

Verkostoteknologioiden käyttöönotto yrityksissä¹

HELI A. KOSKI

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos

Tieto- ja tietoliikenneteknologinen kehitys viimeisten vuosikymmenien aikana on ollut erittäin voimakasta. Tietotekniikan maailmanmarkkinat kasvoivat vuosien 1987 ja 1994 välillä kaksi kertaa nopeammin, keskimäärin, kuin talouksien bruttokansantuote. Tietotekniikan maailmanmarkkinoiden arvo oli noin 27.9 miljardia USD vuonna 1995. Erityisen voimakasta kasvu on ollut Internetin ja siihen liittyvien tuotteiden ja palveluiden osalta: Internetiin liittyneiden isäntäkoneiden määrä enemmän kuin viisinkertaistui heinäkuusta 1995 vuoden 1997 alkuun mennessä.

Edellä esitetyt kasvuluvut kuvastavat kuitenkin vasta alkua laajamittaiselle tieto- ja tietoliikenneteknologian hyödyntämiselle maailmantalouksissa. Tästä kertoo myös se, että julkisvaroin rahoitetut massiiviset tieto- ja tietoliiken-

neteknologian käyttöönottoa ja leviämistä tukevat ohjelmat jatkuvat voimakkaina. Esimerkiksi USA julkisti vuoden 1996 lopussa 1.05 miljardin USD suuruisen tieto- ja tietoliikenneteknologian käyttöönottoa ja leviämistä tukevan ohjelman, johon on budjetoitu 100 miljoonaa USD käytettäväksi Internet-yhteyksien levittämiseen kautta Yhdysvaltojen.

Yritysten tieto- ja tietoliikenneinvestoinnit ovat erityisen tärkeitä, koska ne voivat lisätä yritysten tuottavuutta ja vähentää kustannuksia ja tätä kautta osaltaan myötävaikuttaa taloudellisen kasvuun. Tämän takia sekä taloudellisen tutkimuksen että teknologiapolitiikan olisi syytä kiinnittää huomiota paitsi innovaatioiden ja uusien teknologioiden kehittämiseen yrityksissä myös niiden teknologiainvestointeihin; yrityksille tulisi antaa myös insentivejä ottaa käyttöön uusia teknologioita.

Yllä käsitellyt seikat eivät koske pelkästään tieto- ja tietoliikenneteknologioita vaan ne liittyvät myös yleisemmin *verkostoteknologioihin*. Verkostoteknologioiden ryhmään voidaan lukea suuri joukko erilaisia teknologioita, esim.

¹ Suomennos Oulun yliopistossa 6.3.1998 esitetyistä Lectio praecursorista perustuen väitöskirjaan "Economic analysis of the adoption of technologies with network externalities", Acta Universitatis Ouluensis, G Oeconomica 3.

tietoliikenneteknologia, tietokoneet, viedonauhurit, CD-soittimet. Luonteenomaista verkostoteknologioiden markkinoille on substituuttien lisäksi täydentävien teknologioiden tai teknologisten komponenttien sekä verkostoeksternaliteettien keskeinen rooli markkinoilla. Verkostoeksternaliteetti tarkoittaa sitä, että verkostoteknologian arvo riippuu sen käyttäjämäärästä, ja että tämä käyttäjien hyötyjen tai voittojen keskinäiset riippuvuudet eivät välity täysimääräisesti markkinoiden toiminnan kautta. Toisin sanoen, verkostoeksternaliteetin määritelmä sisältää markkinahäiriön tai markkinoiden toimimattomuuden olemassaolon.

Merkittävin ero verkostoteknologioiden markkinoiden ja ei-verkostomarkkinoiden välillä syntyy teknologioiden käyttäjien välisestä keskinäisestä riippuvuudesta, merkittävästä potentiaalisesta markkinahäiriön aiheuttajasta verkostoteknologioiden markkinoilla. Verkostoeksternaliteettien olemassaolo verkostoteknologioiden markkinoilla tarkoittaa sitä, että tietyn teknologian aiempien käyttöönottajien käyttöönottopäätöksillä tai teknologian käyttäjämäärän koolla – ja tästä syystä markkinoiden historialla – on merkitystä. Teknologian käyttäjien määrä muodostaa osan teknologian arvoa sen käyttäjälle ja tästä seuraten teknologian potentiaalinen käyttöönottaja voi vaatia tietyn kriittisen käyttäjämäärän käyttävän teknologiaa ennenkuin on itse valmis investoimaan teknologiaan. Teknologioiden ollessa yhteensopimattomia suuremman käyttäjämäärän omaavalla teknologialla on taipumus kasvattaa markkinaosuuttaan entisestään tämän teknologian tarjotessa suuremman hyödyn yhteensopivuudesta muiden käyttäjien kanssa. Lisäksi, verkostoteknologian suurempi käyttäjämäärä houkuttelee markkinoille suuremman joukon täydentävien teknologioiden tarjoajia ja täten entisestään kasvattaa teknologian arvoa sen käyttäjille.

