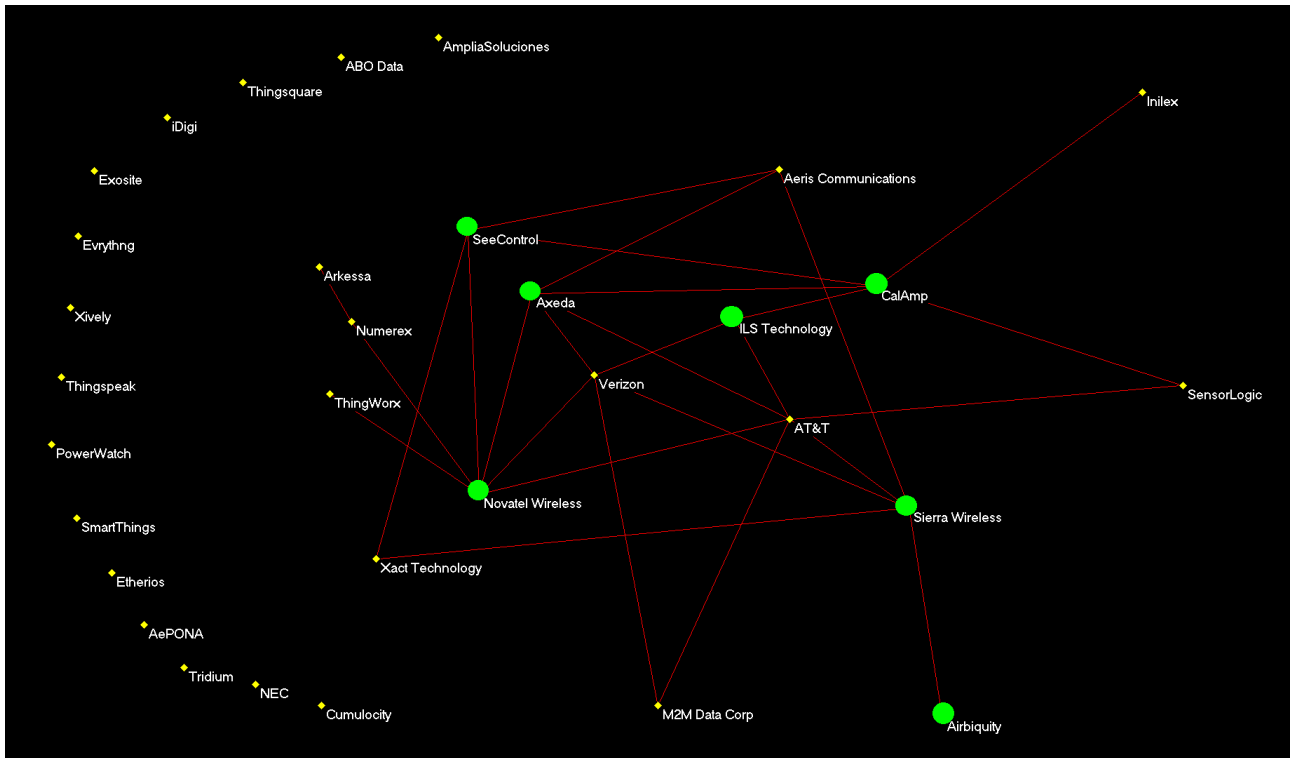
7.2 Keskeiset toimijat verkostossa

Edellisessä luvussa esitellyt seitsemän ohjelmistoalustaa valmistavaa yritystä olivat siis pisteytyksemme mukaan tärkeimmät tekijät verkostossa. Kutsumme näitä ohjelmistoalustayrityksiä jatkossa ydinyrityksiksi. Seuraavasta kuvioista nähdään miten ydinyritykset sijoittuvat verkostossa (kuvio 10).



KUVIO 10 Keskeisimmät ohjelmistoalustat koko verkostossa

Kuviossa 10 on merkitty vihreällä seuraavat ydinyritykset: Novatel Wireless, Axeda, ILS Technology, SeeControl, CalAmp, Airbiquity ja Sierra Wireless. Solmun koko on sitä suurempi, mitä enemmän linkkejä sillä on. Kuvion perusteella ensisilmäyksellä voidaan todeta, että pisteityksessä korkealle sijoittuvat ydinyritykset näyttävät myös kuviossa olevan keskeisessä asemassa. Jokaisella ydinyrityksellä on paljon linkkejä, jotka pääsevät vain heidän kauttaan kiinni ydinverkostoon. Tämän lisäksi ydinyritykset ovat yhteydessä moniin muihin solmuihin ja toisiin ydinyrityksiin. Kuviossa 11 on ainoastaan ohjelmistoalustojen yhteydet keskenään (kuvio 11).



KUVIO 11 Merkittävimmät ohjelmistoalustat omassa verkostossaan

Verizon ja AT&T ovat tässä kuviossa sijoittuneet keskeiseen paikkaan, mutta pisteityksessä ne eivät valikoituneet korkeille sijoille. Nämä ohjelmistoalustat olivat 8. ja 4. sijalla läheisyydessä, mutta vain 18. ja 21. sijalla asteluvussa. Tämä tarkoittaa että niillä on lyhyt matka moniin muihin solmuihin, mutta linkkien kokonaismäärä ei ole kerätyn aineiston valossa kovin suuri. Verizon sekä AT&T ovat molemmat suuria teleoperaattoreita, jotka ovat ottamassa ensiaskelia laiteverkkoa kohti. Heillä on suuri kontaktiverkosto tukenaan, jonka kautta heillä on kontakteja muihin laiteverkkokehittäjiin.

7.3 Keskeisimmät ohjelmistoalustojen ekosysteemit

Verkostoanalyysin avulla löysimme keskeisimmät laiteverkon ohjelmistoalustat, mutta kerätty aineisto edustaa vain yhtä ajanhetkeä, sillä ei ole tulevaisuuteen kurottavaa ajallista ulottuvuutta. Laiteverkko toimialana kuitenkin kehittyä jatkuvasti, joten yksittäisten toimijoiden menestymiseen tulee vaikuttamaan merkittävästi myös niiden kyky turvata liiketoimintansa saavuttamalla kilpailuetua muihin nähden. Tuota kilpailuetua ei saavuteta ainoastaan keskeisyydellä verkostossa, vaan keskeisyydestä pitää rakentaa kilpailukeino. Menestyksen avain on arvon luominen loppukäyttäjille sekä sellaisten liiketoimintamallien ja ekosysteemien luominen joissa kaikki ekosysteemin jäsenet voivat menestyä (Jumira & Wolhuter, 2011). Tämä onnistuu, jos yritys pystyy rakentamaan tar-

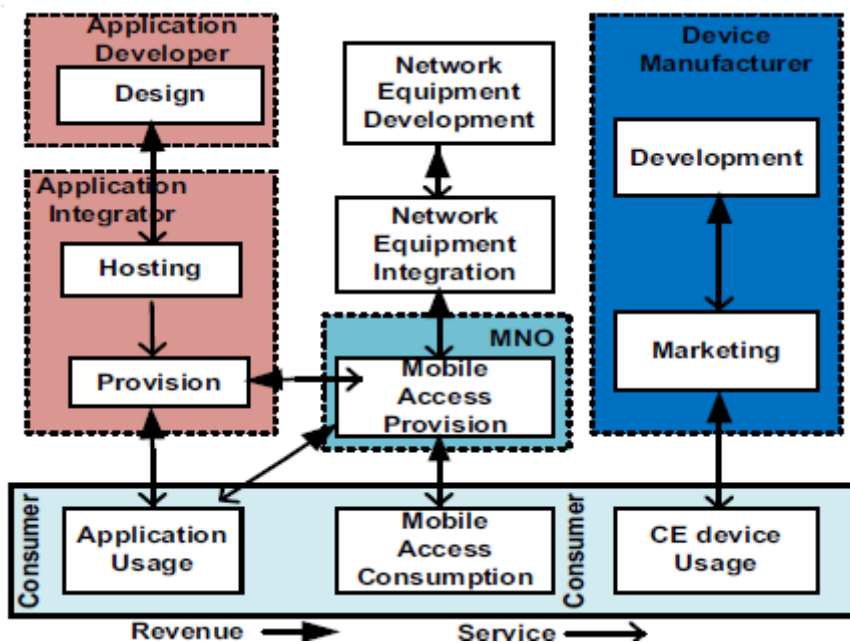
joamistaan tuotteista ja palveluista yhteistyöverkostonsa keskeisen osan josta myös muut yhteistyöverkoston jäsenet hyötyvät.

Miten sitten ekosysteemin muodostaminen tapahtuu ja millainen laiteverkon ekosysteemin tulisi olla? Koska laiteverkon ekosysteemeistä on tehty tutkimusta vain hyvin yleisellä tasolla, ei erityisesti laiteverkon ohjelmistoalustojen ekosysteemeistä tehtyä tutkimusta ole saatavilla. Lähestymme ongelmaa liiketoiminnan näkökulmasta: Selvittämällä tärkeimpien ohjelmistoalustatoimittajien arvoketjut, saamme paremman käsityksen niiden liiketoiminnasta sekä erilaisista sidosryhmistä joiden varaan tuo liiketoiminta rakentuu. Koska arvon liikkumisen mallintaminen monimutkaisessa yhteistyöverkostossa on vaikeaa, voimme käyttää yksinkertaisempaa arvoketjumallia heijastamaan tuon verkoston arvon liikehdintää.

7.3.1 Ohjelmistoalustojen arvoketjut

Keskeisimmät ohjelmistoalustatoimittajat toimivat erilaisissa arvoketjuissa ja toteuttavat niissä erilaisia rooleja. Osa yrityksistä keskittyy täysin ydinosaamisaan tarjoamalla ainoastaan ohjelmistoalustaa, osa taas toimii myös laitevalmistajana tarjoten alustaansa ensisijaisesti omien laitteidensa hyödyntämiseen. Esittelimme aikaisemmin luvussa 3.2 Jumiran ja Wolhuterin (2011) laiteverkon arvoketjumallin. Vertasimme keskeisten toimijoiden palveluiden tarjontaa tuohon malliin selventääksemme kuvaa eri alustojen arvon luonnin mekanismeista. Vaikka yksikään alustoista ei toteuta juuri täsmällisesti mitään mallin arvoketjuista, pystytään mallin avulla selvästi erottamaan erilaisia arvon luonnin strategioita.

