

Grid-selvitys

Näkökulma tietojärjestelmien yhteiskäytön edistämiseen





Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)		Julkaisun laji	
Henry Haglund, Haglund Networks Oy		Selvitysraportti	
Matti Mäkelin, Nexec Oy		Toimeksiantaja	
		Liikenne- ja viestintäministeriö	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi			
Grid-selvitys. Näkökulma tietojärjestelmien yhteiskäytön edistämiseen			
Tiivistelmä			
<p>Työn lähtökohtana on ollut laatia yleisselvitys, joka kuvaa grid-käsitemaailmaa sekä gridin kehittymisen ja soveltamisen nykyvaihetta ja tulevaisuuskuvaa. Lisäksi raportti kuvaa gridin roolia tietoyhteiskunnan kehityksessä sekä grid-ajattelun asemaa ja etenemistä Suomessa, Euroopassa ja myös laajemmin kansainvälisesti.</p> <p>Käsitteellä grid ei ole yhtä ja ainoaa yleisesti tai virallisesti hyväksyttyä määritelmää. Gridin suomenkielisinä vastineina asiayhteydestä riippuen käytetään termejä hila, rasteri ja ritilä. Tietojärjestelmissä grid voidaan hahmottaa infrastruktuurina, johon kuuluu joukko erilaisia resursseja: mm. prosessointivoimaa, tietovarastoja, verkkoyhteyksiä ja sovelluspalveluita, joita koordinoitusti, integroidusti ja joustavasti voidaan käyttää yhteisinä voimavaroina. Raportissa esitellään tyypillisiä gridin rakenteita ja toimintamalleja sekä kuvataan gridin suhdetta eräisiin sille ajattelutavaltaan läheisiin arkkitehtuureihin kuten ASP, SOA, on-demand sekä tulevaisuuden web-arkkitehtuurit.</p> <p>Grid-rakenteita on jo pitkään sovellettu tieteen ja tutkimuksen tarpeisiin. Tutkijayhteisöt toimivat maailmanlaajuisesti verkottuneina ja käyttävät jaettuina resursseja laskenta- ja tietojen analysointitehtäviin. Raportissa kuvataan, millä tavoin grid-ajattelua on viime aikoina yhä enemmän alettu soveltaa myös muilla aloilla kuten hallinnossa, liike-elämässä sekä verkkokäyttöisten palveluiden tuottamisessa ja jakelussa. Lisäksi kuvataan grid-teknologioiden käyttöä Suomessa, pohjoismaissa, Euroopassa sekä kansainvälisesti.</p> <p>Raportti sisältää joukon suosituksia grid-ajattelun ja -teknologioiden soveltamisesta tietoyhteiskunnan tarpeisiin. Näkymiä esitellään myös gridin roolista ubiikkiyhteiskunnan palveluksessa. Erilliset liitteet kuvaavat gridin käyttöä erityisesti yritysten tietojenkäsittelyssä, sekä millä tavoin grid-ajattelu on esillä Euroopan unionin ja Euroopan komission kehittämissuunnitelmissa.</p>			
Avainsanat (asiasanat)			
Tietoverkko, verkkoarkkitehtuuri, palveluarkkitehtuuri, telepalvelut, ubiikki			
Muut tiedot			
Yhteyshenkilö LVM/Tatu Tuominen			
Sarjan nimi ja numero		ISSN	ISBN
Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 20/2006		1457-7488 (painotuote) 1795-4045 (verkkajulkaisu)	952-201-538-5 (painotuote) 952-201-539-3 (verkkajulkaisu)
Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Luottamuksellisuus
92	suomi	17 €	julkinen
Jakaja		Kustantaja	
Edita Publishing Oy		Liikenne- ja viestintäministeriö	



Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare)		Typ av publikation	
Henry Haglund, Haglund Networks Oy		Rapport	
Matti Mäkelin, NeXec Oy		Uppdragsgivare	
		Kommunikationsministeriet	
		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation			
Griddutredning. Synpunkter på sam användning av informationssystem			
Referat			
<p>Syftet med utredningen har varit att skapa en översikt om begreppet gridd samt om dess nuvarande och framtida utveckling och användning. I rapporten behandlas även griddkonceptets roll med tanke på utvecklingen av informationssamhället och dess ställning och framsteg i Finland, Europa och internationellt.</p> <p>Begreppet gridd har ingen allmänt antagen definition. Den försvenskade formen gridd härstammar från det engelska ordet grid, som närmast motsvaras av nätverk eller koordinatsystem. I informationssystem fungerar gridd som infrastruktur bestående av resurser såsom processkraft, informationskällor, nätförbindelser, tillämpningstjänster osv. Dessa kan användas koordinerat, integrerat och flexibelt som sammankopplade gemensamma systemresurser. I rapporten ges en översikt om typiska griddstrukturer och deras användningsmodeller samt en jämförelse mellan gridd och vissa andra liknande systemarkitekturer, dvs. ASP, SOA, on-demand och framtida webbarkitekturer.</p> <p>Olika griddstrukturer har redan länge använts för vetenskapliga behov och forskning. Forskare på olika håll i världen arbetar i nätverk och använder dynamiskt sammankopplade gemensamma resurser för databehandling och analysring. I utredningen beskrivs även hur gridd som begrepp under de senaste åren i allt större utsträckning har utnyttjats för andra behov inom t.ex. förvaltning, affärslivet samt produktion och distribution av webbaserade tjänster. I rapporten ingår dessutom en översikt om användningen av griddtekniker i Finland, de nordiska länderna, Europa och vissa andra länder.</p> <p>Rapporten innehåller rekommendationer om hur griddkonceptet och griddtekniker kan utnyttjas som byggelement för informationssamhället, inklusive framtidsvisioner om U-samhället som bygger på ständig uppkoppling till kommunikationsnät, oavsett tid och rum. Rapporten innehåller två bilagor: en om utnyttjandet av gridd inom affärsverksamhet och en om hur temat gridd har behandlats i utvecklingsprogram av EU och Europeiska kommissionen.</p>			
Nyckelord			
Informationsnät, nätarkitektur, tjänstarkitektur, teletjänst, U-samhälle			
Övriga uppgifter			
Kontaktperson vid ministeriet är Tatu Tuominen.			
Seriens namn och nummer		ISSN	ISBN
Kommunikationsministeriets publikationer 20/2006		1457-7488 (trycksak) 1795-4045 (nätpublikation)	952-201-538-5 (trycksak) 952-201-539-3 (nätpublikation)
Sidoantal	Språk	Pris	Sekretessgrad
92	finska	17 €	offentlig
Distribution		Förlag	
Edita Publishing Ab		Kommunikationsministeriet	



Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Henry Haglund, Haglund Networks Ltd		Type of publication Report	
Matti Mäkelin, NeXec Ltd		Assigned by Ministry of Transport and Communications	
		Date when body appointed	
Name of the publication Grid. Making better use of shared data systems			
Abstract <p>The starting point for the report has been to produce a general overview, which describes the Grid concept and the present state-of-play and future foresights of Grid - based applications. In addition, the report describes the role of Grid in the Information Society development scene and the status and migration of the Grid concept in Finland, Europe and worldwide.</p> <p>There is no single officially accepted definition for the Grid. In the Finnish language words like "hila", "rasteri" and "ritilä" have been used as Grid synonymes. In information systems environment Grid can be characterised as an infrastructure of various resources like processing power, data storages, network connections, applications services and servers, which are managed in a coordinated, integrated ja flexible manner as shared resources and entities. The report describes typical Grid structures and models, and illustrates the relation between the Grid concept and a number of other architectures like ASP, SOA, On-demand, and future Web-architectures.</p> <p>Grid based structures have been applied within scientific and research domains for long. Research communities operate through worldwide networks and shared resources for computing and data analysis. The report describes how the Grid concept has been more and more often applied for other purposes like applications for administration, private sector business and production and delivery of network based services. In addition the usage of Grid in Finland, the Nordic countries, Europe and worldwide is illustrated.</p> <p>The report includes a number of recommendations about the usage of Grid technologies for the various needs of the Information Society. Likewise views are presented about the role of the Grid in the ubiquitous future Information Society environment. The report includes two amendments, describing the specific role of Grid in the business environment, and the role and visibility of the Grid concept in the existing and future programmes of the European Union and the European Commission.</p>			
Keywords Network, network architecture, service architecture, telecommunications, ubiquitous environment nvironment			
Miscellaneous Contact person at the Ministry: Mr Tatu Tuominen			
Serial name and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 20/2006		ISSN 1457-7488 (printed version) 1795-4045 (electronic version)	ISBN 952-201-538-5 (printed version) 952-201-539-3 (electronic version)
Pages, total 92	Language Finnish	Price €17	Confidence status Public
Distributed by Edita Publishing Ltd		Published by Ministry of Transport and Communications	

ESIPUHE

Grid on käsitteenä ollut käytössä jo vuosikymmeniä. Sitä on tutkimusyhteisöissä käytetty erilaisissa tarkoituksissa kuvaamaan ajattelutapaa ja teknologioita, joiden avulla voidaan koordinoita, analysoida sekä hallinnoida monimutkaisia ilmiöitä ja prosesseja. Grid-ajattelutavan ja -teknologioiden hyväksikäytön mahdollisuus myös varsinaisen tutkimusyhteisön ulkopuolella, liiketoiminnassa ja julkishallinnossa, avaa innostavia ja haastavia näkökulmia tietoyhteiskuntakehitykseen.

Perusselvityksen Grid-käsitteestä ja sen hyödyntämisestä ovat liikenne- ja viestintäministeriön toimeksiannosta tehneet Henry Haglund Haglund Networks Oy:stä ja Matti Mäkelin Nexec Oy:stä. Kiitos tekijöille hyvin tehdystä työstä!

Selvityksessä esitetyt näkökulmat ovat kirjoittajien omia, eivätkä sellaisenaan edusta liikenne- ja viestintäministeriön virallista kantaa.

Helsingissä 7.4.2006

Neuvotteleva virkamies

Tatu Tuominen

SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO.....	1
1 YHTEENVETO.....	3
2 JOHDANTO JA TAUSTOITUS	10
2.1 Gridin käsitemaailma	10
2.1.1 Gridin määritelmällinen tausta	10
2.1.2 Gridin rakenne ja tekninen perusta.....	12
2.1.3 Gridin välineistö ja sen kehittäminen.....	15
2.1.4 Verkkovaatimukset ja kapasiteettitarve	16
2.2 Grid suhteessa eräisiin läheisiin palveluarkkitehtuureihin.....	16
2.2.1 Application Service Provision (ASP).....	16
2.2.2 Palvelulähtöinen Service Oriented Architecture (SOA)	17
2.2.3 Tarpeeseen vastaavat on - demand palvelut	17
2.2.4 Web pohjaiset palvelujärjestelmät	18
2.2.5 Yhteenveto	18
3 GRID TIETOYHTEISKUNNAN RAKENNEOSANA	20
3.1 Perusasetelma	20
3.2 Grid tutkimusyhteisön palveluksessa	21
3.3 Murtautuminen tutkimusyhteisön ulkopuolelle.....	22
3.3.1 Ajovoimia.....	22
3.3.2 Julkinen sektori	24
3.3.3 Laite- ja ohjelmistotoimittajat	27
3.3.4 Teleoperaattorit	27
3.3.5 Grid - perustainen palvelu liiketoimintana.....	29
3.3.6 Grid yrityksen ICT - voimavarana	30
3.3.7 Ubiikkiyhteiskunta ja Grid	31
4 TULEVAISUUDEN SKENAARIOITA.....	34
4.1 Grid nykytilanteen valossa	34
4.1.1 Grid käsitteenä.....	34
4.1.2 Gridin perusidean elinvoimaisuus	35
4.1.3 Grid-ajattelumallin migraatio yleiseen käyttöön.....	35
4.1.4 Gridin rooli ja merkitys mallinnuksen apuvälineenä	36
4.2 Uusia aloitteita ja foorumeja	37
4.2.1 Networked European Software and Services Initiative NESSI	37
4.2.2 Information Technology for European Advancement ITEA	38
4.2.3 European Information Society 2010	40
4.3 Skenaario käsitteiden integraatiosta	40
4.4 Yhteenveto.....	43
5 GRID MAAILMALLA.....	44
5.1 Grid Suomessa	44
5.2 Grid muualla Euroopassa.....	45
5.2.1 Pohjoismaat ja pohjoismainen yhteistyö	45
5.2.2 Muu Eurooppa.....	46

5.3	Kansainvälinen Grid-yhteistyö	49
6	SUOSITUKSIA	51
6.1	Tutkimusyhteisö	51
6.2	Julkinen hallinto ja elinkeinoelämä.....	52
LIITE 1:	GRID JA YRITYSTEN TIETOJENKÄSITTELY	55
LIITE 2:	GRID EUROOPAN KOMISSION PUITTEOHJELMISSA (IST).....	69
LYHENTEITÄ		77
LÄHTEITÄ.....		80
HAASTATTELUT		80

1 YHTEENVETO

Tämä Grid-selvitys on laadittu liikenne- ja viestintäministeriön toimeksiannosta vuosien 2005 ja 2006 taitekohdassa. Tehtävänä on ollut tuottaa yleisselvitys, joka kuvaa Grid-käsitte maailmaa sekä Gridin kehittymisen ja soveltamisen nykyvaihetta ja tulevaisuuskuva. Tehtävään on myös kuulunut selvittää Gridin roolia tietoyhteiskuntakehityksessä sekä Grid-ajattelun asemaa ja etenemistä Suomessa, Euroopassa ja myös laajemmin kansainvälisesti.

Grid-ajattelun piiriin kuuluvien ilmiöiden moninaisuus on ollut selvityksen laadinnalle haasteellinen. Työssä on jouduttu jatkuvasti tekemään kompromisseja laajuuden ja syvyyden välillä. Keskeiseksi ohjenuoraksi on muotoutunut ei niinkään yksityiskohtainen teknologiatarkastelu vaan Grideille ominainen voimavarojen ja palveluiden koordinoitun yhteiskäytön ajattelutapa ja sen eri ilmenemismuotojen esittely ajovoimiseen ja suosituksineen.

Gridin käsitteistö ja rakenne

Käsitte maailma ja määritelmät

Grid on yleiskäyttöisenä kuvaamisessa ja mallinnuksessa käytettynä käsitteenä ollut käytössä jo useita vuosikymmeniä, mutta hyvin erilaisissa tarkoituksissa. Tässä selvityksessä keskitytään Grid-käsitteen soveltamiseen tietojenkäsittelyn ja tietoliikenteen (ICT) piirissä, missä Grid toiminnallisena käsitteenä juontaa juurensa 1990-luvun alkupuolelta.

Käsitteellä Grid ei ole yhtä ja ainoaa yleisesti tai virallisesti hyväksyttyä määritelmää. Englanninkieliselle sanalle ”grid” esitetään suomenkielisinä vastineina mm. seuraavia: *hila*, *rasteri* ja *ritilä*. Asiaan on monia tulokulmia, jotka painottavat eri asioita ja käsittelevät Gridin potentiaalia hyvin erilaisissa tarkoituksissa. Yhteinen piirre on kuitenkin se, että Grid on ajattelutapa ja työkalujoukko eritellä, koordinoita, rakenteellisesti ja laskennallisesti analysoida sekä hallinnoida monimutkaisia ilmiöitä ja prosesseja.

Tietojärjestelmien ammatillisesta näkökulmasta Gridiä voi hahmottaa infrastruktuurina, johon kuuluu joukko erilaisia resursseja: prosessointivoimaa, tietovarastoja, verkkoyhteyksiä, sovelluspalveluita jne., joita koordinoitusti, integroidusti ja joustavasti voidaan käyttää yhteisinä voimavaroina.

Rakenteet ja toimintaidea

Gridin rakennetta on yleensä kuvattu kerroksisena strukturina. Rakenteesta esiintyy käytännössä lukuisia erilaisia versioita. Kuvaukset vaihtelevat riippuen siitä, mitä Gridin piirteita tai käyttökohteita halutaan esittää ja millaisesta Gridin sovellusympäristöstä kulloinkin on kysymys. Yleensä ylimmällä tasolla ovat sovellukset ja palvelut ja alimpana verkot ja laitteet. Gridin edistämä integraatio voi toteutua sekä vertikaalisesti että horisontaalisesti.

Gridin palveluidea edellyttää erityistä väliohjelmistoa (middleware), joka huolehtii resurssien saumattomasta yhteispelistä. Palvelun tulee kuitenkin näyttää käyttäjälle yksittäiseltä jakamattomalta resurssilta. Infrastruktuuri rakentuu väliohjelmiston alla nopeista runkoverkoista, tietokoneiden ryppäistä, levypalvelimista ja nauhasiiloista, jotka voivat sijaita eri puolilla maailmaa. Grid-rakenteet edellyttävät hallittua komponentisointia ja standardoituja rajapintoja.

Gridin toiminnallinen idea hajautettuine resursseineen edellyttää huomattavaa verkkokapasiteettia. Tämä vaatimus korostuu tilanteissa, joissa Grid-yhteisössä on runsaasti jäseniä, tiedon tarve edellyttää asiointia monissa eri palvelimissa ja tietoinesten jatkoprosessointia, siirrettävät tietomassat ovat suuria, ja joissa Gridin resurssipoolin tulisi kuitenkin käyttäjään päin näkyä yhtenäisenä jakamattomana nopeavasteisena resurssina.

Markkinoilla esiintyy monia Grid-ajattelulle läheisiä tietojärjestelmien rakennemalleja kuten esimerkiksi ASP (application Services Provision), SOA (Service Oriented Architecture), RTI (Real-Time Infrastructure), on-demand, sekä moninaiset web-pohjaiset järjestelmäaihiot. Grid-ajattelulle on siis kysyntää, vaikkakaan se yleensä ei suoraan kytkeydy Grid-termiin.

Grid tietoyhteiskunnan rakenneosana

Grid tutkimusyhteisön palveluksessa

Grid ajattelutapa ja siihen perustuvat sovellukset ovat toistaiseksi saaneet parhaan jalansijan tutkimusyhteisön piirissä. Syyt tähän ovat varsin ymmärrettävät ja luonnolliset. Työ toteutuu suurelta osin tutkimuslaitosten yhteistyönä ja yhteisprojekteissa, jolloin yksiköiden rajat ylittävä toimintatapa on yleinen. Eri laitosten väliset tietovarannot on yhteisössä soveltuvassa laajuudessa saatettava yhteiskäyttöisiksi ja mm. testausalustojen yhteiskäyttö on useissa tapauksissa tutkimustyön etenemisen kannalta välttämätöntä. Yhteiset resurssit ja alustat myös jouduttavat innovaatioiden ja uuden tiedon leviämistä.

Lisäksi eri laitosten välinen prosessointi- ja muu kapasiteetti on saatava kuormitusmielessä optimoitua kustannusten säästämiseksi. Huippututkimusta edustavat tutkijaryhmät toimivat maailmanlaajuisesti verkottuneina ja Grid-teknologiaa hyödynnetään enenevästi kansainvälisessä yhteistyössä.

Murtauminen muille sektoreille

Viime aikoina on myös kysytty, olisiko Grid-ajattelumalli käytettävissä varsinaisen tutkimusyhteisön ulkopuolella mm. hallinnon, opetuksen tai liiketoiminnan tarpeisiin. Ajovoimina nähdään tällöin mm. hajautetun resurssipohjan hallinta, kustannustehokkuus sekä sektorienvälisen integraation mahdollistaman lisäarvon tuottaminen.

Tavoitteena on irtautuminen perinteisestä sektorikohtaisesta silloajattelusta kohden Grid-tyyppisiä rakenteita, joissa horisontaalin integraation kautta saavutetaan parempi resurssien käytön tehokkuus ja taloudellisuus. Kyse on myös virtualisoinnista eli palvelinten, verkkojen, muistin ja sovellusten käyttöä yhtenä käyttäjälle jakautumattomana resurssivarantona.