Tästä seuraten yksi yritys voi vallata markkinat ja on myös mahdollista, että standardiksi muodostuu teknologia, joka ei ole paras mahdollinen markkinoilla tarjolla oleva.

Tähänastinen taloustieteellinen tutkimus on tarjonnut lukuisia teoreettisia tutkimuksia taloudellisten toimijoiden teknologioiden käytön hyötyjen keskinäisen riippuvuuden vaikutuksesta verkostoteknologioiden käyttöönoton ajoitukseen ja niiden leviämiseen. Kirjallisuus ei ole kuitenkaan esittänyt tilastolliseen aineistoanalyysiin perustuvaa todistusaineistoa verkostoeksternaliteettien olemassaolosta ja voimakkuudesta. Tämän seurauksena monet taloustieteilijät ovat kyseenalaistaneet verkostoeksternaliteettien olemassaolon tai epäilleet, ettei ilmiöllä ole taloudellista merkitystä. Väitöskirjatyön tavoitteena on valottaa soveltavan taloustieteellisen analyysin avulla tämän kiistellyn ilmiön roolia verkostoteknologioiden leviämisessä. Tutkimuksen päämääränä on erityisesti analysoida kolmea taloudellisesti merkittävää kysymystä: (i) verkostoeksternaliteettien vaikutusta yritysten tuottavuuteen eli yritysten tuottavuuden riippuvuutta muiden yritysten verkostoteknologioiden käytöstä, (ii) verkostoteknologioiden käyttäjien hyötyjen keskinäisen riippuvuuden vaikutusta verkostoteknologioiden leviämisenopeuteen aggregaattitasolla markkinoilla tarjolla olevien teknologioiden ollessa yhteensopimattomia, ja (iii) uusien verkostoteknologioiden käyttöönoton ajoituksen riippuvuutta yritystasolla toisten yritysten verkostoteknologioiden käyttöönotosta ja yrityksen aiemmin käyttöönottamista verkostoteknologioista.

Väitöskirjatyö tarjoaa teoreettiseen tutkimukseen perustuvaa lisätietoa teknologioiden optimaalisesta käyttöönoton ajoituksesta vertaamalla yksityisiä ja yhteiskunnallisia insentivejä siirtää teknologian käyttöönottoa myö-

hempään ajankohtaan epävarmuuden ja verkostoeksternaliteettien vallitessa. Teoreettisen analyysin tulokset koskien yksityisten ja yhteiskunnallisten insenttiivien dominanssia osoittautuvat vastakkaisiksi aiempien tutkimusten kanssa, kun analyysissa huomioidaan teknologioiden käyttäjämäärät: markkinoiden tarjotessa kahta yhteensopimatonta substituuttiteknologiaa yhteiskunnalliset insenttiivit viivastää teknologian käyttöönottoa ylittävät yksityiset insenttiivit, kun teknologialla on yksi tai useampia käyttäjiä. Tutkimus osoittaa myös, että teknologiavuodoista (spill-overs) ja tuotantoon liittyvistä skaalaeđuista voi seurata joko suurempi yksityinen tai yhteiskunnallinen insenttiivi viivastää verkostoteknologian käyttöönottoa.

Väitöskirjatyön teoreettinen tutkimus osoittaa lisäksi, ettei vertaamalla yksityisiä ja yhteiskunnallisia insenttiivejä viivastää teknologiankäyttöönottoa voida päätellä – toisin kuin aiemmissä tutkimuksissa on esitetty – mitään siitä tapahtuuko teknologian käyttöönotto tosiasiasa liian aikaisin tai liian myöhään yhteiskunnan näkökulmasta katsottuna. Tutkimus analysoi ehtoja, joiden vallitessa verkostoteknologia otetaan käyttöön liian aikaisin tai liian myöhään ja osoittaa, että yksityisten insenttiivien ylittäessä yhteiskunnalliset insenttiivit viivastää teknologian käyttöönottoa on mahdollista, että teknologian käyttöönotto tapahtuu yhteiskunnan kannalta joko liian aikaisin tai liian myöhään.