Ensimmäinen strategia jota suurin osa keskeisistä toimittajista noudattaa, perustuu osaltaan Jumiran ja Wolhuterin esittelemään sovellusvirran malliin (kuviokuva 12), jossa yritys (Application Integrator) tarjoaa ohjelmistoalustan pilvipalveluna jonka avulla ulkopuoliset sovelluskehittäjät luovat alustan ominaisuuksia hyödyntäviä sovelluksia (Jumira & Wolhuter, 2011).

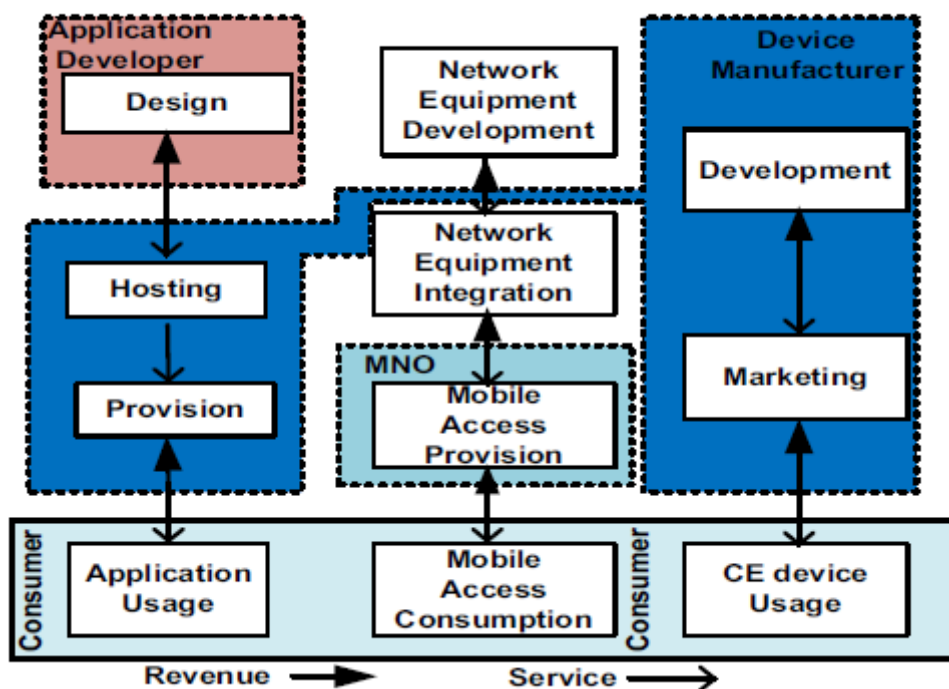


KUVIO 12 Sovellusvirran malli (Jumira & Wolhuter, 2011)

Keskeisistä ohjelmistoalustojen toimittajista tätä mallia toteuttavat Axeda, See-Control, Airbiquity sekä Sierra Wireless. Esitellyn mallin ja toteutuman välillä on se ero, että sovelluksia ei kehitetä mallin mukaisesti asiakkaille, vaan ensisijaisesti sovelluskehittäjä luo sovelluksen omaan käyttöönsä. Itse asiassa yksikään tutkimuksessa keskeiseksi nousseista ohjelmistoalustoista ei tarjoa matkapuhelinalustojen, kuten Androidin tai Apple iOS:sän tapaista sovelluskauppaa. Constantinou ennustaa raportissa laiteverkon leviävän nimenomaan uusien kuluttajakäyttäjien ottaessa käyttöön laiteverkon ratkaisuja (Constantinou, 2013). Siinä tapauksessa ohjelmistoalustan tarjoamien erilaisten kuluttajia hyödyttävien sovellusten jakelun voisi tapahtua keskitetysti, esimerkiksi nykyisen kaltaisten sovelluskauppojen kautta.

Toinen löydetty malli noudattaa samalla tavalla osittain sovellusvirran mallia kuten edellisessä kappaleessa löydetty malli, mutta sillä erotuksella että sovelluskehittäjien luomille sovelluksille ei tarjota pilvipalvelua suoritusympäristöksi. Tätä strategiaa toteuttavat ILS Technology sekä CalAmp. Jos Constantinoun kuvailema tilanne, jossa kuluttajat ottavat suurissa määrin laiteverkon sovelluksia käyttöönsä, on hyvin vaikeaa nähdä tämän strategian menestyvän: Sovelluksien käyttäminen vaatisi kuluttajilta oman käyttöympäristön hankintaa ja ylläpitoa. Tällä strategialla pyritäänkin vastaamaan yritysasiakkaiden tarpeisiin räätälöidä laiteverkon ratkaisut toimimaan mahdollisimman yhtenäisesti jo olemassa olevien yrityksen tietojärjestelmäratkaisujen kanssa.

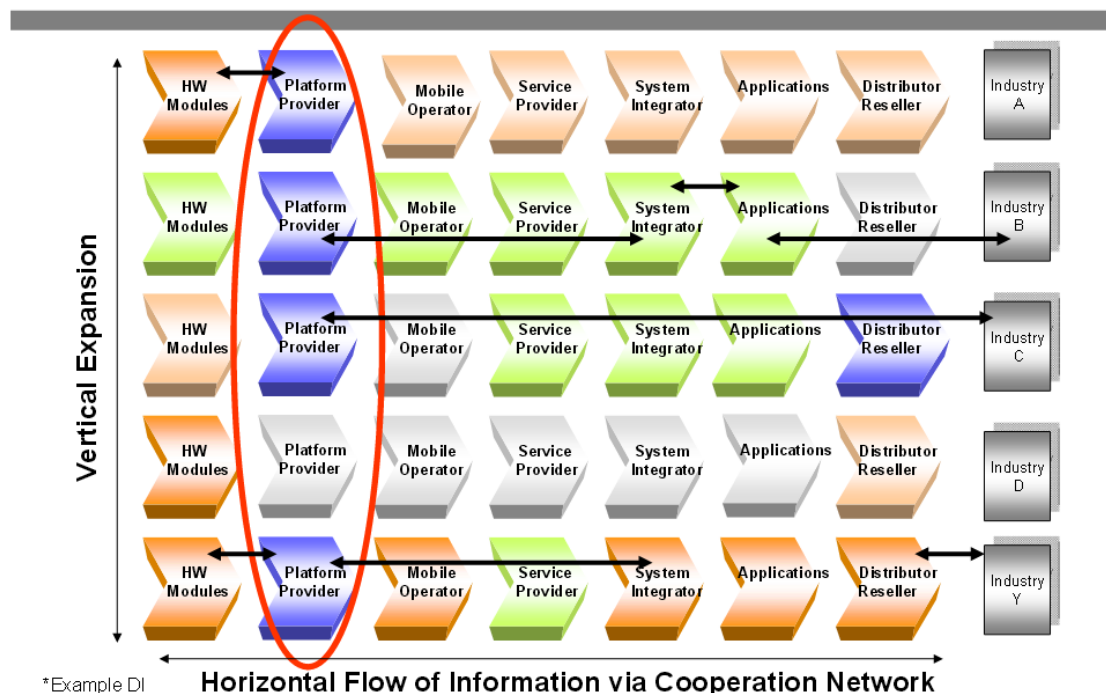
Kolmas malli toteuttaa Jumiran esittelemää kuluttajalaitevirran mallia (kuvio 13), jossa ohjelmistoalustan toimittaja toimii samaan aikaan myös laitevalmistajana (Jumira & Wolhuter, 2011).



KUVIO 13 Kuluttajalaitevirran malli (Jumira & Wolhuter, 2011)

Ainoa tämän mallin mukaisesti toimivan keskeinen ohjelmistoalustan toimittaja on Novatel Wireless, joka valmistaa laiteverkon komponentteja sekä tarjoaa ohjelmistoalustan jonka avulla voidaan kehittää niiden komponenttien hyödyntämiseen perustuvia sovelluksia. Tämä strategia on osoittautunut toimivaksi matkapuhelin liiketoiminnassa: Apple ylläpitää ekosysteemiä joka perustuu sen valmistamiin puhelimiin ja niissä käytettäviin sovelluksiin. Ennusteiden mukaan laiteverkossa käytettäviä laitteita tulee kuitenkin olemaan moninkertaisesti enemmän kuin matkapuhelimia tällä hetkellä, joten tämän strategian menestyksekkäs toteuttaminen vaatisi yritykseltä merkittävää osuutta laiteverkon komponenttimarkkinoista.

Stammier (2006) esittää toisenlaisen näkemyksen laiteverkon arvoketjusta. Perinteisessä arvoketjumallissa liikutaan horisontaalisesti eteenpäin, jossa jokainen tekee vain oman osansa joka toimitetaan seuraavalle arvoketjussa. Stammierin mukaan tämä malli ei ole joustava, eivätkä yritykset voi luoda pitkäkestoisia yhteistyökumppanuuksia. Loppukäyttäjien tarpeita ei myöskään usein ajatella arvoketjun aikana ja uusia innovaatiota ei ole mielekästä kehittää, kun keskitytään tekemään vain oma osa suurempaa kokonaisuutta. Stammierin malli lisää eri tasoja perinteiseen horisontaaliin arvoketjuun (kuvio 14).



KUVIO 14 Vertikaalinen laajennus arvoketjuun (Stammier, 2006)

Sen sijaan että keskitytään tekemään yhtä tuotetta moneen käyttöön, jokaisessa tapauksessa tulee miettiä erikseen kenen arvoketjun jäsenten kanssa on tärkeää tehdä yhteistyötä. Mallin mukaan ohjelmistoalustat ovat keskeisessä roolissa arvoketjua. Vertikaalisen mallin hyötyjä ovat: joustavuus ja synergia toimijoiden välillä, yhteistyö kilpailun sijaan, yhteisen vision luominen, kulujen jakaminen myynnissä ja markkinoinnissa. Axeda noudattaa lähelle tätä mallia tekemällä yhteistyötä monien eri arvoketjun jäsenten kanssa, kuten laitevalmistajien, mobiilioperaattorien, järjestelmäintegraattorien ja liiketoimintajärjestelmätoimittajien.

7.3.2 Ohjelmistoalustan ekosysteemit

Laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemin mallia voidaan lähteä rakentamaan ekosysteemin ydinyrityksen näkökulmasta. Aikaisemmista tutkimuksista on löydettävissä määritelmiä laiteverkon toimijoista, jotka täsmäävät hyvin ohjelmistoalustan toimittajan rooliin. Näitä ovat esimerkiksi jo aikaisemmin esitelty palvelun mahdollistaja (Schlautmann, 2011) sekä Mazheliksen ym., (2011) esittelemä sovelluspalvelu (application service).

Laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemin keskeisin toimija on ohjelmistoalustan toimittaja, joka toimii ekosysteemin ydinyrityksenä. Sen ympärille muodostuneen ekosysteemin muita toimijoita ovat ohjelmistoalustalla tuotettujen sovellusten käyttäjät, näiden sovellusten kehittäjät, alustaan liitettyjen laitteiden valmistajat sekä tietoliikenneyhteyksiä tarjoavat teleoperaattorit. Ekosysteemin mallissa on nähtävissä suora yhteys matkapuhelinten liiketoimintaan,

jossa ohjelmistoalusta Android muodostaa ympärilleen samankaltaisen ekosysteemin.

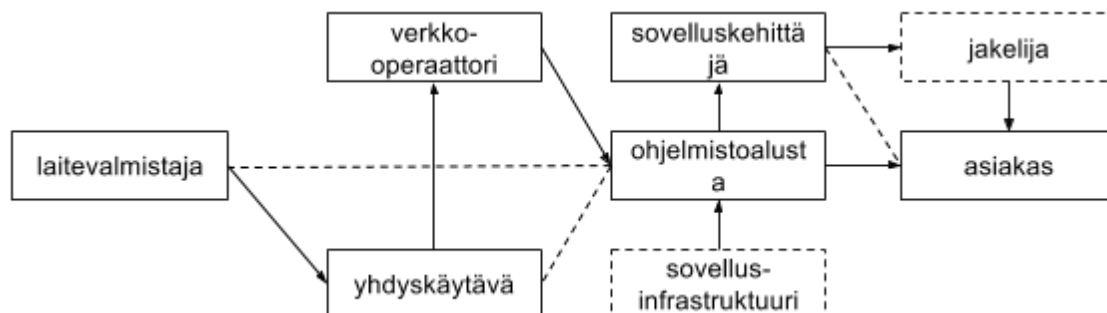
Esitämme nyt oman mallimme ohjelmistoalustojen ekosysteemistä. Yhdistimme tähän aikaisemmista tutkimuksista löytämämme roolit, jotka ovat seuraavat:

- Sirunvalmistaja, verkko-operaattori, yhdyskäytävä (engl. gateway), sovelluskehittäjä, jakelija. (Mazhelis ym., 2011)
- Verkkolaitteiden kehittäjä, mobiiliverkon operaattori, yhdyskäytävä, sovelluskehittäjä, kuluttajaelektronikan markkinoija (Jumira & Wolhuter, 2011)
- Laitevalmistaja, yhdyskäytävä, verkko-operaattori, ohjelmistoalusta, sovelluskehittäjä (oma tutkimuksemme tiedonkeruun alussa)

Näiden perusteella valitsimme mielestämme parhaiten sopivimmat roolit ekosysteemimalliimme: laitevalmistaja, yhdyskäytävä (gateway), verkko-operaattori, ohjelmistoalusta, sovelluskehittäjä ja asiakas. Valitut roolit muodostavat sen minimimäärän rooleja, joiden avulla voidaan muodostaa laiteverkon ohjelmistoalustan ympärille muodostunut arvoketju. Keskeisiä ohjelmistoalustojen toimittajia tarkastellessa on huomattava, että osa yrityksistä toteuttaa useampaa roolia ja vain osa on keskittynyt puhtaasti ohjelmistoalustan tarjoamiseen: Yrityksistä Novatel Wireless, CalAmp sekä Sierra Wireless ovat myös laitevalmistajia. Tämän lisäksi ILS Technology ja Sierra Wireless toimivat myös yhdyskäytävän roolissa toimittamalla yhdyskäytävä-laitteita.

Myös asiakkaan rooli on monimutkaisempi kuin puhtaasti kuluttajamarkkinoilla toimivilla ohjelmistoalustoille, kuten aikaisemmin mainitun Androidin tapauksessa. Koska monet laiteverkon sovelluksista kehitetään vielä tällä hetkellä yritysten käyttöön, keskeisten ohjelmistoalustojen liikeidea perustuu ohjelmistoalustan tarjoamiseen asiakkaille jotka alustan avulla kehittävät sovelluksia omaan käyttöönsä. Laiteverkon ekosysteemit eivät siis toimi matkapuhelin ekosysteemien tavalla, jossa asiakas on puhtaasti sovelluksen käyttäjä ja sovelluskehittäjä on siitä täysin erillinen rooli.

Kuvio 15 on esittää muodostettua laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemiä. Kuviossa nuolet viittaavat arvon muodostumiseen ekosysteemissä ja katkoviivat keskeisten toimijoiden roolien moninaisuuteen (kuvio 15).



KUVIO 15 Laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemi

Ekosysteemimallin tärkein rooli on ohjelmistoalusta, joka välittää laiteverkon tuottamaa dataa sitä hyödyntäville toimijoille. Myös muut mallin roolit ovat tarpeellisia: Jos laitevalmistajan, yhdyskäytävän tai verkko-operaattorin rooli otetaan pois, ei data välity ohjelmistoalustalle tai sitä ei edes muodostu. Jos taas sovelluskehittäjän tai asiakkaan rooli poistetaan, ei mallin mukainen ekosysteemi ole taloudellisesti kannattava: Dataa kyllä tuotetaan mutta mikään osapuoli ei maksa sen hyödyntämisestä.

Koska sovelluskehittäjällä on ekosysteemissä kaksoisrooli asiakkaana, voidaan ohjelmistoalustan nähdä tuottavan arvoa samanaikaisesti sekä kehittäjälle että asiakkaalle. Jos taas asiakas olisi erillinen rooli, virtaisi ohjelmistoalustan tuottama arvo sovelluskehittäjän kautta asiakkaalle. Arvon jakelu mahdollistaisi uuden jakelijan roolin, joka voisi toimia kuten mobiilikosysteemissä käytettävät sovelluskaupat.

Vaikka osalla ohjelmistoalustojen toimittajista onkin kaksois- tai kolmoisrooli sekä laitevalmistajina että yhdyskäytävänä, ei tämä ole kuitenkaan missään nimessä pakollinen tai edes suositeltava roolitus: Kuten aikaisemmin Novatel Wirelessin tapauksessa todettiin, ohjelmistoalustan sitominen käyttämään alustan toimittajan valmistamia laitteita voi rajoittaa alustan menestymistä. Ja vaikka alustan laitevalintoja ei olisikaan sidottu tiettyyn tuotteeseen, kertoo roolien jakautuminen yrityksen päätöksestä olla keskittymättä ohjelmistoalustan toimittamiseen ydinliiketoimintana.

Mallissamme esiintyy myös seitsemäs rooli: Sovellusinfrastruktuuri, jolla viitataan pilvipalveluiden tuottamiseen mahdollistamaan IaaS-palveluun. Vaikka laiteverkon sovellukset vaativat myös hajautettua tiedonkäsittelyä, on pilvipalveluissa tapahtuva miljardien laitteiden hallinnointi sekä päätöksenteko tärkeä osa laiteverkon tulevaisuudenkuvaa (Geng, Talwar, Johnsson, Himayat & Johnson, 2011). Ohjelmistoalustojen kaltaisten PaaS-palveluiden tarjoaminen vaati myös alustan tarvitseman tietojenkäsittelyinfrastruktuurin toteuttamisen. Osa keskeisimmistä ohjelmistoalustoista tukeutuu tässä toteutuksessa kolmansien osapuolten, kuten Amazonin, palveluihin sen sijaan että ne itse investoisivat tai ylläpitäisivät alustojen vaatimia laitteistoympäristöjä. Sovellusinfrastruktuuri ei ole vielä tällä hetkellä korvaamaton ekosysteemin rooli, mutta jos pilvipalveluiden kasvu jatkuu toteutuneella tavalla, voi olla että tulevaisuudessa yrityksen tarvitseman laitteistokapasiteetin hankkiminen mistään muualta kuin IaaS-palvelusta nähdään taloudellisesti kannattamattomana toimintana.

8 Pohdinta

Pystyimme tutkimuksemme avulla luomaan kattavan kuvan laiteverkon nykytilasta sekä vastaamaan esittämiimme tutkimuskysymyksiin. Vaikka tutkimuksella on omat haasteensa, uskomme että tulokset antavat realistisen kuvan laiteverkon nykytilasta ja että tutkimus antaa lähtökohtia laiteverkon ohjelmistoalustojen lisätutkimukselle. Seuraavissa kappaleissa pohdimme tutkimuksen tuloksia ja niiden tarjoamia näkymiä ja lisätutkimuksen mahdollisuuksia sekä tarkastelemme tutkimustamme kriittisesti löytääksemme kehityskohteita tulevaa tutkimusta varten.

8.1 Tutkimustulosten arviointi

Tutkimuksemme alussa esitimme neljä tutkimuskysymystä:

- Mitä käyttökohteita laiteverkolla on?
- Mitä laiteverkkoa hyödyntäviä ohjelmistoalustoja on olemassa?
- Mitkä näistä ohjelmistoalustoista ovat keskeisimpiä?
- Minkälaisia ekosysteemejä keskeisimpien ohjelmistoalustojen ympärille on muodostunut?

Ensimmäiseen kysymykseen saimme vastauksen kirjallisuuskatsauksen avulla: Kartoittamalla laiteverkosta tehtyä tutkimusta, saimme kerättyä yleisen kokonaisuuden yleisimpiä laiteverkon käyttötapauksia. Osa tutkimuksemme esitellyistä käyttökohteista ovat hieman tarkempia, kuten kiinteistön kulunvalvonnan toteuttaminen, osan taas kuvaillessa hyvin laajasti pelkästään käyttöympäristöä kuten laiteverkon hyödyntämistä terveydenhuollossa. Tämä kuvaa hyvin laiteverkon laajaa toimintakenttää: Uskomme, että tulevaisuudessa laiteverkko tulee vaikuttamaan koko yhteiskuntaamme sen pienimmistä osista aina isoimpien yksikköjen tasolle asti.

Toiseen kysymykseemme saimme vastauksen määrittelemällä ensin, mitä laiteverkon ohjelmistoalustalla tarkoitetaan. Määrittelyn avulla pystyimme keräämään erilaisista tietolähteistä listan yrityksistä, jotka tarjoavat määritelmän mukaista ohjelmistoalustaa. Lista ohjelmistoalustoja toimittavista yrityksistä on nähtävillä liitteessä 1.