Julkinen hallinto

Julkisen hallinnon ja julkisten palveluiden piirissä on Grid-tyyppistä ajattelua harjoitettu periaatteessa jo pitkään, tosin perinteisin menetelmin ja tekniikoin. Esimerkkeinä ovat mm. perusrekisterien yhteiskäyttö ja asiakkaille rakennetut portaalit, jotka tarjoavat ”yhteisen eteisen” laajaan ja useiden eri viranomaisten vastuulla oleviin palveluihin.

Julkiseen hallintoon kytkeytyy useita puhtaasti valtiohallinnon sekä paikallishallinnon sisäisiä toimintoja, mutta myös runsaasti liittymiä ja palveluita ulkoisten toimijoiden ja asiakkaiden kanssa. Tämä kehittämistyö nojaa arkkitehtuuriuudistuksiin ja selkeiden rajapintojen määrittelyyn siten, että järjestelmien yhteentoimivuus, kustannustehokkuus ja resurssien yhteiskäyttöaste paranevat. Samalla uskotaan päästävän parempaan asiakaspalveluun. Erityisen ajankohtainen on hyvinvoinnin ja terveydenhoidon sektori. Nämä argumentit ovat paljolti samoja, joilla Grid-arkkitehtuureja ja niiden varaan rakentuvia järjestelmämalleja perustellaan.

Laite- ja ohjelmistotoimittajat sekä teleoperaattorit

Gridin eteneminen merkitsee luonnollisesti laitteisto- ja ohjelmistotoimittajille uutta liiketoimintaa vähintäänkin silloin kun asiakkaat lähtevät laajamittaisiin Grid-laite- ja ohjelmistoinvestointeihin saavuttaakseen pitemmällä aikavälillä niitä toivottuja säästöjä tai Gridin tuottamaa tulonlisää, esimerkkinä tallennuksen virtualisointi. Moni merkittävä laite- ja ohjelmistotoimittaja on varsin näkyvästi läsnä erilaisissa kansainvälisissä Grid-yhteisöissä, seuratakseen teeman etenemistä, mutta myös voidakseen vaikuttaa siihen kun sen tarpeelliseksi kokee. Olennaista on myös se, miten järjestelmätalot omaksuvat Grid-ajattelun asiakkailleen tarjoamissa palveluissa ja mitä laite- ja ohjelmistokomponentteja niissä käytetään.

On ilmeistä, että teleoperaattorit pyrkivät laajentamaan tarjoumaansa kohden laajempia palvelukonsepteja, kuten esimerkiksi toimimaan sähköisen asioinnin kokonaisvaltaisina operaattoreina. Tällöin operaattorien kompetenssin tulisi merkittävästi laajentua kattamaan asiakaspään toiminnan logiikka ja tietojärjestelmäperusta. Kaikki tämä edellyttää, että operaattorit syventävät kykyään ymmärtää asiakkaitaan ja heidän aitoja tarpeitaan. Ilmeisesti myös perinteistä ARPU (Average Revenue per Unit) -ajattelua on tässä valossa arvioitava uudessa valossa, sillä menestymisen ja kannattavuuden mittaamiseen tarvitaan laajempaa skaalaa.

Muu liiketoiminta

Liiketoimintaympäristöt ovat yhä dynaamisempia ja tietojärjestelmien on pystyttävä reagoimaan muutos- ja uudelleenorganisointitarpeisiin nopeasti, tavallaan lennosta. Grid, ASP, SOA, Web palveluympäristöt ja vastaavat uudet ajattelutavat ja arkkitehtuurit pyrkivät edistämään tätä valmiutta ja samalla vastaamaan virtuaaliorganisaatioiden kehittymiseen: Tietojärjestelmien ja todellisen yritys ympäristön tulee sykkiä, muuntua ja kehittyä tasapainoisesti samassa tahdissa.

Liike-elämän näkökulmasta Grid voidaan nähdä infrastruktuuriin liittyvänä rakenteellisena ja komponenttiajattelua korostavana lähestymistapana, jonka ilmeinen hyöty saattaa olla tietomallien ja mallipohjaisen palvelun kehittämisessä. Grideille ominainen komponenttiajattelu ja resurssien moni- ja yhteiskäyttö antavat myös mahdollisuuden ohjelmistotyön rationointiin ja kustannussäästöihin.

Laajat globaalit infrastruktuurit voidaan helposti mieltää Grideiksi. Esimerkiksi ulkoistuspalveluissa erilaisten järjestelmäkomponenttien abstrahointi tietomalliin, niiden elinkaaren hallinta ja tällä pohjalla tapahtuva ennakoiva liiketoimintatiedon hallinta ja suorituskyvyn johtaminen ovat keskeisiä palvelun laatuun ja palveluyritysten kilpailukykyyn liittyviä tekijöitä. Usein kyse on globaalin verkoston ”orkesteroinnista” asiakastarpeiden tyydyttämiseksi kustannustehokkaasti, kyvystä tulla toimeen vaihtuvien yhteistyökumppanien kanssa sekä kyvystä ostaa ja integroida yrityksiä.

Ubiikki ja Grid

Viime aikoina tietoyhteiskuntakeskusteluun on liittynyt mukaan ubiikkiyhteiskunnan ajatusmalli, jossa ns. ubiikkistrategia nähdään seuraavana arjen tietoyhteiskunnan strategiana. Ubiikki-käsitteen taustalla on eräitä teknologioita ja niiden soveltamisen tapoja, jotka myös Grid-visioiden näkökulmasta ovat kiinnostavia ja Grid-rakenteille läheisiä.

Ubiikkiyhteiskunnassa hajallaan ja kaikkialla olevat mikroprosessorit älykkäine kommunikointirajapintoinen voivat toimia viestinvälittäjinä paitsi lläsnaoleville ihmisille ”tässä ja nyt”, myös tieto- ja impulssilähteinä, jotka ruokkivat Grid-yhteisöjen sovellusten ja palvelujen tietotarpeita. Etätunnistimien valmistus suurissa erissä yleistyy ja aleneva ”sirujen” kustannustaso avaa uusia sovellusnäkyviä.

Hajasijoitetun ”intelligenssin” yhdistetty ad-hoc lähikäyttö ja sen hyödyntäminen Grid-rakenteiden avulla laajemmissa yhteyksissä on ajatusmallina kiehtovaa, mutta ei aina ongelmattomaa mm. tietoturvan ja yksityisyyden suojan näkökulmista.

Tulevaisuuden skenaarioita

Tässä selvityksessä Gridin tulevaisuutta on pyritty hahmottamaan sekä nykytilanteen valossa että kuvaamalla muutamaa juuri kentälle ilmestynyttä kehityskulkua ja ilmiötä, joilla voi olla huomattava vaikutus Gridin tulevaisuuskuvaan.

Etenemisen edellytykset ja hidasteet

Tämä selvitys käsittelee myös Grid-ajattelun etenemisen edellytyksiä ja toisaalta hidasteita. Tarkasteluja on suotavaa tehdä erilaisista näkökulmista, jotta Gridistä ilmiönä, konseptina ja työkaluna voisi saada edes kohtuullisen kokonaiskuvan. Selvityksessä käytetyt näkökulmat ovat (1) Grid käsitteenä, (2) Gridin perusidean elinvoimaisuus, (3) Grid-ajattelumallin migraatio yleiseen käyttöön sekä (4) Gridin rooli ja merkitys mallinnuksen apuvälineenä.

Uusia aloitteita ja foorumeja

Perustellusti voidaan sanoa, että Grid-konseptin käyttöönotto tutkimusyhteisön ulkopuolella on toistaiseksi ollut laimeaa ja parhaimmillaan pistemäistä. Myös alan kaupallisten toimijoiden sitoutuminen asiaan on ollut epäyhtenäistä. Asiantilaan haetaan korjausta usealla eri rintamalla. Tässä selvityksessä lähemmin esitellyt tuoreet foorumit ja yhteistyöavaukset ovat (1) NESSI (*Networked European Software and Services Initiative*), (2) EUREKAN ITEA-ohjelma (*Information Technology for European Advancement*) sekä (3) Euroopan komission 2010 – ohjelma (*European Information Society 2010*).

Käsitteiden integraatio

Tässä selvityksessä kuvataan useita käsitteistöjä, jotka ovat läheisiä Grid-ajattelulle. Nämä käsitteistöt ovat syntyneet eri aikoina ja erilaisten ajovoimien ja taustaryhmien myötävaikutuksella. Käsitteistä on kuitenkin tullut varsin hajanainen ja osin hämmentävä. On ilmennyt tarve edistää ”käsiteintegraatiota”, jossa nämä sukulaiskäsitteet tai ajattelutavat ryhmittyvät samaan ruotuun ja yhteisten tavoitteiden taakse.

Eurooppalaisten asiantuntijoiden työryhmä NGG (*Next Generation Grids Expert Group*) ennakoi, että yhä useammin tietojärjestelmät tulevat rakentumaan dynaamisesti allokoituvalla heterogeeniselle joukolle palvelukomponentteja (*utilities*), joilla voi olla eri toimittajia, joissa on mahdollisesti käytetty hyvinkin erilaisia teknologioita ja ohjelmistotyökaluja, ja joiden käytettävyys perustuu standardoituihin rajapintoihin.

Nämä palvelut ovat tulevaisuuden Grid-järjestelmäresurssien virtuaalisia rakenneosia. Vision nimeksi on annettu SOKU (*Service Oriented Knowledge Utilities*), joka esitellään uutena palveluvälityksen ja sitä tukevan ohjelmistoinfrastruktuurin paradigmana.

Grid maailmalla

Tässä selvityksessä luodaan läpäisyperiaatteella katsaus Gridin näkymään maailmalla. Katsaus voi luonnollisesti olla vain otosluonteinen, mutta pyrkii nostamaan esiin näkymiä, jotka ovat kiinnostavia suomalaisesta näkökulmasta tai ovat kansainvälisesti merkittäviä esimerkkejä Grid-prosesseista tai Gridin soveltamisesta.

Grid Suomessa

Suomessa on Grid-tutkimuksesta ja soveltamisesta tieteellis-teknisessä ympäristössä huomattavaa volyyymia ja kokemusta. Merkittäviä suomalaisia toimijatahoja ovat mm. Fysiikan tutkimuslaitos (HIP), Helsinki Institute of Information Technology (HIIT). Tieteen tietotekniikan keskus (CSC) sekä VTT.

Esimerkkejä keskeisistä suomalaisista Grid-hankkeista ovat materiaalitutkimuksen kansallinen Grid-infrastruktuuri (M-grid), NetGest (Network Identity, Grid enabled Service and Trust Networks), sekä NetGate (Network Identity, Grid Services Access and Telecom Enabled Provisioning). Grid-teknologia nähdään keskeisenä kansallisen tutkimuksen menestystekijänä tulevaisuudessa, mitä opetusministeriön Grid-strategiatyöryhmä painottaa väliraportissaan.

Lisäksi nähdään, että Suomessa on test-bed - intensiivisiä hankkeita, joissa Grid-pohjaisilla palveluilla voisi olla hyvä sija yhteisötyökaluna. Gridin käyttö usean osapuolen yhteisissä testausalustoissa nähdään myös erinomaisena teknologian siirron välineenä.

Pohjoismaat ja pohjoismainen yhteistyö

Suomen tapaan myös muissa pohjoismaissa on sekä kansallisen mittakaavan että sektorikohtaisia omia Grid-verkostoja kuten *Swegrid* Ruotsissa, *Dansk Center for Grid Computing* Tanskassa sekä *NORGrid* Norjassa.

Kansallisten verkostojen rakentamisen lisäksi harjoitetaan pohjoismaista yhteistyötä verkottamalla sopimus pohjaisesti yhteen kansallisia Grid-verkostoja. *Nordic Data Grid Facility -projekti (NDGF)*, joka on pohjoismaisten tiedeneuvostojen hanke, rakentaa pohjoismaista grid-infrastruktuuria. Projektin ensimmäinen vaihe vv. 2003–2005 on rahoitettu pohjoismaisena yhteistyönä.

Pohjoismaista yhteistyötä edustaa myös *NorduGrid-projekti*, jossa on kehitetty pohjoismaissa käytettyä väliohjelmistoa (*Advance Resource Connector, ARC*) sekä *NORDUnet*, joka huolehtii Pohjoismaiden tutkimusverkkojen välisestä tiedonsiirtoverkosta ja yhteyksistä kansainväliseen akateemiseen ja kaupalliseen Internet-verkkoon.

Muu Eurooppa

Eurooppalaisten tai eurooppalaisvetoisten Grid-hankkeiden kirjo on suuri niin taustaltaan kuin sisällöltään ja tavoitteiltaan. Osa hankkeista ja toimivista Grideistä on kansallisia, osa puolestaan monikansallisia tähdäten suoraan kansainväliseen yhteistyöhön ja sen voimistamiseen. Useissa hankkeissa taustalla on Euroopan Unionin taloudellinen tuki, joka puolestaan kanavoituu toimijoille EU:n eri yksiköiden, eri kehittämisohjelmien ja useiden eri rahoitusinstrumenttien kautta.

Tehdyt selvitykset vahvistavat oletusta, jonka mukaan Grid-konsepti ja käsitteistö on vielä, ainakin eurooppalaisessa yritys ympäristössä vieras käsite, vaikka toisaalta tietojenkäsittelyn arkkitehtuurien uusiminen on varsin näkyvä ja ajankohtainen puheenaihe.

Vaikka Euroopasta löytyy joitakin esimerkkejä siitä, miten Grid on saavuttanut näkyvyyttä, vaikuttaa kuitenkin siltä, että Grid-käsitteistön viljely on hyvin sattumanvaraista ja riippuvaista siitä, minkä terminologian ja käsitteistön kulloisetkin avainhenkilöt ovat ottaneet käyttöön. Järjestelmäkehityksen maisema jakaantuu käsitteellisiin koulukuntiin.

Kansainvälinen Grid-yhteistyö

Maailmassa on meneillään satoja Grid-henkisiä projekteja. Osa niistä keskittyy ohjelmistoapuvälineisiin, jotkut tähtäävät tieteellisiin sovelluksiin ja osa keskittyy verkkojen optimointiin Grid-verkoston tarpeisiin. Lisäksi on heräämässä selvittelyä siitä, mikä kaiken kaikkiaan voi olla Grid-konseptin käytettävyys yhteiskunnan eri lohkoilla tietojärjestelmissä ja tietotekniikalla tuetuissa palveluissa.

Huomattava osa hankkeista on kansainvälisiä jo luonnostaan, pyrkiihän Grid-konsepti tuomaan tieto-, prosessointi- ja palveluresursseja yhteiseen rajat ylittävään käyttöön. Tässä mielessä uusin alan tieto leviää teemasta kiinnostuneiden keskuudessa varsin nopeasti yli koko maapallon.

Koko maailman osalta keskeinen Grid-toimija on Global Grid Forum (GGF). Grid-tekniikan osalta huomattavia voimakkaita ja siihen investoivia maita ovat Euroopan ulkopuolelta ainakin Yhdysvallat, Japani ja Korea. Myös Kiina on osoittanut kasvavaa kiinnostusta osallistua kansainväliseen Grid-yhteistyöhön. Tämä näkyy mm. EU:n ja Kiinan yhteistyöohjelmissä sekä yksityisellä sektorilla.

Suosituksia

Edellä on useassa yhteydessä kuvattu Grid-ilmiön moninaisuutta ja sen monia eri ulottuvuuksia. Gridin moni-ilmeisyys ja laaja-alaisuus heijastuu myös niihin suosituksiin, joita tässä selvityksessä on koottu lukuun 6. Suositusten valinnassa taustalla on kantavana periaatteena Gridin käsitteeseen liittyvä ajattelu, ei niinkään Grid itseisarvollisena erikseen nimettynä käsitteenä tai akronyymina.

Lisäksi moni suositus on luonteeltaan sellainen, että sitä ei voi kohdentaa vain yhdelle osapuolelle tai taholle, vaan pikemminkin kyse on asioista, joita pitäisi edistää yksissä tuumin yhteistoimintafoorumien avulla. Kyse on strategisesti merkittävien tietoteknisten infrastruktuurien kehittämisestä sekä vertikaalisesti että erityisesti horisontaalisen integraation keinoin.

Gridin käsitemaailman ja luonteen vuoksi suosituksia on itse asiassa vaikeata rakentaa Gridin sisältä päin. Hedelmällisin tie olisi se, jossa eri sektoreiden kehittämisessä, linjauksia tehtäessä ja toimenpideohjelmia valmisteltaessa, Gridin potentiaali tunnettaisiin, otettaisiin tarkoituksemukaisella tavalla ja laajuudessa huomioon ja sen rooli ja tehtävä valjastettaisiin ajattelutavaksi ja työkaluksi sektorikohtaisiin suosituksiin.

Yleistä

Selvitykseen on tuotettu kaksi teemakohtaista syventävää liitettä:

Liite 1 GRID JA YRITYSTEN TIETOJENKÄSITTELY

Liite 2 GRID EUROOPAN KOMISSION PUITEOHJELMISSA (IST)

Selvitys sisältää huomattavan joukon englanninkielisiä termejä ja lainauksia. Niitä ei kaikkia ole alueen vakiintumattoman terminologian vuoksi lähdetty mielivaltaisesti suomentamaan, jotta alkuperäisessä lähteessä ilmaistut ideat, ajatukset ja painotukset erilaisine sävyineen eivät muuntuisi.

2 JOHDANTO JA TAUSTOITUS

2.1 Gridin käsitemaailma

2.1.1 Gridin määritelmällinen tausta

Grid on yleiskäyttöisenä kuvaamisessa ja mallinnuksessa käytettynä käsitteenä ollut käytössä jo useita vuosikymmeniä, mutta hyvin erilaisissa tarkoituksissa.

Grid termi esiintyy usein *tarkastelukehikkona*, jossa seurattavia tai kehitettäviä asioita luokitellaan, yritysympäristössä esimerkiksi johtamisessa suoriutumisen onnistuneisuutta akselilla erittäin heikko, heikko, tyydyttävä, hyvin tyydyttävä, hyvä ja erinomainen (*Performance Management Evaluation Grid*). Tyypillisiä esimerkkejä ovat mm. asioiden tärkeyden ja kiireellisyyden luokitus (*Time Management Grid*) sekä laadun ja kustannusten yhteensovitus (*Quality Management Grid*). Tarkastelu toteutuu yleensä kaksikulotteisena (Grid-)taulukkona. Varsin tunnettu on liikkeenjohdon Grid (*Management Grid*), jonka menetelmällisiä edistäjiä ovat erityisesti olleet R. Blake ja J. Mouton¹. Siinä suhteutetaan toisiinsa tehtävä- ja ihmiskeskeisyyttä johtamisessa ja päädytään tasapainoisen ryhmätyökäytännön erinomaisuuteen. Tällöin katsotaan saavutettavan paras mahdollinen työtyytyväisyyden ja työn tehokkuuden taso eikä konflikteja esiinny. Tätä menetelmää on myös Suomessa käytetty varsin yleisesti jo 1970-luvulla².

Yksinkertaisimmillaan Grid esiintyy *ruudukkona*, jota voidaan käyttää mm tilasuunnittelun piirustus pohjana (*moduuliruudukko*), kilpa-autoilussa lähtöruudukkona (*starting grid*), tai ruudukolla voidaan peittää maantieteellisiä alueita ja suorittaa paikannukseen perustuvia selvityksiä, mm. kasvistoanalyysia (*ruutuperustainen havaintotietokanta*, esitystapa esim. Grid 27°E: 6740:359)³. Grid-käsite on ollut vuosikymmeniä käytössä *sähkönjakeluverkkojen* (*power supply grids*) yhteydessä, missä on mallinnettu, optimoitu ja harjoitettu energiansiirtoa laskemalla eri jakelutievaihtoehtojen edullisuuksia eri kuormitustilanteissa. *Fingrid* on Suomen valtakunnallinen kantaverkko, joka vastaa päävoimansiirtoverkosta ja myy energiaa sähkömarkkinaosapuolille.