Väitöskirjan empiiriset tutkimukset perustuvat kolmeen eri tietokantaan. Ensimmäinen empiirinen analyysi tutkii verkostoeksternaliteettien olemassaoloa suomalaisissa sähkö- ja elektrontietoliikenneteollisuuden yrityksissä, jotka hyödyntävät toiminnassaan tietoliikenneteknologiaa. Empiirisiin estimointeihin perustuvat tulokset osoittavat verkostoeksternaliteet-

tien todellakin olevan olemassa ja huomattavia yritysten tuotantofunktiossa ja viittavaat täten siihen, että verkostoeksternaliteetit saattavat vaikuttaa huomattavasti yritysten uusien verkostoteknologioiden käyttöönottopäätöksiin. Oletetulle positiiviselle riippuvuussuhteelle yrityksen tietoliikenneteknologian käytön ja sen tuotoksen ja tuottavuuden välille ei löydy tukeaa tutkimustuloksista. Sen sijaan SETELI:n (Sähkö- ja elektroniikkateollisuuden liiton) toimeenpanemaan verkottumisojelman osallistuneiden yritysten tuottavuus oli tutkittuna ajanjaksona korkeampi kuin toimialan yritysten tuottavuus keskimäärin; yritys näyttäisi saavan strategista hyötyä korkeamman tuottavuuden muodossa osallistumisestaan toimialakohtaiseen verkottumisojelman.

Teoreettinen analyysi viittaa siihen, että absoluuttisten käyttäjämäärien lisäksi teknologioiden suhteellisilla käyttäjämäärillä on keskeinen rooli teknologioiden leviämässä verkostoeksternaliteettien vallitessa: tasaisemmin jakautuneet markkinaosuudet teknologioiden käyttäjämäärillä mitattuna saattavat hidastaa verkostoteknologioiden leviämistä aggregaattitasolla. Aineisto Euroopan mikrotietokone-markkinoilta vuosina 1985-1994 tukee tätä teoreettista tulosta. Tutkimuksen mukaan kahden yhteensopimattoman käyttöjärjestelmän, Applen ja MS-DOSin (sekä MS-DOSin kanssa yhteensopivien kloonien), leviämisenopeus Euroopan talouksissa on riippunut selkeästi käyttöjärjestelmien suhteellisista käyttäjämääristä.

Tutkimustulokset viittaavat kuitenkin siihen, että mikrotietokoneiden käyttäjät ovat heterogeenisiä sekä verkostoeksternaliteettien että tietokonekohtaisten teknologisten ominaisuuksien arvottamisen suhteen: Applen käyttäjämäärän kasvu suhteessa MS-DOSin käyttäjämäärään näyttää hidastaneen MS-DOSien leviämistä, mutta suhteellisilla käyttäjämäärillä ei

näytä olleen vaikutusta Apple käyttöjärjestelmien leviämiseen. Tämä tutkimustulos viittaa lisäksi siihen, että standardoinnilla ja verkostomarkkinoilla tarjottavalla tuotevariaatiolla on merkittävä vaikutus verkostoteknologioiden leviämiseen. Tutkimustulosten perusteella vaikuttaa siltä, että mikrotietokoneiden standardointi olisi johtanut niiden nopeampaan leviämiseen Euroopan tietokonemarkkinoilla. Toisaalta tuotevariaation yhteiskunnalliset hyödyt ovat huomattavia mikrotietokonemarkkinoilla. Standardointi olisi johtanut näiden hyötyjen menettämiseen ja saattanut olla virhe, koska variaation yhteiskunnalliset hyödyt kokonaisuudessaan saattavat ylittää standardoinnin yhteiskunnalliset hyödyt, jotka olisivat syntyneet tietokoneiden yhteensopivuudesta kaikkien tietokoneiden käyttäjien kesken.

Väitöskirjatyön kolmas empiirinen osio käsittelee uusien verkostoteknologioiden käyttöönottoa yrityksissä. Se mallintaa ekonometrisesti ja testaa empiirisesti kolmen toisistaan riippuvan viestintäteknologian käyttöönoton ajoitusta yrityksessä: yrityksen sisäisen sähköpostin, ulkoisen sähköpostin ja OVT:n eli organisaatioiden välisen tiedonsiirron. Ekonometrisen analyysin tarjoaa kontribuution aiempiin empiirisiin tutkimuksiin useiden teknologioiden käyttöönotosta sallimalla teknologioiden käyttöönoton ajoitusta kuvaavien muuttujien korreloituneisuuden ei-havaittavissa olevan heterogeenisuuden (unobserved heterogeneity) kautta. Empiirinen tutkimus identifioi merkittävän keskinäisen riippuvuuden yrityksen eri viestintäteknologioiden käyttöönoton ajoitusten välillä. Yrityksen teknologioiden käyttöönottopäätökset ovat voimakkaasti korreloituineita keskenään viitaten viestintäteknologioiden merkittävään keskinäiseen komplementaarisuuteen.