Kolmanteen kysymykseen saimme vastauksen muodostamalla ohjelmistoalustojen ympärille rakentuneen yhteistyöverkoston mallin. Ohjelmistoalustatoimittajien yhteistyökumppaneista kerättiin tietoa alustatoimittajilta sekä muista tietolähteistä, kuten laiteverkkoon keskittyneistä uutislähteistä. Käyttämällä verkostanalyysin menetelmiä, pystyimme erottamaan verkostosta keskeisimmät ohjelmistoalustat jotka on esitetty taulukossa 8.

Neljättä ja viimeistä kysymystä varten analysoimme keskeisten ohjelmistoalustatoimittajien sijoittumista laiteverkon arvoketjussa, jonka ansiosta saavutimme selkeämmän kuvan alustatoimittajien liiketoiminnasta. Tutkimuksessa löydettyjen keskeisimpien ohjelmistoalustojen ympärille rakentuu erilaisia ekosysteemejä, mutta yhdistämällä näiden kaikkien piirteitä, pystyimme muodostamaan laiteverkon yleisen ekosysteemimallin. Tältä osin tutkimuskysymykseen ei vastattu suoraan, vaan koimme tärkeämmäksi muodostaa yleistyksen, jonka avulla erilaisia ekosysteemejä voidaan vertailla keskenään. Yleistyksen ja mallintamamme verkoston pohjalta ohjelmistoalustan ekosysteemi näyttäisi muodostavan niin sanotun vannerakenteen, jossa vanteen keskiössä sijaitseva verkoston keskeisin toimija sitoo yhteen vanteen puolien avulla verkoston muut toimijat ja jossa vanteen kehä kuvastaa verkoston muiden toimijoiden välisiä suhteita.

Tutkimuksellamme on kolme tärkeää tulosta: laiteverkon ohjelmistoalustojen keskeisten toimijoiden löytyminen, ohjelmistoalustojen ympärille rakentuneen yhteistyöverkoston rakenteen selvittäminen sekä laiteverkon ohjelmistoalustojen ekosysteemimallin muodostaminen.

Keskeisten toimijoiden kartoittaminen mahdollistaa löydettyjen toimijoiden tarkemman analyysin. Analyysin avulla niiden liiketoiminnasta voidaan löytää ominaisuuksia joiden avulla ne ovat saavuttaneet keskeisen asemansa. Jos näiden toimijoiden liiketoimintaratkaisujen vaikutuksia verkoston rakentamiseen analysoidaan kattavasti, voidaan selvittää ne ratkaisut jotka ovat hyödyllisiä koko verkoston kannalta, ja siten myös laiteverkon leviämisen kannalta.

Yhteistyöverkoston rakenteen selvittäminen taas antaa hyvän lähtökohdan verkoston jatkuvan seurannan toteuttamiseen. Kun pohjatyö on tehty, voidaan rakennetta rikastaa kartoittamalla esimerkiksi myös ohjelmistoalustatoimittajien yhteistyökumppaneiden keskinäisiä yhteistyösuhteita. Rakennetta voidaan muokata osan toimijoista poistuessa markkinoilta ja uusien yrittäjien tullessa markkinoille. Samalla aikaisemmin esitellyillä verkostanalyysin menetelmillä voidaan seurata, miten muutokset verkoston rakenteessa vaikuttavat keskeisimpiin toimijoihin: hyvin suunniteltu, määrätietoinen sekä nopea yhteistyön lisääminen voi nostaa jonkun tällä hetkellä verkoston laitamilla toimivan yrityksen verkoston keskeiseksi toimijaksi.

Laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemimalli helpottaa verkoston toimijoiden välisten yhteistyömallien kartoittamista. Jos voidaan todeta, että suurin osa ohjelmistoalustojen toimittajista muodostaa ympärilleen mallin kaltaisen

ekosysteemin, voidaan ennustaa vasta markkinoille tulevien ohjelmistoalustojen menestymismahdollisuuksia: Jos alustaa toimittavan yrityksen yhteistyökumppaneista puuttuu joku mallin mukaisia rooleja toteuttava yhteistyökumppani, voidaan yrityksen toimintaedellytysten olettaa olevan heikot. Toisaalta on mielenkiintoista seurata laiteverkon markkinoiden kehittymistä: Voiko jokin toinen ekosysteemi kehittyä vielä tehokkaammaksi tavaksi toimia?

8.2 Laiteverkon nykytilanne ja kehitys

Kun vertaillaan löytämiämme keskeisimpiä ohjelmistoalustoja ja niiden ympärille rakentuneita ekosysteemejä, huomataan että monet yrityksistä ovat todellakin osallisina mallin kaltaisissa ekosysteemeissä. Esimerkiksi Axeda toimii ohjelmistoalustansa perustuvan ekosysteemin keskiössä: Ohjelmistoalusta mahdollistaa sovelluskehittäjien toteuttaa laiteverkon ominaisuuksia hyödyntäviä sovelluksia, ohjelmistoalustan toiminnallisuudet tarjotaan pilvipalveluna jota varten ohjelmistoalustaan liitettyjen laitteiden keräämä data saadaan verkko-operaattorien mahdollistamien Internet-yhteyksien kautta. Älykkäät laitteet taas yhdistyvät Internetiin yhdyskäytävä-ratkaisuja tarjoavien toimijoiden laitteilla. Mielestämme tällaisen ekosysteemin keskiössä toimiminen on liiketaloudellisesti järkevää: jos laiteverkon ekosysteemien kehittyminen seuraa mobiilikosysteemien kehitystä, voivat menestyvät ohjelmistoalustat tuoda suuria voittoja omistajilleen. Tämä tietysti vaatii tarkkaa tasapainottelua ohjelmistoalustaa käyttävien tahojen saavuttaman hyödyn ja sen käyttämisestä vaadittavien palkkioiden välillä: Jos ohjelmistoalustan käyttäminen on hinnoiteltu niin korkeaksi, että sovelluskehittäjän sovelluksestaan saama kate painuu liian pieneksi, näivettyä sovellusalusta kehittäjien siirtyessä käyttämään alustaa joka tarjoaa paremmat toimintaedellytykset.

Laiteverkon sovellukset eivät näy vielä tällä hetkellä kuluttajien jokapäiväisessä elämässä, mutta kuluttajasovellusten kysynnän kasvu voisi olla se eteenpäin sysäävä voima, joka mahdollistaisi laiteverkon kehittymisen kaikenkattavaksi tietoverkoksi. Tätä varten laiteverkon sovellusten pitäisi houkuttaa kuluttajia, mutta tällä hetkellä suurin osa kuluttajille suunnatuista sovelluksista liittyvät ainoastaan talotekniikkaan, ja sekin on vain pienen harrastajapiirin leikkikenttää. Mutta on olemassa myös helposti omaksuttavia laiteverkon sovelluksia: Physical Graph Corporationin avoimeen ohjelmistoalustaan perustuva SmartThings järjestelmä mahdollistaa helposti laiteverkon sovellusten käyttöönoton kotona. Järjestelmä sisältää eri moduuleita kulunvalvontaan, lämmityksen tarkkailuun, kosteusvaurioiden havaitsemiseen sekä muihin kodin olosuhteiden valvontaan liittyviin tarpeisiin (SmartThings, 2014). Tällaiset helposti käyttöönotettavat ja omaksuttavat sovellukset voivat olla juuri se piristysruiske jota laiteverkko tarvitsee kehittyäkseen koko yhteiskunnan läpäiseväksi, joka-päiväistä elämää helpottavaksi kokonaisuudeksi.

8.3 Tutkimusprosessin arviointi

Tuotettua uutta mallia arvioidaan sen mukaan, miten se vastaa todellisuutta, onko malli täydellinen, yksityiskohtainen, luja ja sisäisesti johdonmukainen (Järvinen & Järvinen, 2004). Tässä luvussa arvioimme tutkimusprosessia ja sekä muodostamaamme mallia esiteltyjen arviointikriteerien pohjalta.

Suurin epävarmuustekijä tutkimuksessamme oli tiedonkeruun vaihe. Tutkimuksemme vaati suurta määrää tietoa yrityksistä sekä heidän yhteistyökumppanuuksistaan. Tiedonkeruuta olisi voitu helpottaa käyttämällä SDC Platinum -tietokantaa, josta löytyy tietoa yritysten yhteistyökumppanuuksia. Emme kuitenkaan saaneet pääsyä tähän tietokantaan kustannussyistä, joten jouduimme keräämään kaiken tutkimusaineiston käsin eri tietolähteistä, joka heikentää tutkimuksen tarkkuutta.

Yritykset valittiin käymällä läpi eri tutkimusallianssien jäsenluetteloita. Valitsimme muutaman mielestämme tärkeän allianssin, koska aika ei riittäisi kaikkien läpikäyntiin. Käytimme otantaa suuremmasta kokonaisuudesta. Tämä ei kuitenkaan ole täysin huono asia, sillä samoja jäsenorganisaatioita esiintyi useassa eri allianssissa. Ohjelmistoalustoja valmistavien yritysten karsiminen tästä joukosta oli työlästä mutta tarkkaa ja vaati useita tarkistuskierroksia, joissa listasta karsittiin yrityksiä joiden toimittama ohjelmistoalusta ei mielestämme edustanut tarpeeksi hyvin esittelemäämme laiteverkon ohjelmistoalustan määritelmää. Mukaan ei saanut päästä vääriä yrityksiä, jotka eivät olisi olleet määritelmän mukaisen ohjelmistoalustan toimittajia, koska se olisi vääristänyt muodostetun verkoston. Silti joitain yrityksiä on voinut jäädä valinnan ulkopuolelle, jos yrityksen Internet-sivujen perusteella ei löytynyt tietoa heidän mahdollisesta toimittamastaan ohjelmistoalustasta. Osaa yrityksistä, jotka selvästi toimittavat ohjelmistoalustaa, ei voitu ottaa mukaan verkostoon täysin puuttuvien yhteistyötietojen vuoksi, tästä esimerkkinä SmartThings, jonka yhteistyötietoja emme saaneet selville edes lähestyttyämme yritystä suoraan sähköpostitse.