Tässä raportissa keskitytään Grid-käsitteen soveltamiseen tietojenkäsittelyn ja tietoliikenteen (ICT) piirissä, missä Grid toiminnallisena käsitteenä juontaa juurensa 1990-luvun alkupuolelta. Tällöin lähdettiin visioimaan ja luomaan voimakkaiden tietokoneiden verkostoja ja testialustoja, mm. CASA⁴, lähinnä Yhdysvalloissa. Tällöin käsitettä Grid ei vielä oltu varsinaisesti lanseerattu ICT-sektorilla, vaan käsite vakiintui terminologian valtavirtaan vasta myöhemmin, tarkemmin vuoden 1998 vaiheilla, jolloin Global Grid Forum⁵ sai alkunsa ja jolloin alan pioneerivaiheen perusteos julkaistiin⁶.

¹ Ks. Esimerkiksi www.chartwell-learn.co.uk/theories.html, jossa Management Grid on esitelty eräänä käyttäytymistieteellisenä tarkastelu- ja toiminnan kehittämisen kehikkona.

² Oy Mec-Rastor Ab

³ Lutukka 4/2005, ISSN 0782-050X, Kasvimuseo / Luonnontieteellinen Keskusmuseo

⁴ Lyster, P., Bergman, L., Li, P., Stanfill, D., Crippe, B., Blom, R., and Okaya, D.: CASA Gigabit Supercomputing Network: CALCRUST Three-Dimensional Real-Time Multi-Dataset Rendering, In Proc. Supercomputing '92, Minneapolis 1992.

⁵ www.gridforum.org

⁶ Foster, I., Kesselman, C. The Grid: Blueprint for a Future Computing Infrastructure. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 1998.

Grid käsitteellä ei ole yhtä ja ainoaa yleisesti tai virallisesti hyväksyttyä määritelmää. Englanninkieliselle sanalle ”grid” esitetään suomenkielisinä vastineina mm. seuraavia: *hila, rasteri ja ritilä*. Suomessa ainakin tutkimusyhteisöissä on Gridistä alettu käyttää termiä ”ritilä”, vastaavasti Grid-laskenta on ”ritilälaskentaa”. Asiaan on monia tulokulmia, jotka painottavat eri asioita ja käsittelevät Gridin potentiaalia hyvin erilaisissa tarkoituksissa. *Yhteinen piirre on kuitenkin se, että Grid on ajattelutapa ja työkalujoukko eritellä, koordinoita, analysoida sekä hallinnoida monimutkaisia ilmiöitä ja prosesseja.*

Seuraava taulukko kokoaa ICT-sektorin kirjallisuudesta eräitä Grid-luonnehdintoja. Useissa niistä Grid nähdään metasysteeminä:

“A Grid is a system that coordinates resources that are not subject to a centralized control using standard, open, general-purpose protocols and interfaces to deliver nontrivial qualities of service” ⁷	“Metasystem is a wide-area environment in which users operate transparently, consisting in workstations, PCs, graphics-rendering engines, supercomputers and nontraditional computing devices such as televisions” ⁸
“A metasystem is a system composed of heterogeneous hosts (both parallel processors and conventional architectures), possibly controlled by separate organizational entities, and connected by an irregular interconnection network” ⁹	“Networked virtual supercomputers, or metacomputers, are execution environments in which high-speed networks are used to connect supercomputers, databases, scientific instruments, and advanced display devices, perhaps located at geographically distributed sites” ¹⁰
“The National Computational Science Alliance calls its prototype infrastructure the National Technology Grid, a name derived from the notion of the electrical power grid that transformed the U.S., and indeed the world, during the past century” ¹¹	“Computational grids are large-scale high-performance distributed computing environments that provide dependable, consistent, and pervasive access to high-end computational resources” ¹²
“The real and specific problem that underlies the Grid concept is coordinated resource sharing and problem solving in dynamic, multiinstitutional virtual organizations” ¹³	“A computational grid is a hardware and software infrastructure that provides dependable, consistent, pervasive, and inexpensive access to high-end computational capabilities” ¹⁴
“A distributed network computing (NC) system is a virtual computer formed by a networked set of heterogeneous machines that agree to share their local resources with each other. A Grid is a very large scale, generalized distributed NC system that can scale to Internet-size environments with machines distributed across multiple organizations and administrative domains” ¹⁵	“Grid technologies and infrastructure support the sharing and coordinated use of diverse resources in dynamic, distributed virtual organizations - that is, the creation, from geographically distributed components operated by distinct organizations with differing policies, of virtual computing systems that are sufficiently integrated to deliver the desired QoS” ¹⁶

⁷ Grimshaw, A. What is a Grid? *Grid Today*, 1(26), 2002

⁸ Grimshaw, A., Wulf, W. The Legion Vision of a Worldwide Virtual Computer, *Comm. of the ACM*, 40(1):39-47, 1997.

⁹ Grimshaw, A., Weissman, J., West, E., Loyot Jr., E., Metasystems: An Approach Combining Parallel Processing and Distributed Heterogeneous Computing System. *Parallel and Distributed Computing*, 21(3):257-270, 1994.

¹⁰ Foster, I., Kesselman, C. Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit. *Int. J. Supercomp. App.*, 11(2):115-128, 1997.

¹¹ Stevens, R., Woodward, p., DeFanti, T., Catlett, C. From the I-WAY to the National Technology Grid. *Comm. of the ACM*, 40(11):50-60, 1997

¹² Foster, I., Kesselman, C. The Globus Project: A Status Report. In *Proc. IPPS/SPDP'98 Workshop on Heterogeneous Computing*, pp. 4-18, 1998

¹³ Foster, I., Kesselman, C., Tuecke, S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organisations. *Int. J. Supercomp. App.*, 15(3):200-222, 2001.

¹⁴ Foster, I. *Computational Grids*, pp. 15-52. Sisältyy alaviitteellä 3 merkittävään lähteeseen

¹⁵ Krauter, K., Buyyn, R., Maheswaran, M. A Taxonomy and Survey of Grid Resource Management Systems for Distributed Computing. *Int. J. of Software Practice and Experience*, 32(2): 135-164, 2002.

¹⁶ Foster, I., Kesselman, C., Nick, J., Tuecke, S. Grid Services for Distributed System Integration. *Computer*, 35(6):37-46, 2002.

Kaiken kattava määritelmä olisi ilmeisesti tasapainoinen yhdelmä edellisistä erilaisista Gridin luonnetta kuvaavista tekijöistä. Näin on eri tahoilla pyritty tekemään, ja tältä pohjalta rakentaen seuraava kuvaus toiminee kohtuullisena esimerkkinä ”integroivasta” Grid -määrittelystä – tosin laaja-alaisuus ja pituus toisaalta syövät määritelmällistä fokusta:

*”a large-scale geographically distributed hardware and software infrastructure composed of heterogeneous networked resources owned and shared by multiple administrative organisations which are coordinated to provide transparent, dependable, pervasive and consistent computing support to a wide range of applications. These applications can perform either distributed computing, high throughput computing, on-demand computing, data-intensive computing, collaborative computing or multimedia computing”.*¹⁷

Määrittely antaa runsaasti liikkumavaraa eri suuntiin ja sallii hyvin monenlaisten Gridien teoreettisen konstruoinnin ja hyvin erilaisten hajautettuun tietojenkäsittelyyn perustuvien tietosysteemien lukemisen Gridin piiriin. Tämä antaa vapauksia Grid-käsitteen soveltamisessa ja käytössä mutta samalla myös sumentaa itse käsitettä.

Euroopan komission kuudennen tutkimuksen ja kehityksen puiteohjelman yhteydessä mainitaan erityisesti suuren mittakaavan hajautetut järjestelmät ja tutkimusalustat, kuten Grid (*Global Resource Information Database*)-pohjaiset järjestelmät, joiden avulla voidaan löytää toimivia ratkaisuja monimutkaisiin ongelmiin esimerkiksi ympäristönsuojelun, energiatalouden, terveydenhuollon, liikenteen ja teollisen suunnittelun alalla. Tässä Grid käsite esiintyy asiaa kuvaavana *akronyymina*, siis aivan eri merkityksessä kuin edellä, missä Grid on nähty rakenteellisena terminä ja elementtinä (hila, rasteri jne.).

Luonnon monimuotoisuuden suojelussa ja kestävässä käytössä on tärkeää jo olemassa olevan monimuotoisuustiedon kokoaminen ja tiedon saatavuuden parantaminen. Lukuisat kansainväliset yhteisöt keräävät, tallentavat ja jakavat tietoa biodiversiteettikysymyksistä ”*Grid-hengessä*” painottaen tietovarantoresurssien ylikansallisen hallinnan ja hyödyntämisen tarvetta. Tällaisia ovat mm. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), International Council of Scientific Unions’n (ICSU) alainen tieteellinen komitea CODATA ja EU:n European Environment Agency (EEA). Kotieläimistä on tietokanta (The Global Bank for Farm Animal Genetic Resources) FAO:ssa, joka myös koordinoi kotieläinten geenivarojen globaaliohjelmaa. UNEP:n ylläpitämä Grid (*Global Resource Information Database*) - tietokanta tarjoaa ajan tasalla olevaa paikkatietoa mm. päätöksenteon tueksi.

2.1.2 Gridin rakenne ja tekninen perusta

Gridin rakennetta on yleensä kuvattu kerroksisena struktuurina. Rakenteesta esiintyy käytännössä lukuisia erilaisia versioita. Kuvaukset vaihtelevat riippuen siitä, mitä Gridin piirteitä tai käyttökohteita halutaan esittää ja millaisesta Gridin sovellusympäristöstä kulloinkin on kysymys. Yleensä ylimmällä tasolla ovat sovellukset ja palvelut ja alimpana verkot ja laitteet.

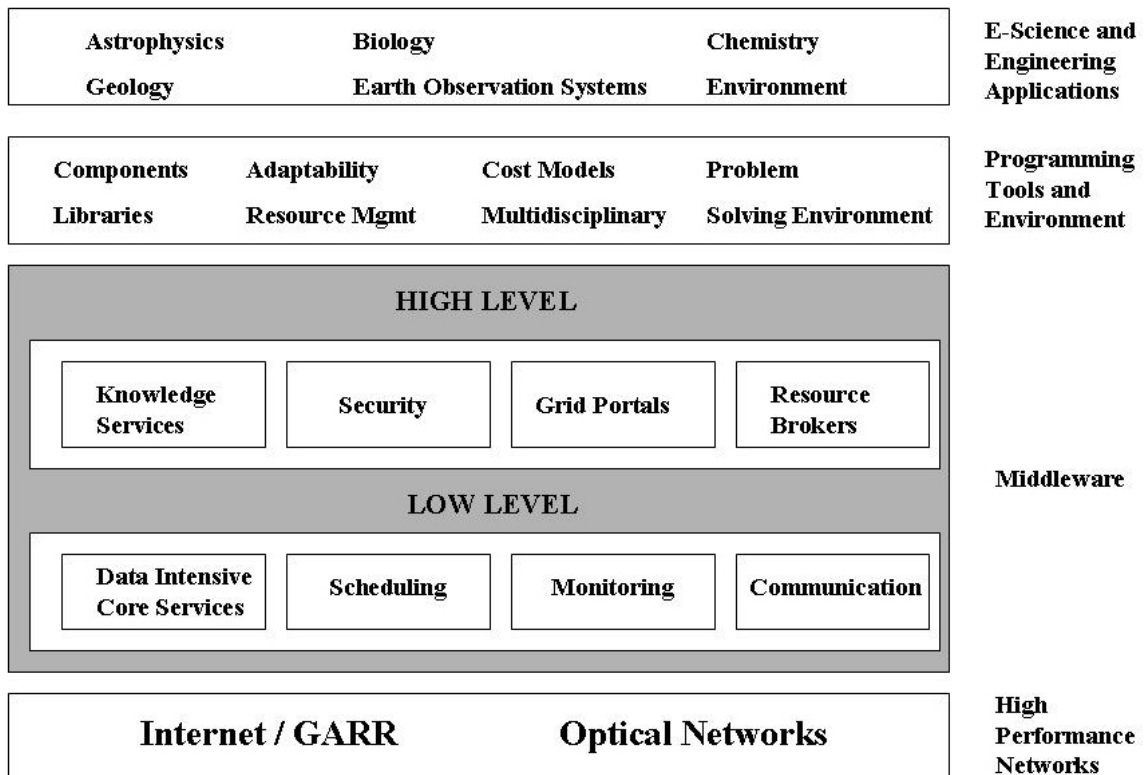
Seuraavassa kuvataan kaksi rinnakkaista Grid-rakenteen esitystapaa, jotka Sveitsissä sijaitseva hiukkastutkimuslaitos CERN käyttää Grid-käsitteen havainnollistamiseen¹⁸:

¹⁷ Miguel L. Bote-Lorenzo, Yannis A. Dimitriadis, and Eduardo Gomez-Sanchez: Grid Characteristics and Uses: A Grid Definition, First European Across Grids Conference (ACG '03).

¹⁸ <http://gridcafe.web.cern.ch/gridcafe/gridatwork/architecture.html>

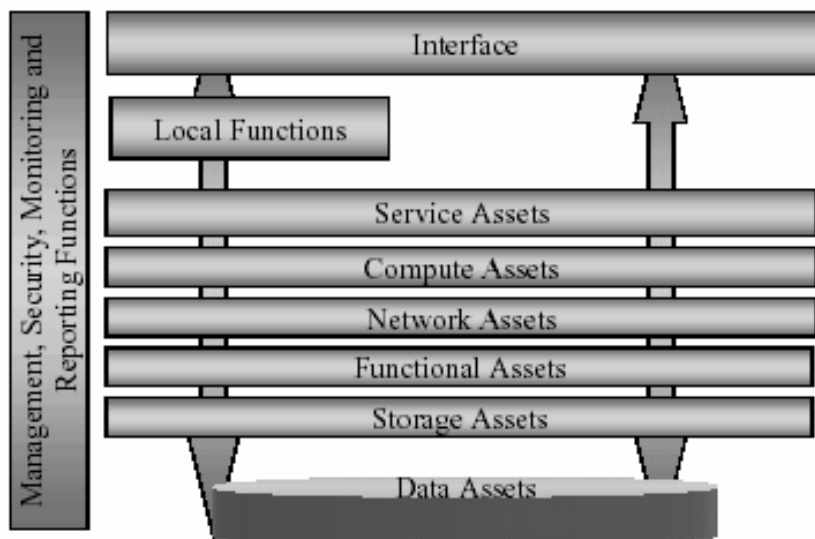
Kuvaustapa A	Kuvaustapa B
Selite	Selite
<p>Network Layer Verkot, joiden avulla ollaan yhteydessä Gridin piirissä oleviin resursseihin.</p> <p>Resources Layer Varsinaiset Gridin sisältämät resurssit kuten tietokoneet, tietovarastot, tieto/koodiluetelot ja mahdolliset fyysiset instrumentit.</p> <p>Middleware Layer Väliohjelmistot, joiden avulla eri elementit pystyvät toimimaan osana Grid-kokonaisuutta. Ei näy käyttäjälle (user embedded).</p> <p>Application and Serviceware Layer Varsinaiset sovellukset ja portaalit eli Gridin piiriin sijoitettu tietämys ja palvelut, jotka näkyvät Gridin käyttäjille. Sisältää myös käyttöseurannan ja tarvittaessa laskutustietojen keruun.</p>	<p>Fabric Layer Kaikki fyysiseen infrastruktuuriin liittyvä kattaen sekä verkot että laitteet.</p> <p>Resource and Connectivity Protocols Rutiinit, joiden avulla hallinnoidaan ja toteutetaan viestiliikenne sisältäen identifioinnin ja valtuustarkistukset (osa "middleware" kokonaisuutta).</p> <p>Collective Services Grid:n resurssien tilamonitorointi ja resurssien käytön hallinta (information and management protocols) (osa "middleware" kokonaisuutta).</p> <p>Application Layer Varsinaiset sovellukset ja portaalit eli Gridin piiriin sijoitettu tietämys ja palvelut, jotka näkyvät Gridin käyttäjille. Sisältää myös käyttöseurannan ja tarvittaessa laskutustietojen keruun.</p>

Esimerkkinä tapauskohtaisesta tekniikkapainotteisesta Grid-rakennekuvauksesta on laajan Italian hallituksen rahoittaman *Grid.it – projektin* käyttämä kuvaus. Projekti kehittää Grid-pohjaisen palvelualustan tekniikoita ja käytäntöjä. Tämä projekti kuvaa työkohteensa ja -ympäristönsä kerrosrakennetta seuraavalla tavalla:



Huom. Kaaviossa esiintyvä GARR on Italian tiede- ja tutkimusyhteisön yhteinen nopea Internet-verkko.

Toinen kuvaustapaesimerkki on lähempänä hallintoa ja liiketoimintaa¹⁹. Siinä esitellään resursseja voimavaroina (*assets*), jotka sijoittuvat käyttöliittymän (*interface*) ja tietovarantojen (*data assets*) väliin:



Esimerkit havainnollistavat niitä monia erilaisia näkökulmia, joiden avulla Grid-käsitettä voidaan lähestyä ja kuvata.

¹⁹ Business Grid Computing, Quocirca Report October 2003

Gridin palveluidea edellyttää erityistä *väliohjelmistoa* (middleware), joka huolehtii resurssien saumattomasta yhteispelistä. Palvelun tulee kuitenkin näyttää käyttäjälle yksittäiseltä jakamatomalta resurssilta. Infrastruktuuri rakentuu väliohjelmiston alla nopeista runkoverkoista, tietokoneiden ryppäistä, levypalvelimista ja nauhasiiloista, jotka voivat sijaita eri puolilla maailmaa²⁰.

Kansainvälisen Grid-kehitysyhteistyön ytimenä on avoin joukko standardeja ja protokollia, joita kutsutaan lyhenteellä OGSA (*Open Grid Services Architecture*) ja jotka mahdollistavat liikennöinnin heterogeenisten hajautettujen tietojärjestelmäympäristöjen välillä²¹. Perustana ovat OGSi (*Open Grid Services Infrastructure*) määritykset ja mallinnus.

2.1.3 Gridin välineistö ja sen kehittäminen

Keskeinen Grid-järjestelmien toteutuksen apuväline on *Globus Toolkit*, jota kehittää Globus Alliance – yhteisö²² Global Grid Forumin²³ kanssa yhteistyössä ”linux-prosessin” hengessä avoimeen koodiin perustuen:

”The Globus Toolkit has grown through an open-source strategy similar to the Linux operating system's, and distinct from proprietary attempts at resource-sharing software. This encourages broader, more rapid adoption and leads to greater technical innovation, as the open-source community provides continual enhancements to the product”. The toolkit includes software for security, information infrastructure, resource management, data management, communication, fault detection, and portability. It is packaged as a set of components that can be used either independently or together to develop applications”.

Globus Alliance yhteisön toiminta keskittyy voimakkaimmin seuraaviin tutkimus- ja kehittämiskeskukseen: Argonne National Laboratory, University of Southern California/Information Sciences Institute, University of Chicago, University of Edinburgh, Swedish Center for Parallel Computers sekä The National Center for Supercomputing Applications (NCSA).

Globus Consortium puolestaan edistää vapaaseen koodiin perustuvan Grid-tekniikan käyttöönottoa yritysympäristöissä²⁴. Konsortion merkittäviä tahoja ovat IBM, Intel, Hewlett-Packard sekä Sun Microsystems. Myös Microsoft on ilmaissut tukevansa asiaa.