Väitöskirjatyön viimeisen empiirisen osion

tarkoituksena ei ole pelkästään mallintaa ja es-timoida yrityksen usean verkostoteknologian käyttöönottoon liittyvää päätöksentekoa vaan myös empiirisesti testata yrityksen omistusrakenteen merkitystä sen uuden teknologian käyttöönottopäätöksessä. Peruste tämän aiheen käsittelyyn nousee uudesta talousteoriasta, jonka mukaan yrityksen omistuksen ja johtamisen eriyttäminen, intressiritiriidat yrityksen eri tahojen välillä, epätäydellinen ja epäsymmetrinen informaatio ja sopimuskustannukset saattavat aiheuttaa agenttiongelmiä organisaatioissa ja täten merkittävästi vaikuttaa yritysten investointikäyttäytymiseen. Tutkimuksen empiiriset tulokset osoittavat, että ammattijohtajat ottavat käyttöön uusia viestintäteknologioita – erityisesti yksityisiä viestintätarpeita palvelevia teknologioita – aiemmin kuin omistajajohtajat. Nämä tulokset viittaavat siihen, että yrityksen omistusrakenteella on huomattava vaikutus yrityksen uusien verkostoteknologioiden käyttöönoton ajoitukseen ja lisäksi siihen, että selkeitä agenttiongelmiä ilmenee yrityksen omistuksen ja johdon ollessa eri tahojen käsissä.

Lisäksi empiirinen tutkimus testaa useiden yrityksen sisäisten ja ulkoisten tekijöiden merkitystä sen uusien viestintäteknologioiden käyttöönotossa. Tutkimustulokset tukevat verkostoteksternaliteetti -kirjallisuutta, joka painottaa käyttäjien keskinäisen riippuvuuden merkitystä teknologioiden leviämisessä: yritykset, jotka vaativat suuremman osan liikekumppaneistaan käyttämään uusia viestintäteknologioita ennenkuin ne itse ottavat teknologian käyttöön tapaa-vat ottaa näitä teknologioita käyttöön myöhemmin kuin muut yritykset. Empiiriset tutkimustulokset tukevat myös peliteoreettisia tutkimuksia yritysten uusien teknologioiden käyttöönotosta. Ne tarjoavat todistusaineistoa yrityksen kilpailuympäristön merkityksestä sen uusien teknologioiden käyttöönottopäätökse-

sä; markkinoiden keskittyminen näyttää nopeuttavan yrityksen viestintäteknologioiden käyttöönottoa.

Lyhyesti, väitöskirjatyö viittaa verkostoeksternaliteettien olemassaoloon ja siihen, että ne vaikuttavat sekä yrityksen tulokseen sen tuottavuudella mitattuna että yrityksen uusien verkostoteknologioiden käyttöönottopäätöksiin. Väitöskirjatyössä raportoitu tutkimus osoittaa, että verkostoeksternaliteetit vaikuttavat selkeästi taloudellisten toimijoiden uusien teknologioiden käyttöönottoa koskevaan päätöksentekoon sekä mikro- että aggregaattitasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että verkostomarkkinat voivat toimia tehottomasti ja että julkispolitiikkaa saatetaan tarvita näillä markkinoilla markkinahäiriöiden korjaamiseksi.

Tutkimustuloksilla on merkittäviä vaikutuksia uusien teknologioiden käyttöönottoa kontrolloivien teknologiapolitiikkojen soveltuvuuteen verkostoteknologioiden tapauksessa, kun markkinoita luonnehtivat verkostoeksternaliteetit. Ensinnäkin, verkostoeksternaliteettien olemassaolo markkinoilla korostaa teknologioiden yhteensopivuuden ja standardien merkitystä markkinoilla. Standardointipäätösten tekeminen on kuitenkin äärimmäisen vaikeaa käyttäjien mieltymysten vaihdellessa niin, että käyttäjät suosivat erilaisia, yhteensopimattomia tekniikoita kuten MS-DOSin ja Applen tapauksessa. Toisaalta standardointi mahdollistaa verkostoeksternaliteettien maksimihyödyntämisen, mutta toisaalta teknologioiden käyttäjät voivat kokea menettävänsä enemmän kuin hyötyvänsä täydellisestä yhteensopivuudesta kaikkien muiden teknologioiden käyttäjien kanssa standardoinnista seuraavan markkinoilla tarjolla olevien erilaisten teknologioiden valikoiman supistuessa. Tästä syystä standardointi ei ole aina parempi vaihtoehto verkostoeksternaliteettien vallitessa kuin teknologiapolitiikka, joka antaa

markkinoiden vapaasti määritellä teknologioiden yhteensopivuusasteen.