Tiedon keräämistä vaikeutti merkittävästi myös yrityksen koko: Mitä suurempi yritys, sen vaikeampaa oli löytää tarkkaa tietoa heidän kaikista projekteistaan, joista joku voi olla ohjelmistoalustan kehittäminen. Pienet yritykset, jotka keskittyivät vain yhteen tai muutamaaan tuotteeseen, oli helppo tunnistaa ja selvittää oliko heillä ohjelmistoalustaa.

Yhteistyökumppanuuksien selvittämisessä käytimme apuna yritysten Internet-sivuja sekä uutisartikkeleita vuodesta 2011 eteenpäin. Ennen vuotta 2011 julkaistut uutiset ja tiedotteet jätimme pois tutkimuksesta, koska on hyvin mahdollista, että sitä aikaisempi tieto on jo vanhentunutta eivätkä yhteistyösopimukset olisi olleet enää voimassa. Jouduimme tyytymään vain omaan arve-luumme siitä, ovatko nämä yhteistyöt enää voimassa.

Tutkimme ainoastaan ohjelmistoalustojen yhteistyökumppaneita, jolloin mahdollisia linkkejä näiden kumppanien välillä on jäänyt tutkimuksen ulkopuolelle. 37 ohjelmistoalustalle löytyi kumppaneita 399 kappaletta, joten vielä näiden kaikkien 399 yrityksen kumppanien selvittäminen ei olisi ollut ajankäytöllisesti järkevää. Tämän takia päätimme käyttää suuntaamattomia linkkejä yritysten välillä. Suunnatut linkit olisivat antaneet enemmän tietoa yhteistyön

vahvuudesta, jos kumppaniyrittäjä olisi myös listannut ohjelmistoalustan heidän kumppanikseen Internet-sivuillansa. Täydellistä verkostoa varten mukaan olisi pitänyt ottaa myös muut roolit ohjelmistoalustan lisäksi, jolloin yrityksiä olisi tullut yli 800 lisää. Päätimme keskittyä vain yhteen ja mielestämme merkittävimpiin rooliin.

Hankaluutta aiheutti se, että yritykset käyttivät termiä ”ohjelmistoalusta” hyvin monipuolisesti. Ensivaikutelman perusteella yritys valmisti ohjelmistoalustaa, mutta tarkemman tutkimuksen perusteella näin ei ollutkaan, vaan he käyttivät termiä kuvaamaan jotain toisenlaista tuotetta. Tästä johtuen jouduimme tekemään oman määritelmän ohjelmistoalustalle ja karsimaan pois yritykset jotka eivät noudattaneet tätä. Joidenkin yritysten kohdalla oli vaikea tulkita, täyttikö heidän ohjelmistoalustansa meidän määritelmämme, koska saatavilla oleva tieto ei ollut tarpeeksi yksityiskohtaista.

Koska laiteverkon ekosysteemi elää jatkuvasti, tämä tutkimus on vain tilannekatsaus nykyhetkestä. Yritykset yhdistyvät jatkuvasti toistensa kanssa tai myyvät tuotekehitystään toisille. Mitä enemmän aikaa tutkimuksestamme kuluu, sitä epävarmemmin mallimme ennustaa tulevaisuutta.

Kuitenkin on mahdollista ennustaa ekosysteemin kehittymistä kartoittamalla nykytilanteessa dominoivien mallien olemassaoloa. Dominoiva malli on tietty yrityksen tuotekehityksen polku, joka dominoi muita tuotekehityksen polkuja (Suárez & Utterback, 1995). Sillä on siis mahdollisuus muovautua standardiksi muiden mallien jäädessä sen varjoon. Laiteverkkojen ohjelmistoalustoja voidaan toteuttaa lukuisilla tavoilla ja nykytilanteessa dominoivan mallin puuttuessa yrityksillä ei ole suuria alalle tulemisen esteitä, koska uusien ideoiden paremmuutta ei tarvitse todistaa jotakin jo olemassa olevaa standardia vastaan. Jos jokin ohjelmistoalustoista on niin vahva, että sillä on mahdollisuus kehittyä toimialan standardiksi, voidaan olettaa että kyseinen alusta tulee johtamaan ekosysteemin kehittymistä sen keskeisimpänä osana.

Iansitin ja Levienin (2004) mukaan ekosysteemien tulee kehittyä tarpeen vaatiessa. Ekosysteemiin tulee ottaa mukaan uusia yrityksiä vanhojen valtasemaa pitävien yritysten rinnalle. Uusien yritysten mukana tulee uutta tietämystä ja teknologiaa, joka on tärkeää ekosysteemin selviytymisen kannalta. Koska uutta teknologiaa syntyy huimaa vauhtia, on ekosysteemin pyrittävää pysymään muutoksen mukana. Ekosysteemeillä, jotka jäävät jälkeen kehityksestä, ei ole todennäköisesti pitkä elinkaari.

Kysymykseen ”vastaako malli todellisuutta ja onko se täydellinen?”, vastaus on kyllä ja ei. Malli kuvaa todellisuudessa olemassa olevia yhteyksiä yritysten välillä, mutta ei kaikkia. Sataprosenttista täydellisyyttä on hyvin vaikea, ellei mahdotonta saavuttaa. Mutta tiettyyn pisteeseen asti mallimme täyttää tarkoituksensa. Koska verkostanalyysi pohjautuu kerättyyn dataan joka on luonteeltaan kvalitatiivista, vaikkakin se on saatettu kvantitatiiviseen tilaan verkostanalyysia varten, voidaan mallin sisäisestä johdonmukaisuudesta olla kahta mieltä: Toisaalta malli toimii matemaattisella tarkkuudella, eivätkä verkostanalyysin laskentamenetelmät voi antaa vaihtelevia tuloksia, mutta toisaalta tulokset ovat riippuvaisia kerätyn aineiston tarkkuudesta. Joten jos kerätyn aineiston epätarkkuutta ei oteta huomioon, on malli sisäisesti johdonmukainen.

8.4 Jatkotutkimusaiheet

Tutkimustamme voi lähteä jatkamaan useaan eri suuntaan. Verkoston tarkentaminen olisi parhain tapa lisätä tutkimuksen tarkkuutta. Tällöin uusien ohjelmistoalustojen ottaminen mukaan tutkimukseen laajentaa verkostoa, jolloin tarkkuus paranee. Lisäksi selvittämällä yhteistyöyritysten kumppanit löydetään uusia linkkejä yritysten välillä. Linkkien suunnat selvittämällä saataisiin myös tarkempaan tietoa yhteistyösuhteiden vahvuuksista. Tiedonkeruussa varmuutta ja tarkkuutta nostaisi kaupallisten tietokantojen käyttö, josta saataisiin ajankohtaisia ja oikeaa tietoa laiteverkon parissa toimivista yrityksistä sekä heidän yhteistyökumppaneistaan. Lisäksi verkoston jäsenet voitaisiin kategorisoida toimialoittain, esimerkiksi kiinteistöautomaation tai terveydenhuollon sovellusalueiden perusteella. Tällä tavoin voitaisiin selvittää mikä toimiala mahdollisesti ottaa ensimmäiset harppaukset laiteverkon hyödyntämiseen.

Myös laiteverkon ohjelmistoalustojen muodostaman verkoston seuranta-tutkimuksella saataisiin tärkeää tietoa verkoston kehityksestä: Mitkä ekosysteemit kasvavat tai kutistuvat, mitkä yritykset ovat dominoivassa asemassa, millaista tulevaisuutta laiteverkon kehitykselle voidaan ennustaa?

Yhden lisätutkimuksen aiheen muodostaa esittelemämme laiteverkon ohjelmistoalustan ekosysteemimalli, jota voisi verrata todellisuuteen laajemmassa mittakaavassa kuin mitä tämän tutkimuksen yhteydessä oli mahdollista, toisin sanoen mallin olemassaolo voitaisiin todistaa empiirisesti. Esittelemämme malli voisi antaa pohjan uusien laiteverkon ekosysteemimallien kehittämiseen, koska laiteverkko sisältää lukemattomia sovelluskohteita ja siten myös runsaasti erilaisia ekosysteemejä.

9 Yhteenveto

Tämä tutkielma yrittää selvittää, mitkä ovat laiteverkon keskeisimmät ohjelmistoalustat sekä minkälaisia liiketoimintaekosysteemejä niiden ympärille on kehittynyt. Tarkemmat tutkimuskysymykset ovat seuraavia:

- Mitä käyttökohteita laiteverkolla on?
- Mitä laiteverkkoa hyödyntäviä ohjelmistoalustoja on olemassa?
- Mitkä näistä ohjelmistoalustoista ovat keskeisimpiä?
- Minkälaisia ekosysteemejä keskeisimpien ohjelmistoalustojen ympärille on muodostunut?

Tutkielma on jaettu teoriaosuuteen, joka toteutettiin kirjallisuuskatsauksena sekä konstruktiiivisena tutkimuksena toteutettuun empiiriseen osaan. Aihealue koskee laiteverkon ohjelmistoalustoja ja niiden muodostamien yhteistyöverkoston ja osaltaan myös laajemmin laiteverkon käsitettä ja sovelluskohteita.

Teoriaosuus esittelee aiempaan tutkimukseen pohjautuen laiteverkon määritelmiä sekä sen käyttökohteita vastaten samalla ensimmäiseen tutkimuskysymykseen: Laiteverkko on erilaisista älykkäistä laitteista koostuva tietoverkko, jonka yksittäisten jäsenten keräämää dataa voidaan käyttää hyväksi erilaisissa sovelluksissa, kuten esimerkiksi kulunvalvonnassa tai logistiikassa. Lisäksi teoriaosuus esittelee liiketoimintaekosysteemin käsitteen sekä verkostanalyysin menetelmiä, luoden näin pohjaa empiirisen osion toteutukselle. Ajatus liiketoimintaekosysteemistä perustuu luonnossa tavattaviin ekosysteemiin, joissa jokainen ekosysteemin jäsen on kallisarvoinen koko ekosysteemin toiminnan kannalta. Näin myös liiketoimintaekosysteemissä jokaisella ekosysteemin jäsenellä on tärkeä rooli ekosysteemin toiminnassa. Verkostanalyysin avulla liiketoimintaekosysteemin rakennetta ja toimintaa voidaan pyrkiä mallintamaan.