Globus Toolkit välineistö noudattaa Global Grid Forumin OGSA arkkitehtuuria ja WSRF (Web Services Resource Framework) standardistoa²⁵, jonka kehittäminen tapahtuu OASIS (Organisation for the Advancement of Structured Information Standards) – yhteistyön puitteissa²⁶.

On myös etsitty uusia menetelmiä, mm. objektiiohjelmoinnin keinoin, joilla voidaan toteuttaa ohjelmistollisesti niitä tehtäviä, joita Globus Toolkit suorittaa, mutta käyttäjäystävällisempiin käyttöliittymiin ja helpompaan ohjelmitavuuteen pyrkien.

²⁰ Helsingin yliopisto, lehdistötiedote 20.05.2005/Minna Meriläinen

²¹ www.globus.org/ogsa/

²² www.globus.org/alliance/about.php

²³ www.ggf.org

²⁴ www.globusconsortium.org

²⁵ <http://looselycoupled.com/glossary/WSRF>

²⁶ www.oasis-open.org/who/

2.1.4 Verkkovaatimukset ja kapasiteettitarve

Gridin toiminnallinen idea hajautettuine resursseineen ja niiden on-demand – tyyppisine käyttötapoineen edellyttää huomattavaa verkkokapasiteettia. Tämä vaatimus korostuu tilanteissa, joissa Grid-yhteisössä on runsaasti jäseniä, tiedon tarve edellyttää asiointia monissa eri palvelimissa ja tietoinesten jatkoprosessointia, siirrettävät tietomassat ovat suuria, ja joissa Gridin resurssipoolin tulisi kuitenkin käyttäjään päin näkyä yhtenäisenä jakamattomana nopeavasteisena resurssina.

Tällä hetkellä suuren läpimenokapasiteetin vaativissa tutkimusta palvelevissa Grid-järjestelmissä käytetään korkean suorituskyvyn verkkoja, kuten yhteiseurooppalainen hanke *GEANT*²⁷ tai *UK SuperJanet network*, joiden runkoverkko (*backbone*) ylittää 10 Gbps tasoon ja joihin verkon solmut kuten tutkimuslaitokset kytkeytyvät esimerkiksi 1 Gbps linkein. Varsinaiset käyttäjät (tässä erityisesti tutkijat) työasemineen puolestaan toimivat solmujen piirissä 10 – 100 Mbps verkkoyhteyksin. Liikkuvia tutkijoita palvelemaan ollaan rakentamassa verkkovierailupalveluita, esim. Euroopassa *Eduroam (Education Roaming)*²⁸.

On odotettavissa, että nopeudet tulevat tulevaisuudessa tästä entisestään kasvamaan ja sama toistuu liike-elämää palvelevissa vastaavissa verkkorakenteissa. Ajatellen Grid-pohjaisten järjestelmien yleistymistä yritys ympäristössä ja kansalaisille suunnatuissa palveluissa, yhteyksien kapasiteettivaatimukset ovat tärkeässä asemassa. Laajakaistastrategian toimeenpanossa on hyvä muistaa ottaa nämä näköjohdat huomioon. Liikenne- ja viestintäministeriön syksyn 2005 tiedotteessa²⁹ korostetaan seuraavien sukupolvien verkkojen käyttöönoton vauhdittamista laajakaistapolitiikassa, mikä luo edellytyksiä Grid-pohjaisten palvelujärjestelmien synnylle.

2.2 Grid suhteessa eräisiin läheisiin palveluarkkitehtuureihin

2.2.1 Application Service Provision (ASP)

Application Service Provision (ASP) on toimintatapa, joka mahdollistaa tietojenkäsittelypalvelujen, lähinnä sovellusten käytön ulkoisena palveluna. Palvelun käyttäjä sopii palvelun tarjoajan, *Application Service Provider* (josta myös käytetään akronyymia ASP), kanssa palvelun laajuudesta ja tasosta ja käyttö tapahtuu tyypillisesti IP-pohjaisen verkon välityksellä.

Kun perinteinen ASP ”one-to-many” monistusperiaate sijoitetaan Grid-ympäristöön, on tavoitteena parantaa palvelukonseptien joustavuutta tuomalla kuvaan mukaan Gridille ominaisia hajautuksen ja dynamiikan mahdollisuuksia, kuten korostettu on-demand ominaisuus. On luotu näkymä uuteen ASP:hen, ”GRASP:iin”, jossa aikaisemmat ASP-palvelut näkyvät uusiutuneina ja laadukkaampina Grid-palveluina³⁰:

²⁷ <http://www.geant2.net/>

²⁸ Eduroam, providing mobility for roaming users, Florio, L. (TERENA), Wierenga, K. (SURFnet).

²⁹ Laajakaistainfo.fi / Tiedote 27.10.2005

³⁰ GRASP-projekti, www.eu-grasp.net

Business Model	Opportunity	Procedure
Grid User	Reduce costs	Buy necessary services and computing powers on demand and reduce your fix costs by reducing the infrastructure
Grid Enabler	Offer services you couldn't offer usually or only with a bad price. Create new or enhanced products you were not able to provide before	Look for suitable grid services and act as reseller or orchestrate existing grid services and provide a new service
Grid Service Provider	Act as component supplier for grid service consumers. That means act as Grid Service Provider GSP not as an ASP. Create Grid services that range between domain independent basic services and highly specialized business process parts	Develop grid services and make them accessible through the common grid interfaces

Tällöin palvelun laatua ja erityisesti yksilöllisyyttä halutaan korostaa ja palvelu nähdään *Grid Service Provision* (GSP) lähtöisenä. GRASP – näkökulmaan palataan lähemmin yhteenvedossa kohdassa 2.2.5.

2.2.2 Palvelulähtöinen Service Oriented Architecture (SOA)

Service-oriented architecture (SOA) on periaate, jossa palvelut kuvataan ja organisoidaan siten, että niitä voidaan paikallistaa ja käyttää dynaamisesti eri käyttötilanteissa sen mukaan, mikä on käyttäjän tarve. Mekanismi perustuu seuraaviin periaatteisiin:

- *Palveluiden tarjoajat* kuvaavat palvelunsa ja tuovat ne järjestelmän piiriin;
- *Palveluiden välittäjät* (brokers) rekisteröivät ja luokittelevat palvelut sekä luovat niille hakumekanismi; kuhunkin palveluun liitetään konekielinen, yleensä XML-pohjainen kuvaus;
- *Palveluiden tarvitsijat* käyttävät välittäjäpalveluita löytääkseen soveliaat palvelut ja käyttävät niitä.

SOA on jo saavuttanut merkittävän jalansijan ja sitä sovelletaan enenevässä määrin tietojärjestelmiä uusittaessa. SOA on myös luokiteltavissa eräänlaiseksi välivaiheeksi siirryttäessä ”aitoihin” Grid-tyyppisiin ratkaisuihin.

2.2.3 Tarpeeseen vastaavat on - demand palvelut

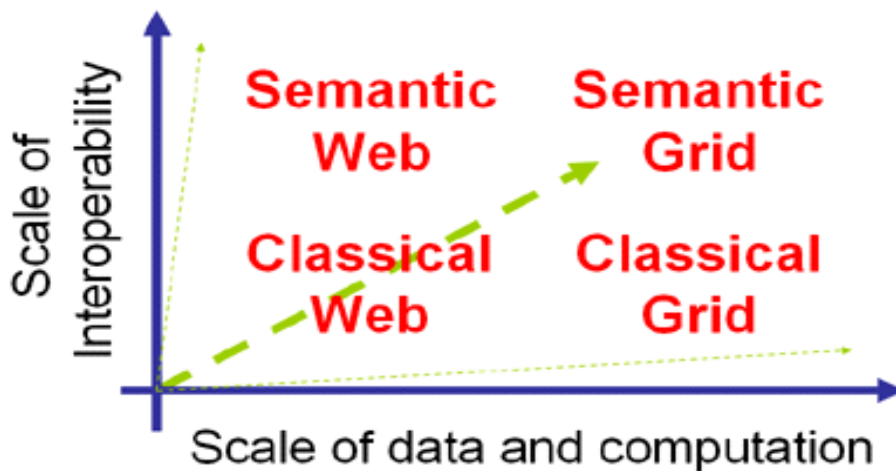
On-demand palvelut viittaavat järjestelmiin, joissa tietoisena ohjaavana ideana on tarjota asiakkaille, käyttäjille tai muille järjestelmille ja sovelluksille niiden tarvitsemia täydentäviä resursseja tarpeen vaatiessa. Nämä täydentävät resurssit voivat olla prosessointikapasiteettia, tietovarastoja, tiedonsiirto- tai lisäkaistayhteyksiä tai sovelluksia.

On-demand käsite palvelujen yhteydessä on läheistä käsitteelle *utility services* eikä järin kaukana Grid-ympäristössä suositusta *asset provision* - käsitteestä. Kyse on jälleen pääosin valitusta retoriikasta, jonkin verran myös käyttötilanteessa eri käsitteille muissa yhteyksissä muodostuneista mielikuvista. Kun jokin uusi geneerinen tutkimus- tai kehittämialue on avautunut

vapaaseen käyttöön, on yleistä, että turbulenssivaiheessa syntyy spontaania rinnakkaistermistöä ja -käsitteistöä ja toisinaan myös eri koulukunnat haluavat erottua toisistaan. Terminologia on tässä eräs keino.

2.2.4 Web pohjaiset palvelujärjestelmät

Tietoyhteiskuntakehityksen kannalta on pitemmällä aikavälillä mielenkiintoista nähdä, miten Internet/Web palveluympäristö sekä Grid kehittyvät yhdessä ja erikseen. Toisaalta nähdään, että Grid on Internetin jälkeen tuleva kehitysvaihe ja toisaalta nähdään, että molemmissa on tarvetta sisäiseen kehitykseen, mm. semanttisuuden suuntaan³¹:



Tässä on ymmärrettävästi kyse pyrkimyksestä *semanttiseen yhteentoimivuuteen*. Sen saavuttaminen voisi tapahtua soveltamalla semanttisen Webin teknologioita Gridin infrastruktuuriin ja sovelluksiin. Onnistuminen näiden visioiden toteutuksessa avaa valtaisia näkymiä tietovarantojen yhteis- ja moninaiskäytölle. Käsitteet *Next Generation Web* ja Grid ovat monessa suhteessa hyvin läheisiä toisilleen.

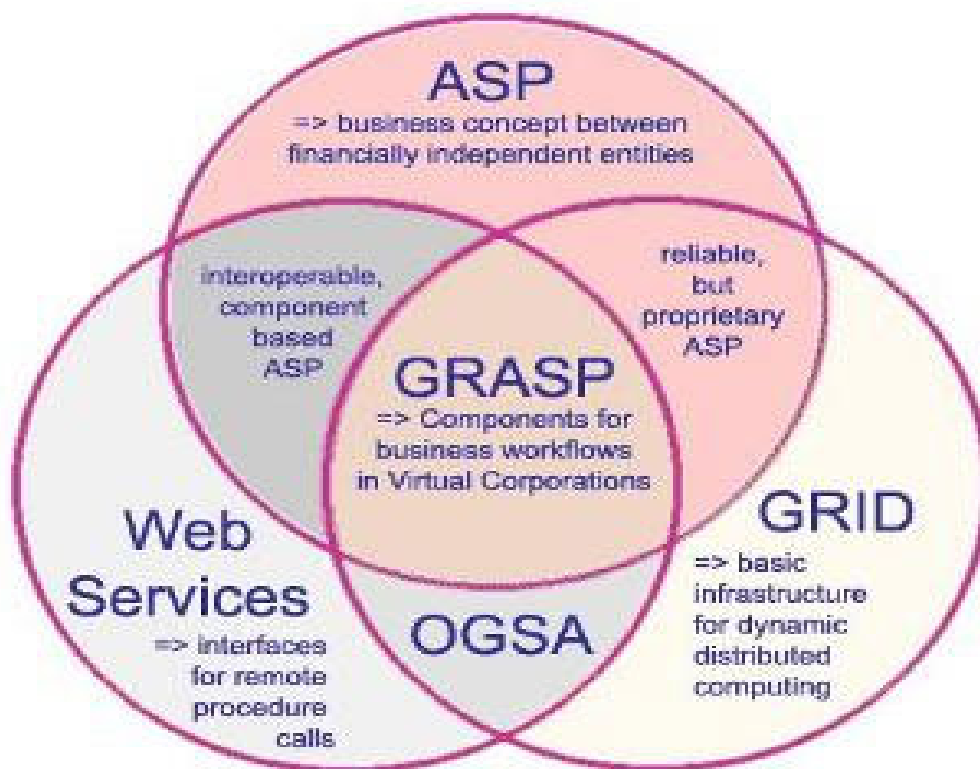
2.2.5 Yhteenveto

Edellä on kuvattu useita lähestymistapoja, joilla etsitään Grid-ominaista hajautettujen resurssien koordinoitua hallintaa ja hyödyntämistä. Nämä lähestymistavat ovat osin päällekkäisiä ja osin sisältävät yksilöllisiä erityispiirteitä.

Grid-väliohjelmistosegmentin (middleware) kehittämiseen pureutuva GRASP-projekti³² tunnistaa näiden lähestymistapojen välisiä suhteita seuraavasti:

³¹ www.semanticgrid.org/vision.html

³² www.eu-grasp.net



Key concepts underpinning the GRASP project vision.

GRASP-projekti pyrkii edistämään em. lähestymistapojen yhteistä soveltamista mm. rakentamalla siltaa OSGI- määrittelyjen ja WSRF standardien ja standardointityön välille. Varsinainen päätavoite on madaltaa kynnystä ja kustannuksia siirtyä Grid-ajatteluun perustuviin tietojenkäsittely- ja palveluarkkitehtuureihin.

Edellä on lyhyesti kuvattu useita Grid-ajattelulle läheisiä tietojärjestelmien rakennemalleja kuten ASP, SOA, on-demand, sekä (next generation)web. Näitä voidaan löytää vielä lisää, kuten RTI (*Real-Time Infrastructure*). Käsitteet *Adaptive Enterprise* ja *Agility* ovat yleisiä yritys ympäristön strategisia käsitteitä, jotka korostavat joustavuustarpeita, joihin yllä mainittujen tietojärjestelmä- ja palveluarkkitehtuurien tulisi pystyä vastaamaan. Tämän raportin liitteessä 1 on syvemmin eritelty näitä arkkitehtuureja ja lähestymistapoja nimenomaan yritys ympäristössä.

3 GRID TIETOYHTEISKUNNAN RAKENNEOSANA

3.1 Perusasetelma

Grid on käsitteenä ja geneerisen inspiroivan luonteensa vuoksi valtaamassa runsaasti huomiota ei yksin tutkimusyhteisöjen keskuudessa, vaan Grid-potentiaalia arvioivat monet muutkin tahot omista lähtökohdistaan. Samalla myös itse *Grid-käsite on tavallaan ”ryöstäytynyt” moniksi alalajeikseen, joiden nimitykset kuvastavat kulloistakin Gridin soveltamisidea tai käyttökohdetta.*

Tällaisia ovat mm. *Compute GRIDs, Data GRIDs, Science GRIDs, Access GRIDs, Knowledge GRIDs, Bio GRIDs, Cluster GRIDs, Campus GRIDs, TERA GRIDs ja Commodity GRIDs jne*, lähes loputtomiin. Taustalla on tällöin Gridin näkeminen mm. sisällön painopisteen, maantieteellisen yhteisyyden, verkostorakenteen tai saatavilla olevan hajautetun prosessointikapasiteetin suodattimien läpi.

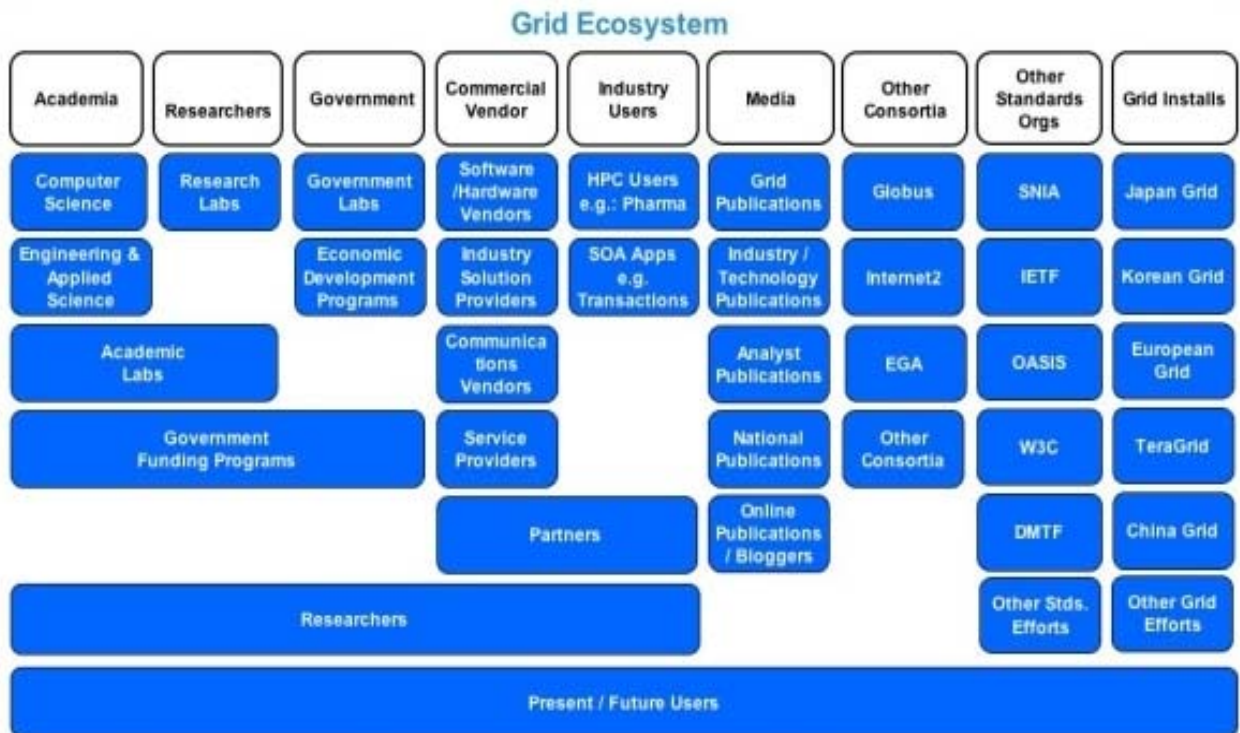
Tämä kehityskulku on tyypillistä uuden innovatiivisen käsitteen tai ajattelutavan ilmetessä. Samaa tapahtui myös Internetin ilmaantuessa, jolloin keskustelua käytiin siitä, olivatko verkot kuten IBM:n SNA tai Digital Equipment Corporationin DECNET Internetin osia ja ovatko itse asiassa kaikki paikalliset verkkokonstruktiot osa Internetiä. Selkeyttä saatiin vasta sitä myöden kun Internet Protocol (IP) vakiinnutti asemansa eri verkoissa.

Edelleen, samoin kuin Internet ja sen varassa Web ovat nähtävissä tietoyhteiskunnan rakentamisen kulmakivinä, uskotaan että Grid voi vastaavasti olla tietoyhteiskunnan kehittymistä edistävä seuraava megaluokan askel. Tällöin vauhdittajina olisivat sellaiset Gridin yhteyteen liitetyt käsitteet kuten esimerkiksi *virtuaaliorganisaatiot* sekä syvälinen monipuolinen *vertais- eli peer-to-peer kommunikointi*. Uskotaan, että luotettavasti toimivat Gridit antavat uusia ulottuvuuksia mm. yhteisten tietovarantojen hallintaan, yhteiskäyttöön ja hyödyntämiseen maailmanlaajuisesti.