Tutkimustulokset viittavat myös siihen, että verkostoteknologioiden leviämisen ja täysimittaisen hyödyntämisen edellytyksenä on tietyn kriittisen käyttäjämäärän saavuttaminen, joka vaaditaan ennen kuin taloudellinen toimija on valmis ottamaan verkostoteknologian käyttöön. Jollei tätä tiettyä kriittistä käyttäjämäärää saavuteta jollain keinoin on mahdollista, että verkostoteknologian leviäminen pysähtyy tai hidastuu tilanteessa, jossa sen laajamittainen käyttö olisi optimaalista. Tästä syystä eräs sopeva teknologiapolitiittinen keino on tukea julkisvaroin teknologian leviämistä kunnes kriittinen käyttäjämäärä on saavutettu ja teknologia leviäminen jatkuu markkinoilla ilman tukitoimia. Käytännössä tietyn teknologian kriittisen käyttäjämäärän määrittäminen on teknologiapolitiikan päätöksentekijöille kuitenkin äärimmäisen vaikea jollei mahdoton tehtävä. Tätä tehtävää vaikeuttaa se, että päättäjien on vaikea arvioida verkostoeksternaliteeteista saatavien hyötyjen kokonaismäärää näiden hyötyjen ollessa usein epäselviä potentiaalisille käyttäjille itselleenkin ja tekniikoiden ja verkostoeksternaliteettien arvon vaihdellessa käyttäjittäin. Tarvittavan tuen kokonaismäärän ja tuen optimaalisen lopettamisajankohdan arvioiminen on täten hyvin vaikeaa.

Yritysten verkostoteknologiainvestointien suora rahallinen tukeminen ei ole välttämättä parhaaseen tulokseen johtava teknologiapolitiikka uusien tieto- ja tietoliikenneteknologioista saatavien hyötyjen riippuessa keskeisesti ei pelkästään yritysten investoinneista näihin teknologioihin vaan myös teknologiainvestointien jälkeisistä toimenpiteistä yrityksissä. Tieto- ja tietoliikenneteknologioiden täysimääräinen strateginen hyödyntäminen yrityksissä vaatii tyypillisesti pitkähkön opettelujakson eivätkä

suorat rahalliset tuet välttämättä saa aikaan uusien teknologioiden strategisen käytön suunnittelua ja henkilöstön vastaavaa koulutusta verkostoteknologioiden hyödyntämiseen yrityksissä. Yksittäisten yritysten investoinneilla verkostoteknologioiden hyödyntämiseen voi olla huomattavia kokonaistaloudellisia seuraamuksia, sillä – kuten tutkimuksen tulokset osoittavat – yksittäinen yritys verkossa vaikuttaa paitsi omaan tulokseensa myös muiden verkostoon kuuluvien yritysten toimintaan ja suoritukseen. Positiiviset tulokset liittyen SETELI:n toimialakohtaiseen verkottumisohjelmaan viittavaat siihen, että verkostoteknologioiden käyttöönoton tukemisessa hyviä tuloksia voidaan saavuttaa toimialakohtaisilla ohjelmilla, jotka paneutuvat ja tukevat toimialan yritysten strategista verkostoteknologioiden hyödyntämistä.

Tutkimuksen tulos yritysten uusien tietoli-

kennejärjestelmien käytön ajoituksen riippumisesta muista yrityksen käyttöönottamista teknologioista sekä muiden yritysten verkostoteknologioiden käyttöönotosta sisältää vielä yhden viestin teknologiapolitiikan harjoittajille. Verkostoteknologioiden käyttöönottoa tukevien teknologiapolitiikoiden suunnittelussa olisi syytä ottaa huomioon se, että tietyn teknologian leviämistä tukeva ohjelma voi vaikuttaa paitsi valitun kohdeteknologian leviämiseen myös muiden tätä teknologiaa täydentävien teknologioiden käyttöönottoon. Tätä teknologioiden leviämisen välistä riippuvuussuhdetta olisi syytä strategisesti hyödyntää suunniteltaessa ja toimeenpantaessa käytännön teknologiapolitiittisia keinoja, joiden tarkoituksena on tukea verkostoteknologioiden laajamittaista hyödyntämistä yhteiskunnassa.