Empiirinen osuus vastaa loppuihin tutkimuskysymyksiin kartoittamalla olemassa olevia laiteverkon ohjelmistoalustoja sekä kehittämällä niistä kerätyn tiedon avulla niiden muodostaman yhteistyöverkoston. Kerätty aineisto lajitellaan ja sitä analysoidaan aikaisemmin esitettyjen verkostanalyysin menetelmien avulla. Näin kyetään löytämään verkoston keskeiset ohjelmistoalustojen

toimittajat sekä muodostamaan malli niiden ympärille rakentuvista ekosysteemeistä. Lisäksi verkoston rakennetta analysoidaan visualisoimalla muodostettu verkosto. Keskeisimmät ohjelmistoalustat on muodostettu vertailutaulukolla, jossa on painotettu verkostanalyysistä saatuja tunnuslukuja. Seitsemän suurinta ohjelmistoalustan valmistajaa ovat Novatel Wireless, Axeda, ILD Technology, SeeControl, CalAmp, Airbiquity ja Sierra Wireless. Näiden ohjelmistoalustojen ympärille muodostuneissa ekosysteemeissä toimijoilla on eri rooleja, jotka on jaettu seuraaviin luokkiin: laitevalmistaja, yhdyskäytävä, verkko-operaattori, ohjelmistoalusta, sovelluskehittäjä ja asiakas. Kaikilla näistä on jokin oma tehtävänsä ekosysteemissä ja ne tarvitsevat toisiaan ylläpitääkseen terveellistä ekosysteemiä.

Lopuksi tutkielman tekijät kokoavat yhteen löydöksiään pohdintakappaleessa, analysoiden tutkielman tuloksien merkitystä, tutkielman onnistumista sekä sen tarjoamia jatkotutkimusaiheita. Tutkielman tärkeimpinä löydöksinä voidaan pitää keskeisten laiteverkon ohjelmistoalustojen löytymistä, niiden ympärille rakentuneen yhteistyöverkoston rakenteen selvittämistä sekä tekijöiden muodostamaa laiteverkon ohjelmistoalustojen ekosysteemimallia.

LÄHTEET

- Adler, R. (2006). Match Your Innovation Strategy to Your Innovation Ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), 98-107.
- Ahuja, G. (2000). Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A longitudinal study. *Administrative Science Quarterly*, 45(3), 425-455.
- Atzori, L., Iera, A. & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, 54(15), 2787-2805.
- Axeda. (2013a). M2M Application Services. Haettu 16.10.2013 osoitteesta <http://www.axeda.com/products/platform/m2m-applications-services>
- Axeda. (2013b). Axeda Connected Machine Management Applications. Haettu 16.10.2013 osoitteesta <http://www.axeda.com/products/applications>
- Axeda. (2013c). M2M Data Management. Haettu 16.10.2013 osoitteesta <http://www.axeda.com/products/platform/m2m-data-management>
- Axeda. (2013d). Axeda Cloud Service. Haettu 16.10.2013 osoitteesta <http://www.axeda.com/products/cloud-service>
- Basole, R.C. (2009). Visualization of interfirm relations in a converging mobile ecosystem. *Journal of Information Technology*, 24(2), 144-159.
- Bucherer, E. & Uckelmann, D. (2011). Business Models for the Internet of Things. Teoksessa D. Uckelmann, M. Harrison, & F. Michahelles (toim.), *Architecting the Internet of Things* (s. 253-277). Berlin: Springer.
- Cambridge University. (2014). Decision Support Tools, Porter's Value Chain. Haettu 12.1.2014 osoitteesta <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/research/dstools/value-chain/>
- Chen, Y.-K. (2012). Challenges and opportunities of internet of things. *Design Automation Conference (ASP-DAC), 2012 17th Asia and South Pacific* (s. 383 -388). Santa Clara, CA: IEEE Xplore.
- Cisco. (2013). The Internet of Things (IoT). Haettu 15.10.2013 osoitteesta <http://www.cisco.com/web/solutions/trends/iot/indepth.html>.
- Constantinou, A. (2013). The M2M Ecosystem Recipe. How telcos can win the M2M game by playing by ecosystem rules. VisionMobile, London.
- de Saint-Exupery, A. (2009). Internet of Things: Strategic Research Roadmap. Bryssel, European Commission - Information Society and Media DG. Haettu 19.9.2012 osoitteesta http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/documents/in_cerp.pdf
- ETSI. (2013). European Telecommunications Standards Institute. <http://www.etsi.org/>
- Freeman, L. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social networks*, 1(3), 215-239.
- Geng, W., Talwar, S., Johnsson, K., Himayat, N. & Johnson, K.D. (2011). M2M: From mobile to embedded internet. *IEEE Communications Magazine*, 49(4), 36 -43.

- Gluhak, A., Krco, S., Nati, M., Pfisterer, D., Mitton, N. & Razafindralambo, T. (2011). A survey on facilities for experimental internet of things research. *IEEE Communications Magazine*, 49(11), 58-67.
- Haller, S., Karnouskos, S. & Schroth, C. (2009). The Internet of Things in an Enterprise Context. Teoksessa Domingue, J. & Traverso, P. (toim.) *Future Internet - FIS 2008, Lecture Notes in Computer Science* (s. 14-28). Berlin: Springer.
- Hoebeker, J., Poorter, E. D., Bouckaert, S., Moerman, I. & Demeester, P. (2011). Managed Ecosystems of Networked Objects. *Wireless Personal Communications*, 58(1), 125-143.
- Hurlburt, G. F., Voas, J. & Miller, K. W. (2012). The Internet of Things: A Reality Check. *IT Professional*, 14(3), 56-59.
- Iansiti, M. & Levien, R. (2004a). *The Keystone Advantage*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Iansiti, M. & Levien, R. (2004b). *Strategy as Ecology*. Harvard Business School Press Boston
- Iyer, B. (2012). M-Payment Ecosystem. Babson College. Haettu 5.11.2013 osoitteesta <http://www.slideshare.net/balaiyer/m-payment-ecosystem-analysis>
- Iyer, B., Lee, C.-H. & Venkatraman N. (2006) Managing in a "Small World Ecosystem": Some Lessons from the Software Sector. *California Mgmt. Review*, 48(3), 28-47.
- Jumira, O., & Wolhuter, R. (2011). Value chain scenarios for M2M ecosystem. Teoksessa *GLOBECOM Workshops (GC Wkshps)*, 2011 IEEE (s. 410-415). IEEE.
- Järvinen, P. & Järvinen, A. (2004). *Tutkimustyön metodeista*. Tampere: Opinpajan kirja.
- Kamada, T., & Kawai, S. (1989). An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information processing letters*, 31(1), 7-15.
- Knoke, D. & Kuklinski, J. (1982). *Network Analysis*. California: Sage Publications.
- Koenig, G. (2012). Business Ecosystems Revisited. *M@n@gement*, 15(2), 208-224.
- Kopetz, H. (2011). Internet of Things. Teoksessa *Real-Time Systems, Real-Time Systems Series* (s. 307-323). US: Springer.
- Kortuem, G. & Kawsar, F. (2010). Market-based user innovation in the Internet of Things. Teoksessa *2010 Internet of Things, Tokyo, Japan, November 29 - December 1* (s. 1-8).
- Leminen, S., Westerlund, M., Rajahonka, M. & Siuruainen, R. (2012). Towards IOT Ecosystems and Business Models. Teoksessa S. Andreev, S. Balandin, & Y. Koucheryavy (toim.), *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking, Lecture Notes in Computer Science* (s. 15-26). Berlin: Springer.
- M2MBlog. (2012). SES Platforms sector. Haettu 6.11.2013 osoitteesta <http://blog.m2mapps.com/wp-content/uploads/Beecham-Research-SES-Players.pdf>