Grid on jo määritelmiensä ja muiden luonnehdintojen valossa erittäin geneerinen ajatusmalli, joka haluttaessa on sovellettavissa hyvinkin erilaisiin ympäristöihin. Tämä geneerisyys ja laaja-alaisuus on antanut aihetta käsitellä Gridiä myös ekosysteeminä³³, jossa on osapuolina suuri joukko yhteiskunnan eri sektoreita ja kehittäjä- sekä yhteistyöorganisaatioita.

Ekosysteemikuvaus on jälleen tapa demonstroida Grid-käsitteen laajuutta, suorastaan rajattomuutta, tuomalla kuvaan mukaan runsaasti hyvin erilaisia lähestymiskulmia:

³³ Global Grid Forum, www.ggf.org/ggf_grid_ecosystem.htm



3.2 Grid tutkimusyhteisön palveluksessa

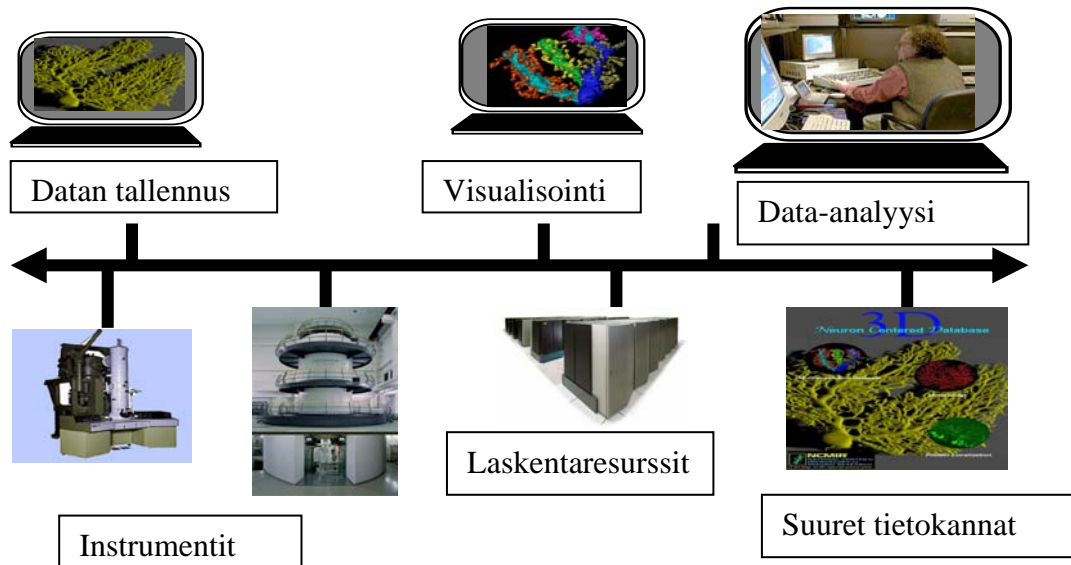
Grid ajattelutapa ja siihen perustuvat sovellukset ovat toistaiseksi saaneet parhaan jalansijan tutkimusyhteisön piirissä. Syyt tähän ovat varsin ymmärrettävät ja luonnolliset.

Ensinnäkin työ toteutuu suurelta osin tutkimuslaitosten yhteistyönä ja yhteisprojekteissa, jolloin yksiköiden rajat ylittävä toimintatapa on yleinen. Toiseksi, eri laitosten väliset tietovarannot on yhteisössä soveltuvassa laajuudessa saatettava yhteiskäyttöisiksi ja mm. testausalustojen yhteiskäyttö on useissa tapauksissa tutkimustyön etenemisen kannalta välttämätöntä. Yhteiset resurssit ja alustat myös jouduttavat innovaatioiden ja uuden tiedon leviämistä. Kolmanneksi, eri laitosten välinen prosessointi- ja muu kapasiteetti on saatava kuormitusmielessä optimoituja kustannusten säästämiseksi.

Vauhdittajana on myös eurooppalaisen tutkimusyhteistyön vauhdittaminen ja tukeminen EU:n toimesta. Esimerkiksi eurooppalaisen tutkimusalueen (ERA) visio perustuu tutkimuksen mitakaavanostoon ja voimistuvaan tutkimusyhteistyöhön yli kansallisten rajojen. EU on tätä tavoitetta edistäessään jo vuosia painottanut Grid-kehityksen ja soveltamisen tärkeyttä.

Lisäksi itse Grid-tutkimus ja siihen liittyvä ohjelmisto- ja muu välinekehitys on ICT-tutkimuksellisesti kiehtova aihepiiri ja antaa tutkijoille useita innostavia kansainvälisiä kehittämisfoorumeita.

Grid-järjestelmää voidaan tutkimuksen infrastruktuurina havainnollistaa seuraavasti³⁴:



Tämän infrastruktuurin varaan voidaan rakentaa erilaisia virtuaalisia tutkimusyhteisöjä, joissa hajautetut tietokoneet, tietokannat, tallennus-, arkistointi- ja tulostusjärjestelmät sekä mittaus- ja havaintoinstrumentit voidaan koota saumattomaksi järjestelmäksi. Grid-tekniikan sovel- luskohteina ja soveltamisen perusteluina mainitaan erityisesti laskennallisen tieteen infra- struktuurit, datan analysoinnin ja visualisoinnin infrastruktuurit, teknologian siirto, tietoliikenneinfrastruktuurit, hajautettujen resurssien hallinta ja kansainvälinen vaikuttavuus³⁵.

Tutkimusyhteisö korostaa suomalaisen tutkimuksen näkökulmasta Grid-tekniikan merkitys- tä ja sitä, että kansainvälisiä tutkimuksen infrastruktuureja on voitava saumattomasti hyödyn- tää, jotta toimintaympäristö olisi kansainvälisesti kilpailukykyinen.

Huippututkimusta edustavat tutkijaryhmät toimivat maailmanlaajuisesti verkottuneina ja Grid-tekniikkaa hyödynnetään enenevästi kansainvälisessä yhteistyössä. Kyky liittyä Grid- pohjaisiin verkostoihin on myös nähtävä edellytyksenä päästä mukaan parhaisiin tutkimus- hankkeisiin. Grid ei tässä yhteydessä ole optio vaan välttämättömyys.

3.3 Murtautuminen tutkimusyhteisön ulkopuolelle

3.3.1 Ajovoimia

Voidaan sanoa, että Grid on jo osoittanut voimansa ja merkityksensä tutkimusyhteisöjen pal- veluksessa vaikkakin Grid-arkkitehtuurien rakentamisessa on vielä paljon kehittämisen varaa. Viime aikoina on myös kysytty, olisiko Grid-arsenaali käytettävissä tämän ”perusyhteisön” ulkopuolella mm. hallinnon, opetuksen tai liiketoiminnan tarpeisiin.

³⁴ Grid-strategiatyöryhmän väliraportti 15.09.2005

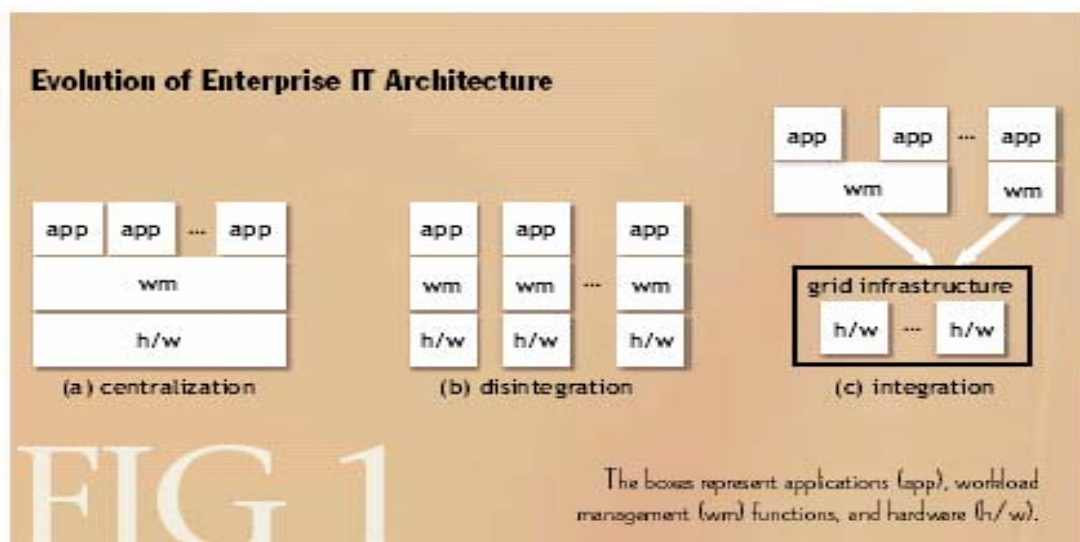
³⁵ Grid-strategiatyöryhmän väliraportti 15.09.2005

Aloja, joilla jo pitemmän aikaa on tehty ilmeisen lupaavia kokeiluja ovat kirjastotoimi (esimerkkinä *Diligent Project: Digital Library infrastructure based on Grid enabled technology*³⁶) ja koulutus (esimerkkinä *European Learning Grid infrastructure*³⁷). Tosin tällöin on myös monesti taitettu peistä siitä, onko ratkaisusta riippuen kyseessä ”aito” Grid vaiko vain jokin muu löyhempi tekninen verkostoituminen tietovarantojen hallinnassa ja hyödyntämisessä. Lisäksi potentiaalisina soveltamiskohteina mainitaan terveydenhoito ja ennakoimattomien kriisitilanteiden hallinta, jossa *ad hoc / on-demand* haaste on ilmeinen, sekä hallinto (*eGovernment*).

Ajovoimat voivat olla sektorikohtaisia kuten em. esimerkeissä, mutta myös yleisiä ja joiden läsnäolo on mahdollista aistia useimmissa Grid-aloitteissa tai hankkeissa. Näitä ovat mm.

- *Hajautetun resurssipohjan hallinta.* Yhteisön resurssit esiintyvät hajallaan ja niiden keskitetylle hallinnalle nähdään perusteita kuten resurssien käyttöasteen parantaminen;
- *Kustannustehokkuus.* Hajautettujen resurssien koordinoitu yhteiskäyttö vähentää toisteisuutta ja päällekkäisyyttä ja pienentää kustannuksia. Myös resurssikannan ylläpidon kustannukset pienenevät. Kustannussästöjen uskotaan olevan suurempia kuin Grid-hallinnon ja koordinoinnin kustannusten;
- *Sektorienvälisen ja/tai poikkitieteellisen lisäarvon tuottaminen.* Lisäarvon vapautus helpottuu Grid-rakenteessa, johon yhteisö tietoisesti on tuottanut eri alojen ja lähestymistapojen tietoutta ja prosessiosaamista. Innovaatioiden ja uuden tiedon lähteitä voivat tällöin olla nimenomaan rajamaastot ja liittymäpisteet.

Oheinen kaavio³⁸ havainnollistaa yritys ympäristössä tätä pyrkimystä, jossa (a) perinteinen keskitetty ”tietojenkäsittelymonoliitti” on ensin purkautunut (b) sektorikohtaisiksi silloiksi ja uskotaan, että tulevaisuudessa siirrytään kohden Grid-rakennetta, jossa (c) horisontaalin integraation kautta saavutetaan parempi resurssien käytön tehokkuus ja taloudellisuus:



³⁶ www.diligentproject.org

³⁷ www.elegi.org

³⁸ I. Foster, S. Tuecke, The Different Faces of IT as Service, QUEUE July/August 2005

Kyse on myös virtualisoinnista vs. siiloutumisesta. Virtualisointi tarkoittaa palvelinten, verkkojen, muistin ja sovellusten käyttöä yhtenä kokonaisuutena. Monet yritykset ovat virtualisoimassa konekeskuksia ja niihin liittyviä yhteyspalveluja (call center) lähi- ja kaukoulkoituksen avulla keskiseen Eurooppaan tai Intiaan johtuen ensisijaisesti palkka- ja palkkasivukustannusten merkittävän suuresta osuudesta. Tämä on luonteeltaan "komponenttipohjaista liiketoimintaa".

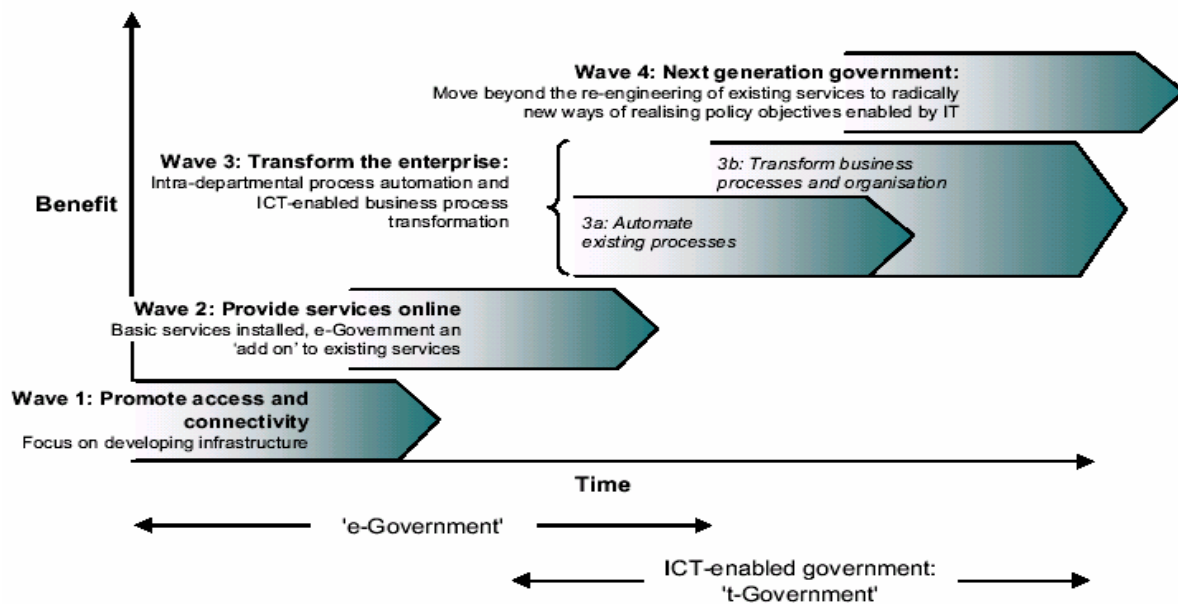
Näille ajovoimille saattaa myös löytyä vastavoimia ja ongelmia, jotka kyseenalaistavat em. tavoitteiden mielekkyyden ja saavutettavuuden. Suuret laitteet ovat suhteessa usein kalliimpia kuin pienet, ja toisaalta myös ohjelmistolisenssien hinnoittelu voi olla ongelma. Lisäksi hallintatyökalut voivat usein olla kalliita.

Yleisesti ottaen, Gridin murtautuminen tutkimusyhteisön ulkopuolelle on toistaiseksi ollut verkkaista. Tämä heijastuu mm. yhdysvaltalaisen The 451 Group – yhtiön tekemistä selvityksistä³⁹.

3.3.2 Julkinen sektori

Julkisen hallinnon ja julkisten palveluiden piirissä on Grid-tyyppistä ajattelua harjoitettu periaatteessa jo pitkään. Esimerkkeinä ovat mm. perusrekisterien yhteiskäyttö ja asiakkaille rakennetut portaalit, jotka tarjoavat ”yhteisen eteisen” laajaan ja useiden eri viranomaisten vastuulla oleviin palveluihin. Näissä hankkeissa on myös kohdattu yhteiskäytölle ominaisia revii-ri-, vastuuraja- ja oikeudellisia ongelmatilanteita, joita on eri keinoin selvitelty ja tarvittavia hallintokäytäntöjen uusimisia ja tarkennuksia tarpeen mukaan suoritettu.

Julkisen hallinnon uudistaminen ja siihen kytkeytyen eGovernment-ajattelu on ollut runsaasti esillä kansainvälisesti. Esimerkkinä tästä on Iso-Britannian EU-puheenjohtajakaudellaan tuottama raportti⁴⁰, joka linjaa ns. seuraavan sukupolven hallintokäytäntöä:



³⁹ The 451 Grid Adoption Research Service (GARS), www.the451group.com/gars/451_gars.php

⁴⁰ Beyond e-Government, Booz/Allen/Hamilton and INSEAD, 2005

Tässä esityksessä neljättä aaltoa, kehityskulkua (*transformation*) kohden uuden sukupolven hallintokäytäntöä, linjataan tarkemmin seuraavasti:

“Governments move beyond the re-engineering of existing processes and services to envision new ways of realising policy objectives enabled by ICT. Re-organisation is radical and across organisational boundaries, challenging traditional structures and service delivery monoliths. The extent of cross-organisational restructuring spans governmental entities as well as the private and voluntary sectors”.

Lisäksi ICT:n roolia tässä prosessissa painotetaan *integraation mahdollistajana* seuraavasti:

“The integration theme describes the institutional sharing of information and related IT infrastructure, both within and across government departments and with external agencies. The areas considered are the extent of connectivity within and/or across departments and the sophistication of the data sharing interface (use of middleware, frequency of data transfers). Integration serves as an enabler of automated case handling”.

Maakohtaisina esimerkkeinä integraation edistämisestä mainitaan mm. Iso-Britannian *e-GIF -ohjelma*, Saksan ns. *viiden komponentin ohjelma* virastojen tarpeisiin (maksuliikenne, sisältöjen hallinta, lomakepalvelin, turvaratkaisut sekä yleinen palveluportaali), Yhdysvaltojen FEA (*Federal Enterprise Architecture*) osana toimiva SRM (*Service component Reference Model*) ja Ruotsin *Government e-link (GeL) / SHS* infrastruktuuri.

Edellisissä näkemyksissä korostetaan voimakkaasti aineksia, joita on totuttu ICT-näkökulmasta pitämään Grid-tyyppiselle lähestymistavalle tyypillisinä; resurssien koordinoitu hyödyntäminen palvelutuotannossa yli sisäisten ja ulkoisten rajojen. Grid-ajattelulle ominainen väliohjelmiston rooli on sekin näkyvä. Grid-konseptiin ei kuitenkaan suoraan nimeltä viitata.

Julkiseen hallintoon kytkeytyy useita puhtaasti valtionhallinnon sekä paikallishallinnon sisäisiä toimintoja, mutta myös runsaasti liittymiä ja palveluita ulkoisten toimijoiden ja asiakkaiden kanssa. Erityisen ajankohtainen on hyvinvoinnin ja terveydenhoidon sektori, jossa haetaan rinnakkaisesti kustannussäästöjä ja palvelun laadun parannusta yli perinteisten rajojen toteutettavalla käytäntöjen ja tietojenkäsittelyjärjestemien kehittämisellä. Tähän erityiseen sektoriin on myös Euroopan komissio kiinnittänyt huomiota tutkimusorientoituneessa Gridselvityksessään, johon on koottu jäsenmaiden näkemyksiä:

“Within the healthcare sector there are many applications that would benefit from secure, pervasive, ubiquitous and transparent access to information and computing power. However, there are also many challenges to overcome. A knowledge-based application might require the secure, pervasive, fault tolerant, ubiquitous access to the distributed medical information for data-mining and knowledge extraction from population-level data. Population-level data might already exist in distributed data repositories, or be collected in an ad-hoc way from local (body-area) sensors and be transmitted for processing”⁴¹.

Suomessa. tähän sisällöllisesti liittyen mm. laboratoriotulosten siirto, sähköinen valtakunnallinen potilaskertomus ja sähköiseen reseptikäytäntöön siirtyminen ovat olleet moneen ottee-

⁴¹ ISTAG Working Group Report on Grids, Distributed Systems and Software Architectures, 2004

seen esillä. Tätä työtä ei ole ollut tapana kutsua Grid-kehitykseksi, vaikka voidaan katsoa, että se ehkä sitä Gridin laajaan määrittelyyn ja ajattelutapaan perustuen on.

Suomessa julkisen hallinnon piirissä on ryhdytty toimenpiteisiin koskien hallintoa itseään sekä sen asiakkaita palvelevien tietojärjestelmien uusimisessa. Ajovoimina ovat sekä valtionhallinnon että kuntahallinnossa kunta- ja palvelurakenteen muutospaineet, konserniajattelun vahvistuva rooli mukaanlukien, joiden ratkomisessa ja muutosten toimeenpanossa tietotekniikalla on iso rooli. Tämä kehittämistyö nojaa arkkitehtuuriuudistuksiin ja selkeiden rajapintojen määrittelyyn siten, että järjestelmien yhteentoimivuus, kustannustehokkuus ja resurssien yhteiskäyttöaste paranevat⁴². Samalla uskotaan päästävän parempaan asiakaspalveluun. Nämä argumentit ovat paljolti samoja, joilla Grid-arkkitehtuureja ja niiden varaan rakentuvia järjestelmämalleja perustellaan.

Vuoden 2006 alussa julkistetussa Valtionhallinnon IT-strategialuonnoksessa⁴³ tehdään linjauksia, joissa korostetaan yllä kuvattuja periaatteita sekä esitellään strategian toimeenpanon hankekuvauksia. Näistä erityisesti kaksi: (1) *yhteentoimivuus* (tietohallinnon arkkitehtuurit ja menetelmät), sekä (2) *yhteiset tietojärjestelmät*, on rakennettu ja perusteltu varsin pitkälti Grid-ajattelun mukaisella tavalla. Yhteisinä arkkitehtuureina nähdään tietoarkkitehtuuri, järjestelmäarkkitehtuuri ja tekninen arkkitehtuuri. Yhteentoimivuuden avainnäkökulmat ovat rajapinnat perustietovarastoihin, rajapinnat verkkopalveluista ydintoiminnan tietojärjestelmiin sekä sanastot ja semanttinen yhteentoimivuus. Tavoitekuva on valtionhallinnon yhteinen turvallinen tietoverkko⁴⁴.

Merkittävässä korkean tason eGovernment konferenssissa⁴⁵ syksyllä 2005 yksi rinnakkaisessio, koskien hallinnon infrastruktuureja, mainitsi esittelytekstissään laajakaistan ja Gridin merkityksen monikanavaisen palvelutarjonnan mahdollistajina: ”...*infrastructures for eGovernment services, such as broadband and Grid, as well as multi-channel service provision, an enabler and driver for ”digital convergence”, which has a high potential in the public sector*”. Varsinaisen Grid-teeman esityksen piti Oraclen edustaja, Vice President Jens Mortensen, mikä seikka vahvistaa hänen edustamansa yrityksen muutenkin näkyvää sitoutumista Grid-konseptiin ja sen edistämisyhkimyksiin.

Joitakin mainintoja Gridistä saattaa sattumanvaraisesti löytyä julkista hallintoa tukevien järjestelmien arkkitehtuurien uudistamista koskettelevistä teksteistä, mutta varsinaiseen laajempaan soveltamiseen ei vielä ole ryhdytty. Puheenvuorot ovat useimmiten laite- ja järjestelmätoimittajien pitämiä, ei varsinaisten julkisen hallinnon tietojärjestelmien kehittämisestä vastuussa olevien tahojen. Varsinainen Grid-konseptin nimiin kytketty kehittämisprosessi julkisessa hallinnossa on vasta ilmeisen lähtövaiheessaan.

Tätä mm. osoittaa se, että kansainvälisessä SAINT2005 konferenssissa⁴⁶ (Symposium on Applications and Internet, IEEE) vuoden 2005 alussa oli tarkoitus järjestää oma workshop aiheesta *GRIDs for eGovernment*. Workshop ei kuitenkaan toteutunut ilmeisesti sen vuoksi, että

⁴² ValtIT, KuntaIT ja myöhempi mahdollinen JulkIT, prosessiin liittyy myös erityisen sosiaali- ja terveydenhuollon kansallisen toimijan valmistelu, kts mm. IT-Viikko 26.01.2006

⁴³ Valtionhallinnon IT-strategia 31.01.2006 liitteineen sekä VM/Valtion IT-toiminnan johtamisyksikön rekrytointikirje ministeriöille, virastoille ja laitokselle 14.02.2006

⁴⁴ Haastattelu, A. Siponen, VM 28.02.2006

⁴⁵ Ministerial eGovernment Conference, October 2005, www.egov2005conference.gov.uk/programme/

⁴⁶ SAINT2005 / Trento, Italy, January 31 – February 4 2005, www.saint2005org/workshops/CFPaper/wk-cfp-7.html

esitys- ja alustusehdotuksia ei ilmaantunut riittävästi, vaikka Call for Papers kutsut oli toimitettu laajalti ympäri maailmaa. Kaikki kymmenen muuta workshop-teemaa sen sijaan toteutuivat. Ehkä foorumi oli hiukan vieras varsinaisille hallinnon tietojärjestelmien edustajille? Kuitenkin voidaan sanoa, että tutkimus- ja teknologiapainotteinen Grid ei ainakaan vielä kuulu julkishallinnon tietojärjestelmätyön arjen retoriikkaan.

3.3.3 Laite- ja ohjelmistotoimittajat

Kiinnostusta on tietenkin herännyt myös siihen, olisiko Gridin ja Grid-pohjaisten järjestelmien rakentamisen varaan synnyttävissä aitoa kaupallista toimintaa ja millä ehdoin. Olisiko kyseessä esimerkiksi maksullisten tietopalvelujen päälle rakennettavissa ”intelligentti” ohjelmistollinen kattotaso, joka antaisi merkittäviä tuote- ja palveluideoita perustuen asiakkaille tuotettavaan lisäarvoon? Ainakin Grid-konseptiin keskeisenä kuuluva ”middleware” on ohjelmistoyrityksille uusi avautuva kilpailufoorumi.

Esitetään myös, että siirtyminen organisaatioiden hallinnossa Grid-ratkaisuihin voi tuottaa huomattavia IT-säästöjä ja toiminnallisia etuja. Näitä mahdollisuuksia korostavat mm. IBM⁴⁷, HP⁴⁸ ja Oracle⁴⁹ Grid-esittelyissään. Innokkuus käyttää Grid-termiä kuitenkin vaihtelee huomattavasti sen mukaan miten ja mille markkinoille suuntaudutaan.

Gridin eteneminen merkitsee luonnollisesti laitteisto- ja ohjelmistotoimittajille uutta liiketoimintaa vähintäänkin silloin kun asiakkaat lähtevät laajamittaisiin Grid-laite- ja ohjelmistoinvestointeihin saavuttaakseen pitemmällä aikavälillä niitä toivottuja säästöjä tai Gridin tuottamaa tulonlisää, esimerkkinä tallennuksen virtualisointi. Merkittävä toimittaja SAP esittelee ja argumentoi avointa integraatio- ja sovellusalustansa paranevalla sijoitetun pääoman tuotolla ja alhaisemmilla kokonaiskäyttökustannuksilla⁵⁰.

Moni merkittävä laite- ja ohjelmistotoimittaja on varsin näkyvästi läsnä erilaisissa kansainvälisissä Grid-yhteisöissä, seuratakseen teeman etenemistä, mutta myös voidakseen vaikuttaa siihen kun sen tarpeelliseksi kokee. Olennaista on myös miten järjestelmätalot ja ns. integraattorit omaksuvat Grid-ajattelun asiakkailleen tarjoamissa palveluissa ja mitä laite- ja ohjelmistokomponentteja niissä käytetään.

3.3.4 Teleoperaattorit

On myös merkkejä siitä, että teleoperaattorit tutkivat Gridin mahdollisuuksia omassa liiketoiminnassaan. Näkyvä esimerkki on norjalainen Telenor, joka on liittynyt mukaan alan kansainväliseen projektitoimintaan, joka kehittää ”tiekarttaa”, jolla rakennetaan kehitys- eli migraatiopolkua SOA (Service Oriented Architecture) ajattelumallista kohden Gridiä.

Logiikka perustuu siihen, että asiakaspalvelun syvyys asiakkaisiin paranee ja syntyy laskutettavaa lisäarvoa eli operaattorikielellä *ARPU* (Average Revenue Per Unit) kasvaa: ”Telco may increase ARPU by offering end user services at a higher level and increase the strength as an access supplier”⁵¹. Samanlaisia odotuksia heijastaa seuraava Telefonica-operaattorin totea-

⁴⁷ www-1.ibm.com/grid/about_grid/what_is.shtml

⁴⁸ <http://h71028.www7.hp.com/enterprise/cache/125369-0-0-0-121.html>

⁴⁹ www.oracle.com/technologies/grid/index.html

⁵⁰ www.sap.com/finland/index.exp, 05.03.2006

⁵¹ Mr. Eric Dahl, Senior Strategy Advisor, Telenor Norway, GRID Concertation Meeting 01.06.2005

mus: “*Grids offer opportunities for new business units inside Telco’s, but we need more research focused on delivering a return on investments*”⁵².

Taustalla on teleoperaattoreiden tarve löytää uutta kannattavaa liiketoimintaa perinteisen ankarasti hintakilpaillun peruspalveluvalikoimansa jatkeeksi. Esimerkkinä on tuore TeliaSonera Finlandin liiketoiminnan uudelleenorganisointi, jossa on neljä divisioonaa: (1) kuluttajan mobiilipalvelut ja viihde, (2) yritysten ICT-palvelut, (3) tietoyhteiskunnan rakenteet ja palvelut sekä (4) asiakasprosessit ja järjestelmät⁵³.

Kaikki tämä edellyttää, että operaattorit syventävät kykyään ymmärtää asiakkaitaan ja heidän aitoja tarpeitaan. Ilmeisesti myös perinteisesti keskeistä ARPU-ajattelua on tässä valossa arviotava uusista lähtökohdista ja liiketoiminnan volyymin ja menestymisen mittaamisen käytäntöjä muutenkin uusittava.

Telesektorin kiinnostusta Gridiin kuvaa myös se, että Global Grid Forumiin on perustettu oma *Telecomm Community Group*, joka on määritellyt tavoitteikseen mm. selvittää:

- millä tavoin sektorin tulee kehittää verkkojaan ja tukipalveluitaan pystyäkseen tarjoamaan palveluitaan korkeakapasiteettisten verkkojen osalta sekä muullakin tavoin vastaamaan Grid-ympäristön vaatimuksiin;
- miten sektori itse voi hyödyntää Grid-teknologioita parantaakseen omia sisäisiä toimintojaan ja rakenteitaan (mm. laskutus, liikennevirta-analyysit, mallinnus);
- miten sektori pystyisi tuottamaan Grid-ympäristöön soveliaita palveluita asiakaskuntansa tarpeisiin ja vastaavasti kehittämään siinä tarvittavia liiketoimintamalleja.

Telecomm Community Group on asettanut erääksi tavoitteeksi sellaisen tiekartan (roadmap) tuottamisen, joka kuvaa kiireisimmät tehtävät edellä esitettyjen tavoitteiden edistämiseksi ja tässä työssä paikallistaa keskeisimpien viiteryhmiä ja potentiaalisten kumppanien yhteiset intressit⁵⁴. Ryhmän puheenjohtajatehtävissä esiintyy sekä British Telecomin että France Telecomin edustajia sekä kansainvälisen teleunionin (ITU) yhteyshenkilö.

ITU harjoittaa Grid-teeman jatkuvaa seuranta⁵⁵ ja toteaa, että sen jäsenistön kiinnostus aihepiiriin on selvässä kasvussa: *ITU members are increasingly signalling the interest of the telecommunications community in grid computing. The technology is under study by the Technology Watch within ITU-T, and following discussions between the Global Grid Forum and ITU-T, a workshop on telecoms and grids is planned for 2006*”.

On ilmeistä, että teleoperaattorit pyrkivät laajentamaan tarjoamaansa kohden laajempia palvelukonsepteja, kuten esimerkiksi toimimaan sähköisen asioinnin kokonaisvaltaisina operaattoreina. Tällöin operaattorien kompetenssin tulisi merkittävästi laajentua kattamaan asiakaspään toiminnan logiikka ja tietojärjestelmäperusta kattaen asiakkaan ”sisäisen” osuuden ja B2B (Business-to-Business) sekä B2C (Business-to-Consumer) ulottuvuudet, tai löytämään siihen sopivia kumppanuuksia.

⁵² Mr. Isidoro Padilla, CEO Telefonica / www.eubusiness.com/topics/Rd/EUNews.2004-09-16.0710

⁵³ Toimitusjohtaja Juho Lipsanen, Talous-Sanomat 11.02.2006

⁵⁴ Global Grid Forum, Industrial Applications Area, Telecomm Community Group telco-cg

⁵⁵ ITU Strategy and Policy Unit Newslog – Grid Networks

Tällöin on myös näköpiirissä tiivistyvä kilpailu teleoperattoreiden ja systeemitalojen tarjoamien välillä. Gridin monista alalajeista teleoperaattoreita kiinnostanee palvelukehityksen näkökulmasta erityisesti *Access Grid* monikanavaisuuteen liittyen.

3.3.5 Grid - perustainen palvelu liiketoimintana

Periaatteessa Grid-konseptissa voidaan harjoittaa liiketoimintaa monin tavoin. Edellä kuvatun operaattorinäkökulman lisäksi voi esiintyä *broker-toimintaa*, jossa laskutettava lisäarvo syntyy esimerkiksi prosessointivoiman välityksestä (*cycle harvesting*) tai verkostossa olevien palveluiden paikantamisesta ja tarpeeseen kohdennettua lisäarvoa generoivasta välityksestä (*service brokerage upon on-demand requests*). Näissä ajattelumalleissa pyritään toisinaan käyttämään agenteina toimivia objekteja (*agents*), jotka hakukriteerein varustettuina etsivät verkosta soveliaista ”saalista”.

Keskeisiä etsittäviä kohteita ovat luonnollisesti Gridiin tarjolle tuotavat *tieto- ym. lisäarvo-palvelut*, joiden käytöstä tultaisiin laskuttamaan erilaisin palvelun luonteesta riippuvien kriteerein. Tässä tarvitaan hallintoa, ns. AAA (*Authentication, Authorisation, Accounting*)- toimintoa tai palvelinta, joka on osa keskeistä Grid-palveluretoriikkaa. Asiakkaat on pystyttävä tunnistamaan, heidän valtuutensa tarkistamaan ja palveluiden käytöstä on pystyttävä pitämään kirjaa ja myös laskuttamaan. Gridin toimintaan on voitava kaikilta osin luottaa. Standardointielin CEN/ISSS korostaa asiaa palveluverkkojen ja avointen palvelualustojen osalta yleisemminkin seuraavasti⁵⁶:

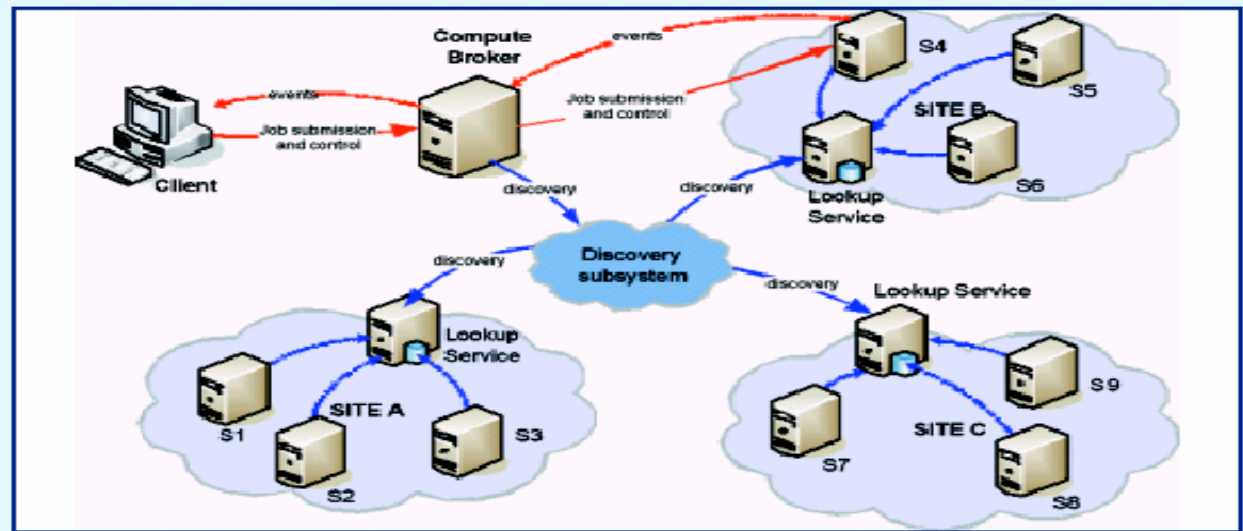
”A trusted framework for eBusiness to facilitate the uptake of Web-enabled services should be defined, developed and established. This framework is envisaged to comprise multiple levels of building blocks, which should be documented, published and maintained as open and common resources”.

“This framework should draw in particular from ongoing technical and business developments in ebXML, Web Services, Semantic Web, Grid Services and emerging policy related developments such as Cyber Identity services. It should be easy to integrate with existing solutions. It should also enable the development of interoperable e-Business solutions based on "Open Platforms" principles and across Open Platforms”.

Asiointisovelluksissa toisinaan käytettävä pankkien toimesta liitännäispalveluna tapahtuva henkilötunnistus on omalla tavallaan Grid-palvelua. Oheinen kuva kertoo välitystoiminnan perusidean:⁵⁷

⁵⁶ CEN/ISSS Report and Recommendations on Key eBusiness Standards Issues 2003-2005

⁵⁷ jgrid.jini.org (unkarilainen toimija).



Dynaaminen liiketoimintaympäristö asettaa Gridille lukuisia erityisvaatimuksia. Toiminnan tulee mm. olla luotettavaa, nopeaa ja turvallista. Kun useita lähteitä tarkastellaan rinnakkain, seuraavat vaatimukset ja edellytykset kertautuvat ydinaineksiksi:

- *Yhteentoimivuus.* Lähtökohtana on Grid-työskentelylle ominainen resurssien tarpeenmukainen dynaaminen yhteiskäyttö. Tämä onnistuu vain sillä ehdolla, että yhteentoimivuus on varmistettu. Tässä juuri tarvitaan OGSA-arkkitehtuuria;
- *Turvallisuus.* Grid-konstruktion on pystyttävä turvallisesti käsittelemään olottuvillaan olevia resursseja ja niiden välisiä tietovirtoja;
- *Luotettavuus.* Grid-ympäristössä on saavutettava sekä korkea palvelun luotettavuustaso että resurssien luotettavuus. Nämä sanelevat kokonaispalvelun luotettavuustason (*QoS, Quality of Service*). Aidon Grid-palvelun täytyy toimia keskeytymättä ja luotettavasti, mikä myös asettaa huippuvaatimukset tahoille, joiden liiketoimintaideana on palvelun tarjoaminen asiakkailleen;
- *Skaalautuvuus.* Grid-ympäristössä skaalautuvuuden tulee toteutua sekä teknisesti että joustavuutena hallita erityyppisten ja –taustaisten itsenäisten palveluiden kokonaisuuksia.
- *Tiheys.* Hajautetussa tietyn toimintasektorin tai käyttäjäyhteisön kattavassa Grid-ympäristössä havainto- tai palvelupisteiden määrä voi olla tiheä tai harva. Korkea palvelupistetiheys voi esimerkiksi periaatteessa taata hyvän palvelutason, mutta infrastruktuuri voi puolestaan olla kallis ja/tai kuormitusarka.