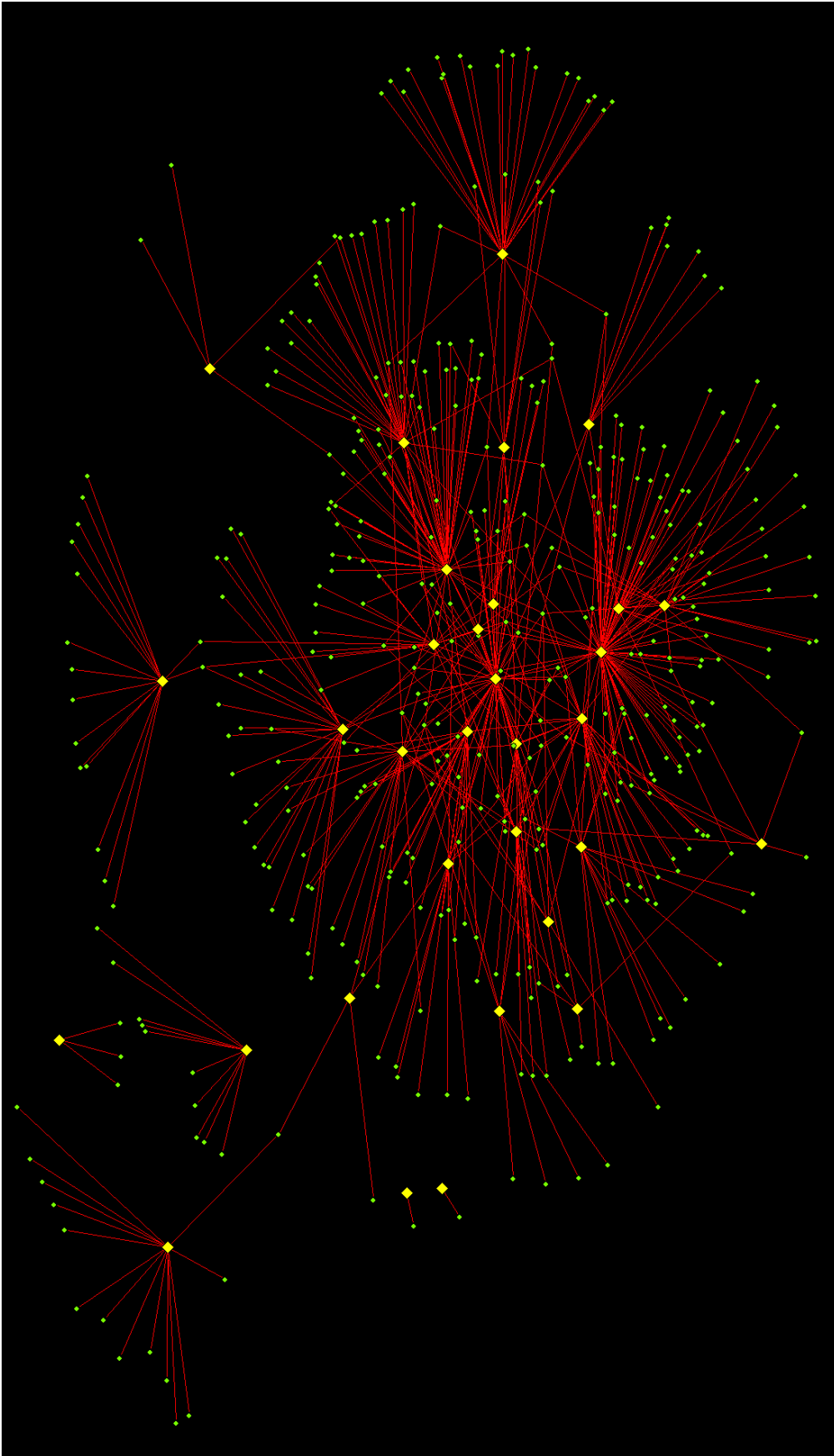
- Mazhelis, O., Luoma, E. & Warma, H. (2011). Defining an Internet-of-Things Ecosystem. Teoksessa Andreev, S., Balandin, S. & Koucheryavy, Y. (toim.), *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking* (s. 1-14). Berlin: Springer.
- Mell, P. & Grance, T. (2011). The NIST Definition of Computing (NIST Special Publication 800-145). National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory, Computer Security Division. Haettu 13.11.2013 osoitteesta : <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F. & Chlamtac, I. (2012). Internet of Things: Vision, application and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.
- Munjin, D. & Moran J. (2012). Toward Internet of Things Application Markets. Teoksessa *2012 IEEE International Conference on Green Computing and Communications (GreenCom), Besancon, France, November 20-23* (s. 156-162).
- Moore, J. (1996). *The Death of Competition*. New York: HarperCollins Publishers.
- de Nooy, W., Mrvar, A. & Batagelj, V. (2005). *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. New York: Cambridge University Press.
- oneM2M. (2013). About oneM2M. Haettu 10.11.2013 osoitteesta <http://www.onem2m.org/>
- RFID Lab Finland. (2012). RFID-tietoutta. Haettu 15.11.2012 osoitteesta <http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>.
- Schlautmann, A. (2011). Wanted: Smart market-makers for the 'Internet of Things'. Haettu 5.1.2013 osoitteesta http://www.adlittle.se/prism_se.html?&view=383.
- Scott, J. (2000). *Social Network Analysis: A Handbook*. Lontoo: SAGE Publications.
- Serbanati, A., Medaglia, C. M. & Ceipidor, U.B. (2011). Building Blocks of the Internet of Things: State of the Art and Beyond. Teoksessa Turcu, C. (toim.), *Deploying RFID - Challenges, Solutions, and Open Issues* (s. 351-366). Rijeka: InTech
- SmartThings. (2014). Hello, Smart Home. Haettu 26.01.2014 osoitteesta <http://www.smartthings.com/>
- Stammier, R. (2006). Building an Ecosystem for M2M Solutions. Haettu 2.12.2013 osoitteesta <http://www.pointview.com/data/postevent/NA-06/Reinhold-Stammeier-12175066.pdf>
- Suárez, F. & Utterback, J. (1995). Dominant Designs and the Survival of Firms. *Strategic Management Journal*, 16(6), 415-430.
- von Aken, J.E. (2004). Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. *Journal of Management Studies*, 41(2), 219-246.
- Wasserman, S. & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. New York: Cambridge University Press.
- Vermesan, O., Harrison, M., Kalaboukas, K., Tomasella, M., Wouters, K., Gusmeroli, S. & Haller, S. (2010). *Internet of Things Vision*. Teoksessa

- Sundmaker, H., Guillemin, P., Friess, P. & Woelffle, S. (toim.), Vision and Challenges for Realising the Internet of Things (s.43). Luxemburg: Publications Office of the European Union
- Zeng, D., Guo, S. & Cheng, Z. (2011). The Web of Things: A Survey (Invited Paper). *Journal of Communications*, 6(6), 424-438.
- ZigBee Alliance. (2012). The ZigBee Alliance. Haettu 30.11.2012 osoitteesta <http://www.zigbee.org/About/AboutAlliance/TheAlliance.aspx>

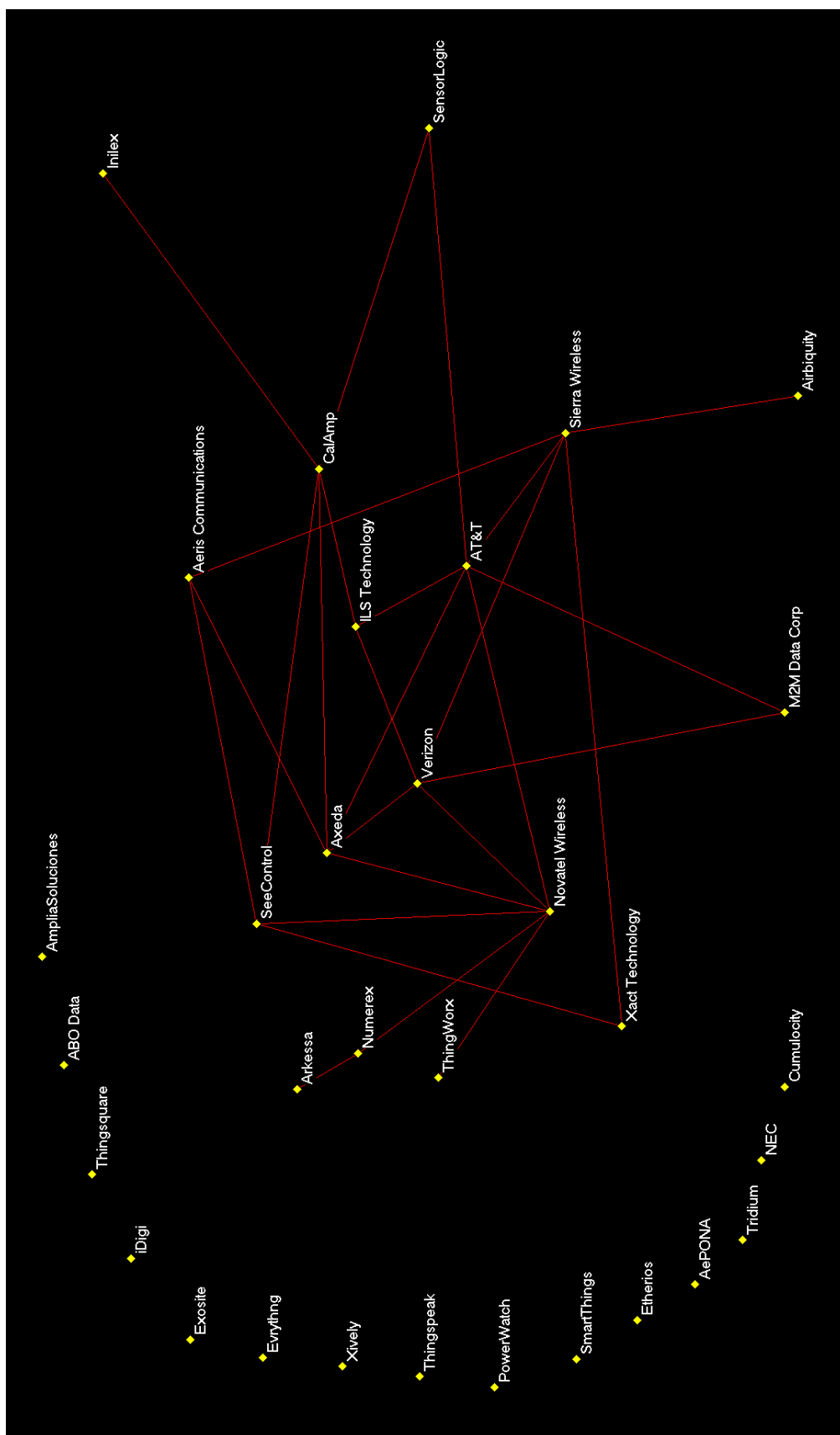
LIITE 1 LAITEVERKON OHJELMISTOALUSTOJEN TOIMITTAJAT

ABO Data
AePONA
Aeris Communications
Airbiquity
AmpliaSoluciones
Arkessa
AT&T
Axeda
CalAmp
Cumulocity
Etherios
Evrythng
Exosite
iDigi
ILS Technology
Inilex
M2M Data Corp
NEC
Novatel Wireless
Numerex
PowerWatch
SeeControl
SensorLogic
Sierra Wireless
SmartThings
Thingspeak
Thingsquare
ThingWorx
Tridium
Verizon
Xact Technology
Xively