3.3.6 Grid yrityksen ICT -voimavarana

Liiketoimintaympäristöt ovat yhä dynaamisempia ja tietojärjestelmien on pystyttävä reagoimaan muutos- ja uudelleenorganisointitarpeisiin nopeasti, tavallaan lennosta. ASP, SOA, Web palveluympäristöt ja vastaavat uudet ajattelutavat ja arkkitehtuurit pyrkivät edistämään tätä valmiutta ja samalla vastaamaan virtuaaliorganisaatioiden kehittymiseen: *Tietojärjestelmien ja todellisen yritysympäristön tulee sykkiä, muuntua ja kehittyä tasapainoisesti samassa tahdissa.*

Yritykset ovat voimistuvassa kansainväliset rajat ylittävässä vuorovaikutuksessa keskenään. Lisäksi ne ovat osapuolia erilaisissa nopeasti muuntuviissa *arvoketjuissa ja arvoverkoissa.* Nämä voivat olla sekä *tuotannollisia* että *suoriin asiakasyhteyksiin* liittyviä. Yritysten tulee olla joustavia ja tarvittaessa nopeasti uudelleenorientoituvia.

Grid ei yksin ole yrityksen sisäinen tai yrityksen ja erityisiä Grid-palveluita ja resursseja järjestävien palvelutahojen välinen konsepti, vaan se *saattaa arvoketjuissa ja –verkoissa toimivien yritysten resurssivarannot tiiviisti yhteen*, joko suoraan elimellisesti tai vähintään tiiviiden linkkien kautta. Tilanteesta riippuen voidaan eritellä erilaisia Grid-tyyppejä kuten *sisäinen Grid* (internal), *ulkoinen Grid* (external) ja näiden yhdelmä, *hybridi Grid*.

Tällä hetkellä Grid ja sille läheiset konseptit ja arkkitehtuurit (ASP, SOA, on-demand, Web services, utility services jne.) ovat kuitenkin vaikeasti jäsentyvä kokonaisuus, jossa on paljon päällekkäisiä ja toistensa suhteen selkiytymättömiä aineksia. Kyse on usein vain painotuseroista, mutta käsitesekevyyden on kuitenkin hämmentävää ja saattaa osaltaan hidastaa rakenteiden uusiutumista.

Foster ja Tuecke⁵⁸, Grid – ajattelun ja edistämisen tunnetut ja tunnustetut veteraanit, toteavat, että *”terms such as grid, on-demand, and service-oriented architecture are mixed in confusion”*. He toki myös näkevät valoa sekaannuksen keskellä: *“We see as a major technology trend that is driving many related efforts – namely, the transformation from vertically integrated silos to horizontally integrated, service-oriented systems”*.

On nähtävissä, että Grid-tutkimus- ja kehittäjäyhteisön piirissä esiintyy huolta Gridin nykytilasta ja myös käsitteellisestä hajaannuksesta. Wolfgang Gentsch⁵⁹ toteaa, että *“The (Grid) community is still struggling with its adoption, with the impact on our future and with its direction. Desperately, we are looking for unique signs from heaven, listening to the many Naradas, breaking our heads in helplessness.”*

Alan konferenssissa⁶⁰ vuonna 2005 Grid-asiantuntijat yrittivät myönteisesti katsoa tulevaisuuteen. Panelissa todettiin mm., että *“we will see more and more innovative Grid-based applications from the commercial sector, which integrate across scale – like eBay’s Grid-based shopping, real-time multi-media applications, and smart clothes, cars and highways”*.

Näkemykset Gridin potentiaalista ja kasvava kiinnostus aiheeseen tutkimusyhteisön ulkopuolella heijastuu myös siinä, että kansainvälinen GRID Workshop järjestetään tulevaisuudessa itsellisenä tapahtumana eikä enää vuosittaisen Supercomputing Conferencen yhteydessä. Tämä on myös nähtävissä osana kehityskulkua, jossa Grid-konsepti ja lähinnä sen terminologia onnistunee askel askelelta laajemmin murtautumaan tiede- tutkimusyhteisön ulkopuolelle.

Teemaa Grid ja yritys ympäristö lähestytään tarkemmin tämän selvitysraportin liitteessä 1.

3.3.7 Ubiikkiyhteiskunta ja Grid

Viime aikoina tietoyhteiskuntakeskusteluun on liittynyt mukaan ubiikkiyhteiskunnan ajatusmalli, jossa ns. ubiikkistrategia nähdään seuraavana arjen tietoyhteiskunnan strategiana^{61,62}. Tämän selvitysraportin teema ei varsinaisesti ole ubiikkiyhteiskunta, mutta ubiikki-käsitteen taustalla on eräitä teknologioita ja niiden soveltamisen tapoja, jotka myös Grid-visioiden nä-

⁵⁸ I. Foster, S. Tuecke, ”The Different Faces of IT as Service”, QUEUE, July/August 2005

⁵⁹ Daily News and Information for the Global Grid Community, December 5, 2005

⁶⁰ Grid 2005, International Workshop on Grid Computing, Seattle

⁶¹ Tutkija Antti Oulasvirta, Helsingin Sanomat 11.11.2005

⁶² Ministeri Susanna Huovinen ja ylijohtaja Harri Pursiainen, Helsingin Sanomat 24.11.2005

kökulmasta ovat kiinnostavia ja Grid-rakenteille läheisiä. Tässä yhteydessä keskeisiä taustakäsitteitä ovat⁶³:

- *Ambient intelligence*. Käsite kuvaa ympäristöä, jossa ihmistä ympäröi ”älykkäitä” mikroprosessorein varustettuja objekteja, joilla on vuorovaikutuksen mahdollistamia rajapintoja ympäristöönsä, esimerkiksi puheyhteys ympäristössä toimivaan ihmiseen tai suora yhteys palvelu- ja tarvittaessa hälytysjärjestelmiin;
- *Ubiquitous computing*. Käsite tarkoittaa mikroprosessorien sijoittamista arjen ympäristöön: esineisiin, tiloihin ja myös eläviin olentoihin, jopa ns. ”älypölynä” (smart dust). Termi *pervasive computing* tarkoittaa periaatteessa samaa;
- *Ubiquitous communication*. Käsite tarkoittaa menettelyjä, joilla em. mikroprosessoreilla varustetut objektit voivat kommunikoida keskenään sekä muiden objektien (tietojärjestelmien, ihmisten jne.) kanssa langattomasti ja aina kun tarvetta ilmenee;
- *Intelligent user interface*. Käsite tarkoittaa ”älykästä” rajapintaa, joka mahdollistaa ”ambien-tissa” ympäristössä tapahtuvaa vuorovaikutusta siinä olevien toimijoiden kesken erilaisin yksilöllisin tavoin (ääni, ele, ärsyke jne.).

Ubiikkiyhteiskunta on yhteiskunta, jossa em. teknologioita ja mahdollisuuksia käytetään laajalti eri tarkoituksiin suunnitelluissa tehtävissä ja palveluissa. Johtuen ubiikin ”rajattomasta” perusluonteesta kysymykseen tuleva tietojärjestelmä- ja palvelukirjo on periaatteessa valtaisa. Osaltaan kyse on perinteisten järjestelmien uudistamismahdollisuudesta sijoittamalla niihin ubiikkeja ominaisuuksia, osaksi mahdollisuudesta toteuttaa sellaisia palveluinnovaatioita, joita ei aikaisemmin ole toiminnallisista, teknisistä tai taloudellisista syistä voitu ajatellakaan toteuttaa. Tällaisia ovat esimerkiksi oman tilansa tunnistavat ja kontekstilähtöiset tilannetietoisesti ”sopeutuvat” järjestelmät. Uusia näkymiä avautuu sekä staattisiin että dynaamisiin liikkuvuutta tukeviin mobiilivetoisiin palvelukonsepteihin.

Ubiikki visio on ollut näkyvästi esillä myös Euroopan komission kehittämisohjelmissa⁶⁴. Tuoreimmat Euroopan komission Grid-alueen asiantuntijatyöryhmäraportit korostavat ubiikinäkökulmaa ja mm. arvioivat, että ”laite- ja sensoripäässä” tapahtuva kehitys ja verkottuminen voisi olla kilpailuetu:

“The direction of research activities should take into account current computing, communication and storage devices and novel devices that will be developed in the near future as a result of hardware, software and communication R&D activities. All these devices should be considered as active resources in dispersed and pervasive Grids that must be managed by new Grids Foundation Middleware and Grids Operating Systems”⁶⁵.

Grid-konseptin rooli ubiikkiyhteiskunnan kehittämistavoitteissa näkyy konkreettisesti Euroopan komission kuudennen tutkimuksen ja kehittämisen puiteohjelman tavoiteasettelussa⁶⁶ (kts lähemmin tämän raportin liite 2).

Grid-malleissa resursseina voivat olla tietovarastojen, tietokoneiden ja palvelinten lisäksi myös vuorovaikutukseen pystyvät sensorit, anturit ja vastaavat muut ilmaisimet. Tutkimusyhteisöissä tyypillistä on havaintojen rekisteröinti ja välitys jatkokäsittelyyn.

⁶³ Kts. lähemmin esimerkiksi: Introduction to Ambient Intelligence Theme, ERCIM News no 47, 2001

⁶⁴ ISTAG, Scenarios for Ambient Intelligence in 2010, Final Report, February 2001

⁶⁵ NGG2 Expert Group Report / Requirements and Options for European Grid Research 2005-2010 and Beyond, July 2004

⁶⁶ Information Society Technologies, Work Programme 2005-2006.

Vastaavalla tavalla myös ubiikkiyhteiskunnassa hajallaan ja kaikkialla olevat mikroprosessorit kommunikointirajapintoinen voivat toimia viestinvälittäjinä paitsi läsnäoleville ihmisille ”tässä ja nyt”, myös tieto- ja impulssilähteinä, jotka ruokkivat Grid-yhteisöjen sovellusten ja palvelujen tietotarpeita. Etätunnistimien valmistus suurissa erissä yleistyy ja aleneva ”sirujen” kustannustaso avaa uusia sovellusnäkyviä.

Palvelujen taustalla tarvitaan yhteentoimivia ja standardoituja palvelukerroksia ja avoimet rajapinnat ja sovellusalustat toimivat palveluiden innovaatioympäristöinä. Tyypillisen Grid-toteutusrakenteen tapaan suljettuihin ”siilomaisiin” ratkaisuihin pohjautuvan vertikaalisen palvelukilpailun sijaan kilpailu toteutuu horisontaalisissa palvelukerroksissa.

Grid-konseptin hyödyntämisessä eräs usein lausuttu tavoite on se, että Gridin mahdollisesti hyvinkin monimutkainen rakenne ei näy käyttäjälle. Tavoitteena on *näkymätön Grid (invisible Grid)*. Haaste on kova niin teoreettisesti kuin käytännön toteutuksen osalta. Erityisesti, jos Grid-käyttäjäyhteisö on laaja ja heterogeeninen, onnistuneen Grid-toteutuksen edellytyksiä ovat palvelujärjestelmän *monikanavaisuus* sekä *teknologiariippumattomuus*. Tämän kokonaisuuden hallinta ”näkyttömästi” on Grid-teknologian varsinainen käytännön tulikoe.

Kaikkialla ja kaikille tarjolla olevan tietotekniikan ja siihen perustuvien palveluiden edistämisessä huomattavaa näkyvyyttä ovat saavuttaneet Sparknet ja OpenSpark, joiden taustalla ovat Turku Science Park ja ICT Turku Oy. Tässä yhteistyössä on edistetty virtuaalioperaattori- ja verkkovierailuratkaisuja, joilla laajakaistaa on ulotettu langattomien yhteyksien avulla erilaisille yhteisöille⁶⁷. Käyttäjäorganisaatiot tuottavat itse asiassa verkkoon yhteiskäyttöistä kapasiteettia. Ratkaisua voidaan luonnehtia talkoohenkisenä Grid-toimintana, jolla edistetään ubiikkiyhteiskunnan kehittymistä. Langattomien verkkojen käyttö yleistyy vauhdilla.

Hajasijoitetun ”intelligenssin” yhdistetty ad-hoc lähikäyttö ja sen hyödyntäminen Grid-rakenteiden avulla laajemmissa yhteyksissä on ajatusmallina kiehtovaa, mutta ei suinkaan aina ongelmattomaa mm. tietoturvan ja yksityisyyden suojan näkökulmista. Epäilyjä on mm. esitetty sen suhteen, miten voidaan varmistaa se, että *RFID (Radio Frequency Identification)* – tekniikkaan perustuvissa järjestelmissä ei tehdä ihmisten ja muiden kohteiden automaattisessa tila- ja sijaintiseurannassa ”isoveli valvoo jokaista aina ja joka paikassa” - henkisiä ylilyöntejä⁶⁸ kaikkialla läsnä olevan tietotekniikan soveltamisessa ja hyödyntämisessä. Ylilyöntejä koituvat helposti uusien sovellusten käyttöönoton esteiksi tai hidasteiksi.

Tarvitaan luottamuksen takaavaa tervettä perusetiikkaa ja yhteisesti hyväksytyjä pelisääntöjä⁶⁹. Näiden teemojen osalta on myös valmistauduttava käymään avointa yhteiskunnallista keskustelua, jossa pureudutaan niin saavutettavissa oleviin mahdollisuuksiin kuin keinoihin, joilla epäilyjä voidaan uskottavalla tavalla lieventää tai poistaa. Tämän keskustelun voi odottaa tiivistyvän jo lähitulevaisuudessa.

⁶⁷ Jaakko Kuosmanen, Helsingin Sanomat, vieraskynä, 23.01.2006

⁶⁸ Julkisuutta ovat saavuttaneet mm. liikenne- ja liikkumisseuranta, paikantaminen, sekä ikääntyneiden ihmisten turvaseuranta.

⁶⁹ Erityisesti paikannuspalvelujen pelisääntötarpeeseen viittaa Marko Hamilon (Helsingin Sanomat 07.03.2006) artikkeli, jossa viitataan Webraska-yhtiöiden toimitusjohtaja Jean Michael Durocherin paikannukseen perustuvien palvelujen eettiseen koodistoon sekä Texas A&M – yliopiston tutkijan Daniel Suin skenaarioihin, joissa eettisiä sääntöjä noudatetaan tai vaihtoehtoisesti rikotaan.

4 TULEVAISUUDEN SKENAARIOITA

Tulevaisuutta voi yrittää ennakoida pitämällä lähtökohtana nykytilannetta ja uskomalla, että kehitys perustuu tasaiseen lineaariseen etenemiseen. Todellisuudessa tilanne on kuitenkin monipolvisempi ja yllätyksellisempi. Nykytilanteessa uskottavilta tuntuvat kehityskulut eivät ehkä johdakaan varsinaiseen läpimurtoon, tai kentälle ilmaantuu yllättäen uusi ajattelutapa tai konsepti, joka nopeasti saavuttaa konkretiaa ja onnistuu läpimurrossa.

On myös olemassa ilmiöitä, jotka liikkuvat ajan juoksussa heilurinomaisesti päästä toiseen ikään kuin teesi – antiteesi akselilla. Tyypillisiä esimerkkejä ovat hajautuksen ja keskittämisen aste sekä korkea vapausaste vs. tiivis ohjaus ja koordinointi. Pitkällä aikajänteellä Grid lienee ilmiö, jonka sisällä ja soveltamisessa myös tapahtuu orientaatioita eri suuntiin. Kenttä elää ja pelaajat tekevät sopeuttavia korjausliikkeitä tilanteen mukaan.

Tässä selvityksessä Gridin tulevaisuutta pyritään hahmottamaan sekä nykytilanteen valossa että kuvaamalla muutamaa juuri kentälle ilmestynyttä ilmiötä, joilla voi olla huomattava vaikutus Gridin ja Grid-ajattelun tulevaisuuskuvaan.

4.1 Grid nykytilanteen valossa

Kun Gridin etenemisen edellytyksiä ja toisaalta hidasteita arvioidaan tietoyhteiskunnan rakenneosana, voidaan tarkasteluja suorittaa useista hyvin erilaisista näkökulmista. Näin on myös suotavaa tehdä, jotta Gridistä ilmiönä, konseptina ja työkaluna voisi saada edes kohtuullisen kokonaiskuvan.

4.1.1 Grid käsitteenä

Voidaan kysyä, onko Grid selkeä ja ymmärrettävä käsite. Yksikäsitteinen se ilmeisesti ei ainakaan ole, sillä kiteytyneen yleisesti hyväksytyyn määritelmän antaminen ei onnistu. Gridillä on monta ilmettä, se on hyvin geneerinen ja taipuu moneen tarkoitukseen jos niin halutaan.

Tämä on osa käsitteen voimaa, mutta samalla usein myös hämmentävä asia, josta Grid-yhteisön sisälläkin tunnetaan huolta. Gridin määrittelyjen moninainen joukko antaa runsaasti liikkumavaraa eri suuntiin ja sallii hyvin monenlaisten Gridien teoreettisen konstruoinnin.

Tämä antaa vapauksia Grid-käsitteen soveltamisessa ja käytössä mutta samalla myös sumentaa itse käsitettä. Tästä syystä Gridin yleinen edistäminen ja lanseeraaminen on ongelmallista, sillä on joko liikuttava erittäin korkealla abstraktiotasolla tai tehtävä kapeita aluevalintoja.

Gridillä ei ole sellaista selkeää ilmettä, josta sen jokainen voisi vaivatta tunnistaa. Tutustumisen vaatii syvempää perehtymistä ja samalla tarkastelunäkökulman valintaa, jotta käsitteen arvo ja merkitys tarkastelijan omassa ympäristössä voisi avautua. Tämä edellyttää, että Grid-ajattelun edistämisenä on käytettävä useita eri yleisö- tai asiakasryhmiä lähellä olevia konkreettisia esimerkkejä.

Toisaalta varsinaisten vaikutusten kannalta eivät ole tärkeintä käsite ja sen nimi sinänsä, vaan ne mahdollisuudet, joita konsepti tarjoaa ja niiden tunnetuksi tekeminen konkreettisin peruste-

luin ja esimerkein. Olennaista on kattokäsitteen onnistunut jalkautuminen käytännön toiminnaksi.

4.1.2 Gridin perusidean elinvoimaisuus

Voidaan kysyä, onko Gridin perusidea ja siihen liittyvät tekniset ja toiminnalliset kantavat tavoitteet ja ominaispiirteet elinvoimaisia. Tältä osin Grid on nimenomaan tiede- ja tutkimusyhteisössä osoittanut käytännön toimivuutensa ja osin myös välttämättömyytensä. Korkeatasoinen kansainvälinen tutkimusyhteistyö edellyttää Gridin kaltaista toimintaa ja jos siihen ei ole valmiuksia, sulkeutuu helposti syrjään tutkimuksen eturintamasta.

Gridin kantavat tavoitteet ja ajatusmaailma koskien mm. hajautettujen resurssien koordinoitua ja tehokasta käyttöä sekä joustavuuden lisäämistä tietojärjestelmissä ovat laajalti hyväksytyjä ja nähdään paitsi elinvoimaisina, myös oikeasuuntaisina ajatellen järjestelmille asetettavia kasvavia tehokkuus- ja palveluvaatimuksia. Perusidea koetaan terveenä ja geneerisenä etenemisen mallina.

4.1.3 Grid-ajattelumallin migraatio yleiseen käyttöön

Voidaan kysyä, onnistuuko Grid käsitteenä saamaan lisää jalansijaa ja tuleeko siitä myös muilla elämänoilla kuin tutkimusympäristössä keskeinen kehitystä ja toimintaa suuntaava kivijalka. Jotta näin kävisi, Gridin olisi pystyttävä tarjoamaan jotain enemmän tai jotain uutta ja erottuvaa suhteessa niihin moniin muihin konsepteihin, joilla kuvataan uusia kehittyviä tietojärjestelmäarkkitehtuureja.