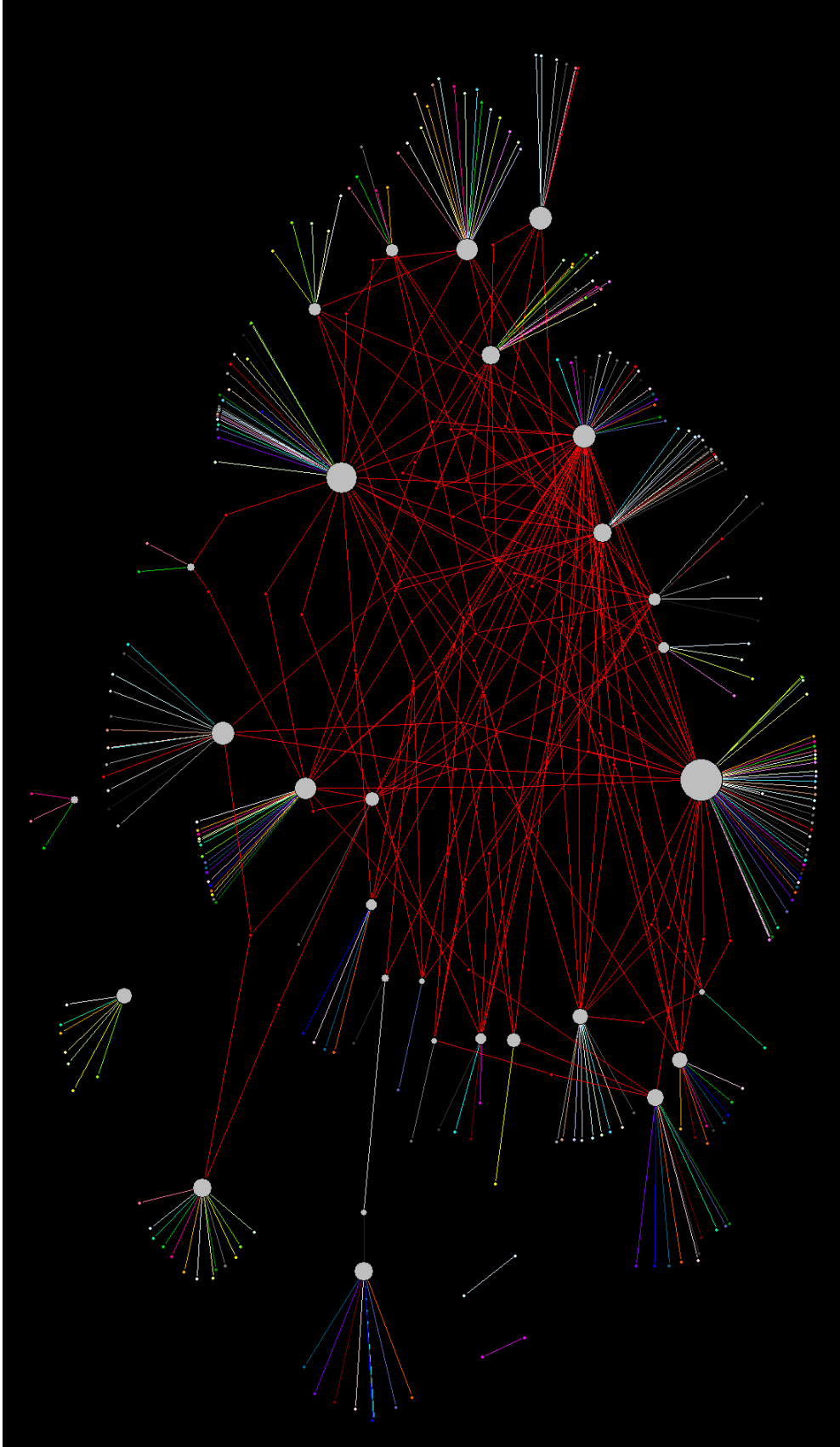
LIITE 2 KOKO YRITYSVERKOSTO, KAMADA-KAWAI



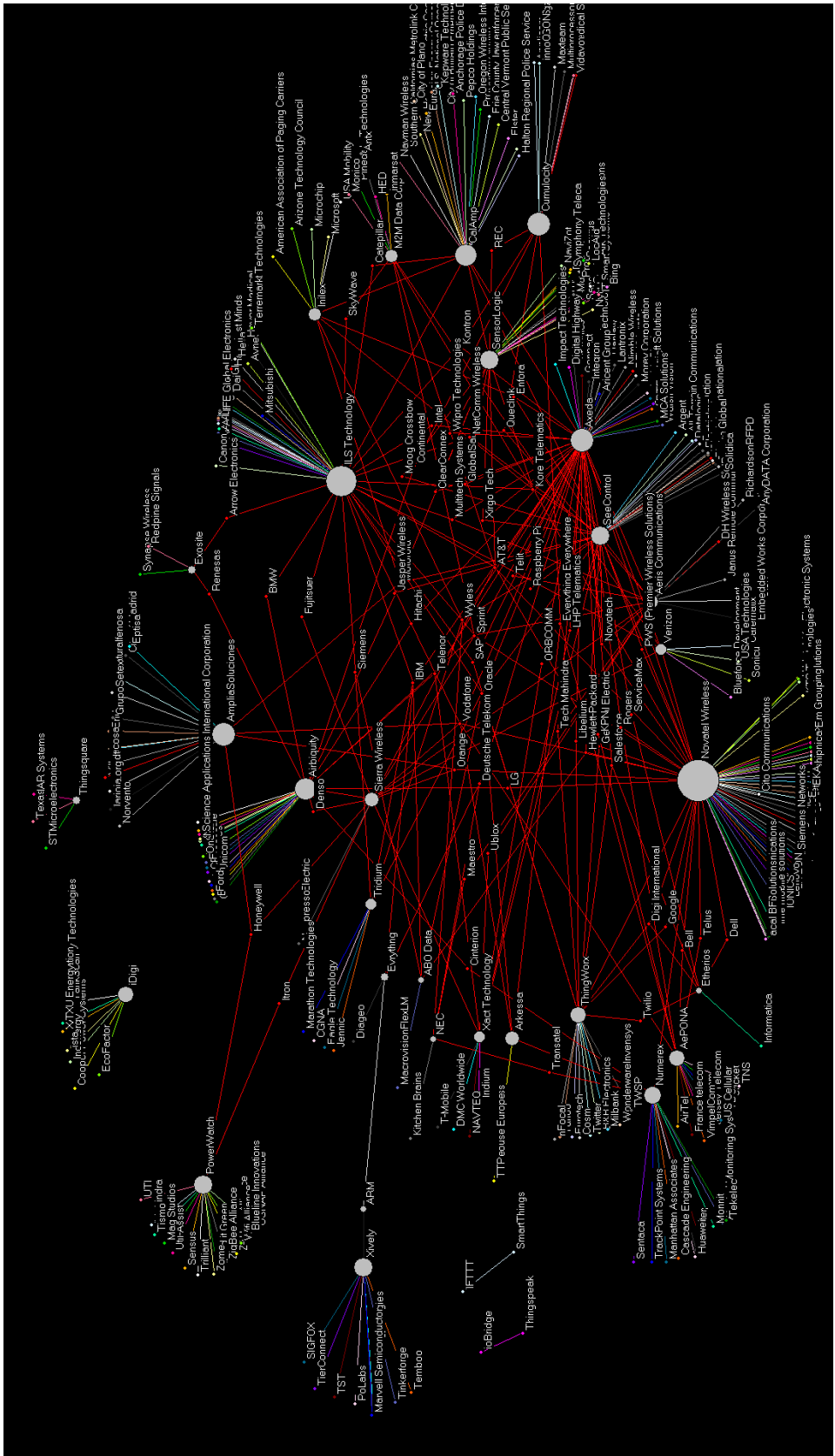
LIITE 3 OHJELMISTOALUSTOJEN VERKOSTO



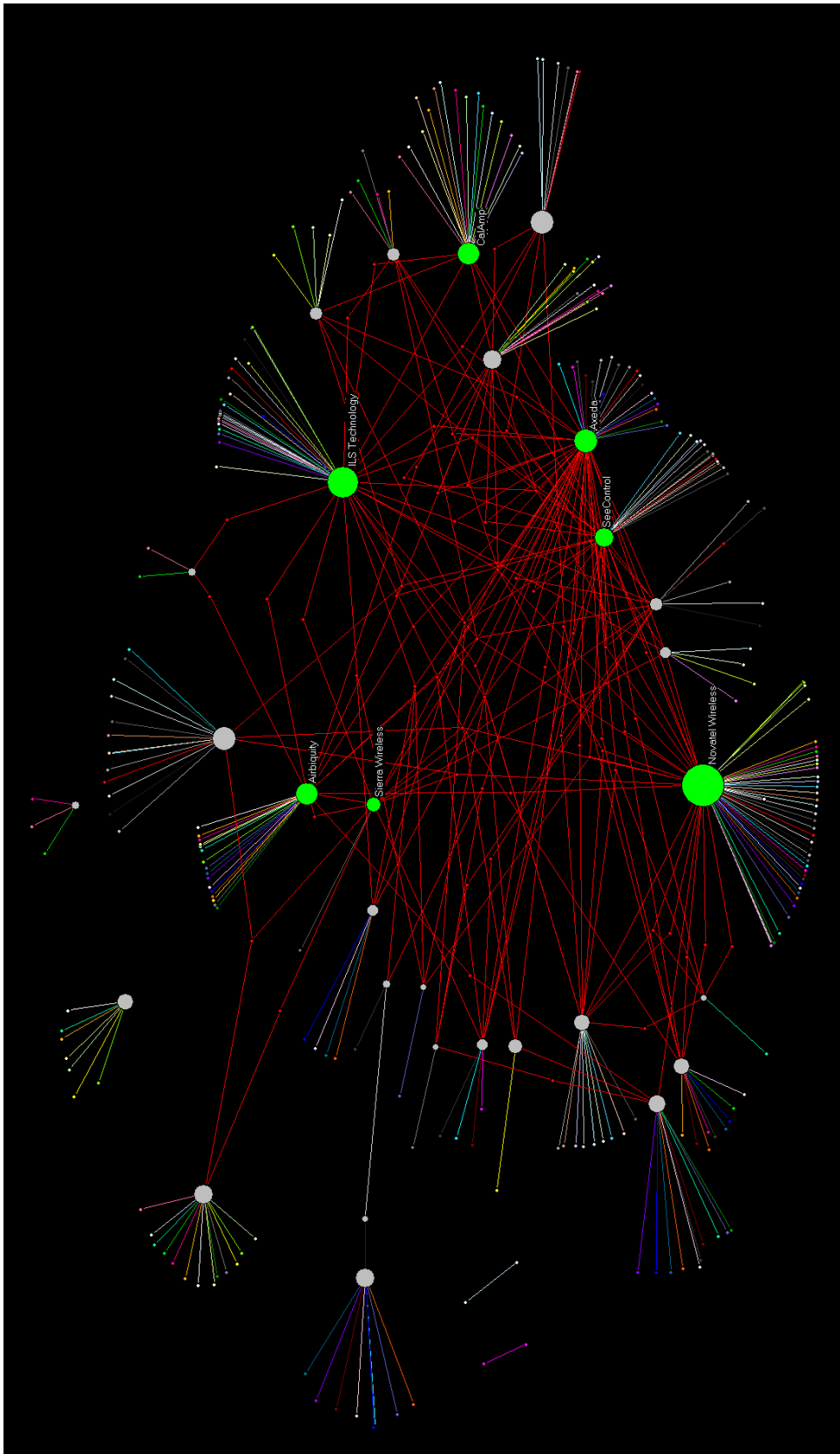
LIITE 4 OHJELMISTOALUSTOJEN LEIKKAUSPISTEET,
FRUCHTERMAN-REINGOLD



LIITE 5 OHJELMISTOALUSTOJEN LEIKKAUSPISTEET, FRUCHTERMAN-REINGOLD, SOLMUT NIMETTY



LIITE 6 KESKEISIMMÄT OHJELMISTOALUSTAT KOKO VERKOSTOSSA



LIITE 7 MERKITTÄVIMMÄT OHJELMISTOALUSTAT OMAS- SA VERKOSTOSSAAN