Toistaiseksi, ajatellen esimerkiksi julkista sektoria tai yritys ympäristöä, Grid ei ole ainakaan vielä onnistunut kovin kirkkaasti erottumaan tai tarjoamaan jotain ratkaisevasti uutta tai kilpailukykyisempää kuin sen ns. naapurikonseptit, jotka ovat jo saaneet selvän jalansijan ”konseptimarkkinoilla”. Näiden nimeen kytketään ja niihin perustuu jo lukuisia todellisia käytännön ratkaisuja ja ne ovat osa alan vakioretoriikkaa.

Gridin lisäarvo riippumattomana käsitteenä on riippuvainen siitä, pystyykö se taustavoimiensa tukemana tuomaan kentälle uutta havaittavaa lisäarvoa tai kaupallista etua (*business case*) ja miten se sopeutuu olemassa oleviin malleihin. Ellei Grid onnistu jalkautumaan käytäntöön, sen rooli jää helposti universaalien ja lattean kattokäsitteen tasolle. Tällöin voidaan tietenkin iloita siitä menestyksestä, joita nämä muut sukulaiskäsitteet saavat ja lukea menestys osin myös kattokäsitteen ansioksi, mutta Gridin ansio jäisi kuitenkin luonteeltaan teoreettiseksi.

Itse asiassa ilmiöt kuten eBay, Google, Skype ja myös Linux ovat tavallaan Grid-ajattelun ilmentymiä tai johdannaisia, vaikka Grid-käsitettä ei niiden yhteydessä yleensä näe mainittavan. Teknologiat ovat hyödykkeistymässä ja palveluiden elinkaaret lyhenevät, jolloin asiakaskunnan todellinen tarve ja palvelusta saatu kuva ovat ratkaisevassa asemassa. Näiden haasteiden kautta kiristyvään kilpailuun pitää pystyä vastaamaan dynaamisin ja virtuaalisuuteen perustuvien ratkaisuin, siis Grid-ajattelun hengessä. Grid voi esimerkiksi toimia ”superconnectivity” välineenä ja Internetin vaikutusalan ja käyttövoiman lisääjänä.

Teollisen ajan logiikan ”jähmeiden mallien” sijaan tarvitaan aitoa asiakaslähtöistä, mm. mobiiliin varaan rakentuviin palveluprosesseihin perustuvaa ajattelua, esimerkkinä yleisölle suunnattu SMS-pohjainen lentoliikenteen lähtöselvitys sekä monet Call Center / Contact Cen-

ter – palvelut, mm. terveydenhuollon palvelu- ja hoitoketjussa, jolloin asiakas istunnon aikana on tavallaan osa häntä palvelevaa tietojärjestelmää.

Myös tietokonekeskusten virtualisointi, jossa tavoitteena on palveluiden, verkkojen, tietovarastojen hyödyntäminen ulospäin jakamattomana kokonaisuutena edustaa Grid-tyyppistä ajattelua. Tietoinfrastruktuurien johtaminen on voimakkaasti analogista suhteessa teollisia palveluja tarjoavaan tuotantolaitosjohtamiseen.

Läpimurtokonseptit syntyvät usein niin, että tutkijat tai konsultit havainnoivat kehityksen suuntia ja poimivat olemassa olevat ja toimiviksi osoittautuneet toimintatavat ja konseptit sekä alkavat kodifioida niitä. Uusia termejä tulee markkinoille jatkuvalla syötöllä, mutta harva pääsee läpimurtoon. Gridin läpimurto julkisella sektorilla ja liiketoiminnassa edellyttää konseptin jatkojalostusta ja asemointia käytössä oleviin johtamismenetelmiin.

Tämä vaatii, että Gridissä nähdään kaupallista potentiaalia. Tässä on Grid-ajattelua edistävän Enterprise Grid Alliancen (EGA)⁷⁰ varsinainen työmaa. Potentiaali on pystyttävä kuvaamaan ja perustelemaan liiketoiminnallisin argumentein, esimerkiksi osoittamalla, että tietoteknisten infrastruktuurien ongelmana ovat hajautuneet resurssit, matala käyttöaste ja korkeat käyttökustannukset, ja että konseptit kuten Grid ja sen ”sukulainen” RTI voivat merkittäväällä tavalla tehostaa resurssien käyttöä.

Gridiin ja sen lähikäsitteisiin perustuviin järjestelmärakenteisiin siirtyminen ei välttämättä ole helppoa. Migraatioon ei yleensä lähdetä sen itsensä vuoksi, vaan saavutettavista hyödyistä on oltava uskottava näkemys. Kyse ei nimenomaan ole yksin teknisestä operaatiosta, vaan toimintatapojen muutoksesta, mikä yleensä on paljon rankempi murrosprosessi.

Prosessi voi olla syvälinen ja siihen mahdollisesti liittyy resurssien, vastuiden ja toimivallan uusjakoa mm. kun siirrytään erillisjärjestelmistä kohden yhteiskäyttöisiä resursseja ja uutta ”yhteisöllisyyttä”. Myös yrityksen ja sen asiakaskunnan välinen vuorovaikutus saattaa muoutua uuteen asuun. Asiakaslähtöisen toimintamallin omaksuminen tai joustavan organisaation periaate ei kaikilta tahdo onnistua ajankaan kanssa ja eriäviä näkemyksiä voi olla vaikeaa sovittaa yhteen.

4.1.4 Gridin rooli ja merkitys mallinnuksen apuvälineenä

Voidaan kysyä, onko Grid hyödyllinen neutraali infrastruktuurien mallinnuksen apuväline. Grid voidaan nähdä rakenteellisuutta ja komponenttiajattelua korostavana lähestymistapana, jonka ilmeinen hyöty saattaa olla tietomallien ja mallipohjaisten palvelujen kehittämisessä.

Esimerkiksi ulkoistuspalveluissa eri järjestelmäkomponenttien abstrahointi tietomalliin, niiden elinkaaren hallinta ja tältä pohjalla tapahtuva ennakoiva johtaminen on keskeinen palvelun laatua ja yrityksen kilpailukykyä edistävä tekijä.

Gridillä voi riippumattomana metatason kattokäsitteenä olla merkittävää menetelmällistä arvoa:

⁷⁰ Kts. lähemmin tämän raportin liite 1.

- järjestelmäarkkitehtuurien tutkimisessa, suunnittelussa ja testaamisessa, jossa myös etsitään järjestelmäkomponenttien rajapintarakenteita sekä tunnistetaan standardointikohteita;
- yhteisenä nimittäjänä hallinnon ja liike-elämän tarpeisiin liimaamaan yhteen ja täydentämään olemassa olevia johtamismenetelmiä ja niiden kytkeytymistä tietojärjestelmärakenteisiin.

Meneillään on useilla rintamalla tapahtuvaa tietojärjestelmäarkkitehtuurien ja palveluiden rakenteiden ja järjestelmien uudistamista, mikä vaatii uutta komponenttipohjaista lähestymistapaa ja suunnittelukäytäntöä. Tämän ajattelun sisärajassa Grid-ajattelu voi tarjota hyödyllistä käsitteellistä ja esimerkein täydennettyä tukea.

4.2 Uusia aloitteita ja foorumeja

Perustellusti voidaan sanoa, että Grid-konseptin käyttöönotto tutkimusyhteisön ulkopuolella on toistaiseksi ollut laimeaa ja parhaimmillaan pistemäistä. Myös alan kaupallisten toimijoiden sitoutuminen asiaan on ollut epäyhtenäistä. Asiantilaan haetaan korjausta usealla eri rintamalla.

4.2.1 Networked European Software and Services Initiative NESSI

Syyskuussa 2005 käynnistyi organisoituneen muodon saanut aloite, NESSI (*Networked European Software and Services Initiative*), joka on ICT alan toimijavetoinen foorumi (*technical platform*). Tämän yhteistyön puitteissa on tarkoitus kehittää yhteistä eurooppalaista näkemystä ja tutkimusta palveluarkkitehtuurien ja ohjelmistoinfrastruktuurien alueella⁷¹.

Foorumiin ensi vaiheessa liittyneet yritykset ovat: Atos Origin, British Telecom, Engineering Ingegneria Informatica, HP, IBM, Nokia, ObjectWeb, SAP, Siemens, Software AG, Telecom Italia, Telefonica sekä Thales. Tässä kannattaa panna merkille teleoperaattoreiden osuus, joka antaa signaalin niiden kiinnostuksesta muokata rooliaan ja palvelutarjoumaansa järjestelmätoimitusten suuntaan.

Foorumi on lanseerattu eurooppalaisena, mutta osanottajista voi hyvin päätellä, että kyseessä on kuitenkin kansainvälisellä tasolla vaikuttava yhteisö, jonka näkemykset ja tulokset eivät rajoitu yksin Eurooppaan. Foorumi on luonteeltaan avoin uusille yrityksille mutta myös korkeakouluille ja tutkimuslaitoksille, mutta tavoitteena on pitää se yritysvetoisena. NESSIn linjauksissa omasta työmaastaan ei korosteta Grid-käsitettä, mutta päämäärät ovat hyvin Grid-ideologian mukaisia:

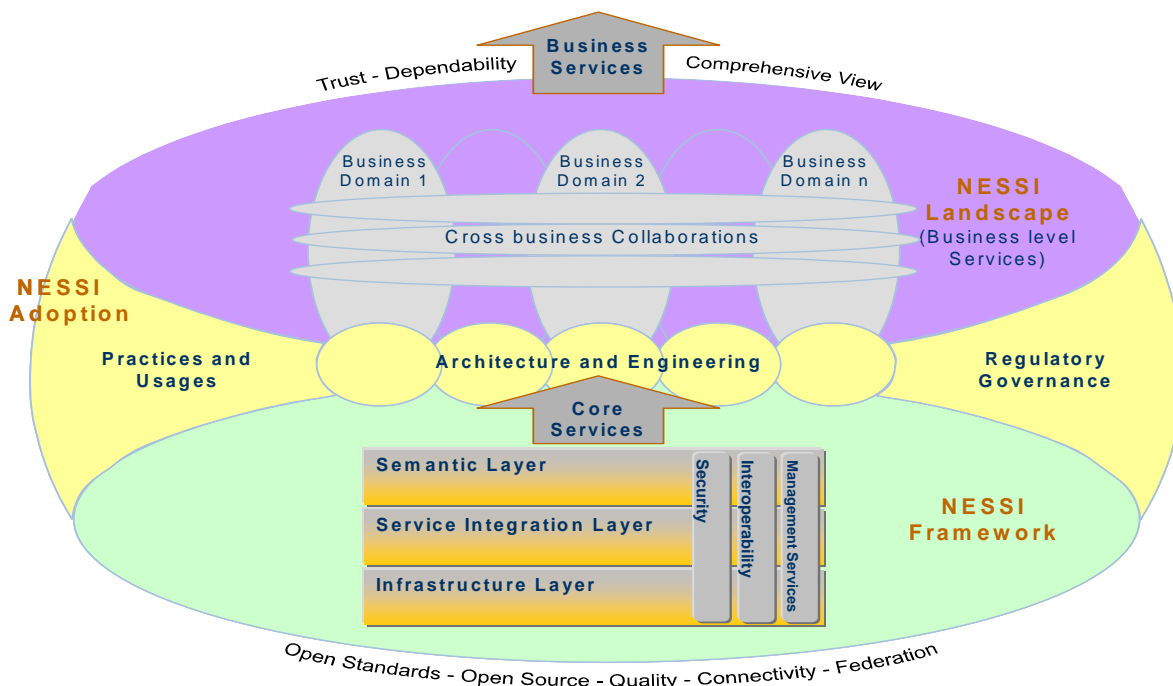
“NESSI introduces a new technological scenario, characterised by large distributed systems with many data collection points, services, and computers that evolve data into knowledge and help humans coordinate the execution of complex tasks. Large amounts of data will be generated by sensors, transmitted via wireless channels to ground stations, then moved through fast optical technology to powerful computational infrastructure, and the results are visualised on different devices according to the context of use. A crucial missing piece is a software infrastructure middleware facilitating a seamless and cost-effective composition of services in this new era of the Web. This software infrastructure should support pervasive and ubiquitous application scenarios where machines dissolve into the net and become a set of special purpose and domain specific appliances”.

“NESSI’s approach is application domain independent, even if the outcome of the work on the roadmap could be configured and extended in domain specific platforms that could be re-combined in

⁷¹ www.nessi-europe.com

*cross-domain platforms, creating a federation process. Autonomic capability will allow the solutions to adapt themselves to changes in the deployment environment conditions, in the business scenarios and in the user requirements*⁷².

NESSI on aloite, joka pyrkii saavuttamaan merkittävän operatiivisen roolin (*ETP, European Technology Platform*) Euroopan komission seitsemännessä tutkimuksen ja kehittämisen puiteohjelmassa (FP7). Tämä edellyttää strategisen tutkimusagendan (*SRA, Strategic Research Agenda*) rakentamista, joka on ajoitettu syntyväksi vuoden 2006 aikana. Tässä prosessissa työversiona käytetään seuraavaa yleiskaaviota⁷³:



Tämän selvityksen liitteessä 2 on hieman lähemmin kuvattu tapaa, jolla NESSI on tarkoitus kytkeä osaksi laajempaa rakenteilla olevaa FP7 puiteohjelman ETP-kokonaisuutta.

4.2.2 Information Technology for European Advancement ITEA

Lokakuussa 2005 Euroopan komissio teki osaltaan päätöksen EUREKAN ITEA (*Information Technology for European Advancement*) -klusteriohjelman jatkamisesta ITEA2-ohjelmana⁷⁴. EUREKA on vuonna 1985 perustettu eurooppalainen yhteistoimintaverkosto, jonka *markkinälähtöisissä, teollisuusvetoisissa tutkimus- ja tuotekehitysprojekteissa* kehitetään tuotteita, prosesseja ja palveluita globaaleille markkinoille. EUREKassa tavoitteena on nostaa eurooppalaisten yritysten kilpailukyky maailman huipputasolle. Suomessa EUREKA-kentän kordinoinnin vastuutaho on Tekes.

⁷² Future for European Grids, NGG Group, January 2006

⁷³ www.nessi-europe.com/SRA_page.htm / SRA – Volume 1, draft, 26 Jan 2006

⁷⁴ www.itea2.org

Verkostossa on mukana 35 Euroopan maata sekä Euroopan unioni komission edustamana. ITEA-yhteistyöhön on osallistunut ja osallistuu 554 partneria 25 eri maasta. Myös suomalais-ten yritysten (mukana myös pieniä ja keskisuuria yrityksiä), julkishallintoa edustavien yksiköiden sekä korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten määrä on huomattava.

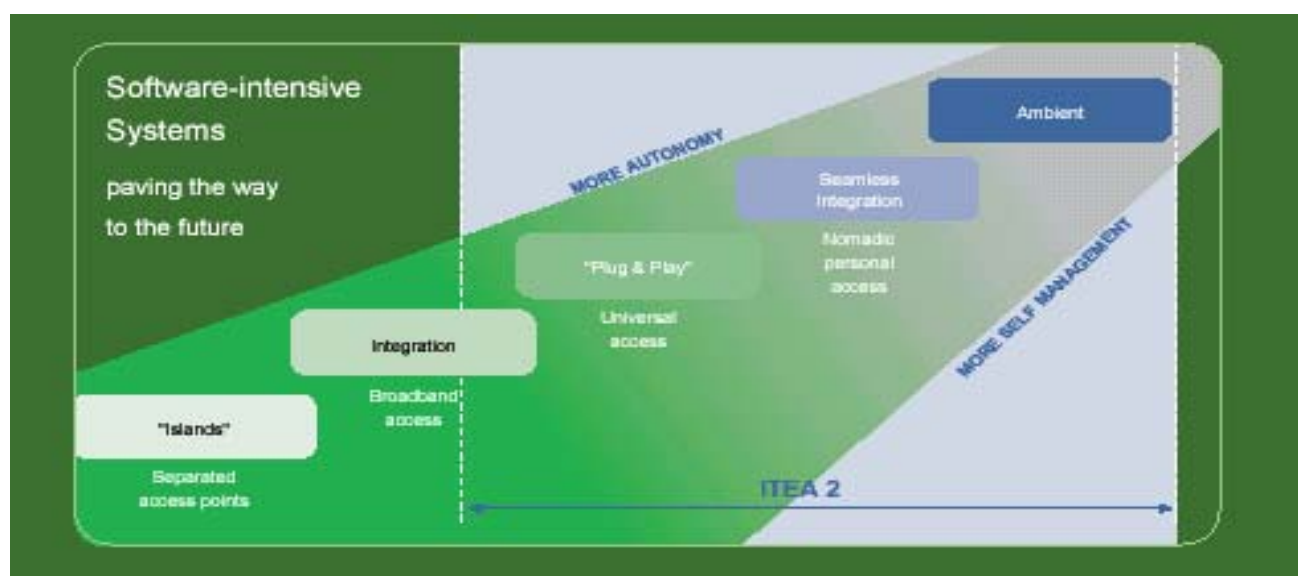
ITEA2-ohjelman perustajapartnereita ovat Airbus, Alcatel, Barco, Bosch, Bull, DaimlerChrysler, European Federation of High Tech SMEs, Italtel, Nokia, Philips, Siemens, Telvent, Thales ja Thomson. Mukana on siis samoja tahoja kuin edellä kuvatussa NESSI-yhteistyössä.

ITEAn piirissä on tuotettu perusdokumentti ”*ITEA Technology Roadmap for Software Intensive Systems*”⁷⁵, joka pyrkii luomaan yhteisesti hyödynnettävän puitteen ITEA-projekteissa toteutettavalle ohjelmistoarkkitehtuurityölle. Tämän tiekartan rakenne perustuu valittuihin sovellusalueisiin (*application domains*) ja niiden kehitysskenaarioihin, sekä teknologiaryppäisiin (*technology clusters*), joita peilataan skenaarioiden esiintuomia tarpeita vastaan.

ITEAn valitseman lähestymistavan tuottama päätelmä on teknologioiden konvergensi kohden ambient intelligence – konseptia, jonka osalta todetaan:

”It is important to realise that the ambient intelligence concept is not limited to services or devices – it extends to any kind of software system (including the networks themselves. There is a global trend towards software systems becoming sets of intelligent interacting components that are dynamically combined according to needs; every component has a level of autonomy, and is able to repair, configure and optimise itself. Web services can be seen as a first step in this direction, but other technologies will contribute (security, agents, grids, etc.)”.

ITEA näkee ambient intelligence – konseptin osana kehitysjatkumoa, jota havainnollistaa seuraava kaavio. Siinä teknologiseksi näkökulmaksi on valittu liittymä (*access*):



⁷⁵ ITEA Technology Roadmap for Software Intensive Systems, 2nd Edition, May 2004

ITEA tarkastelee vastaavalla tavalla, evoluutionomaisesti, ohjelmistoteknologian paradigma-muutoksia seuraavasti: *rakenteellinen - objektiorientoitunut – komponenttipohjainen - agenttipohjainen* ohjelmointi:

”The implementation of software-intensive systems will lead to more modularity and to component-based techniques. Software components will become essential to master the complexity of embedded and middleware systems” ... ”One of the long-term problems to be solved is how to develop applications, services and components that will enter a distributed and dynamic environment” ... ”Self-organisation and self-configuration need to be introduced and a paradigm shift is expected towards self-aware and autonomous software agents”.

4.2.3 European Information Society 2010

Kesäkuussa 2005 Euroopan komissio julkaisi aloitteen *”i2010: European Information Society 2010”*. Aloite on vahvasti poliittinen ja painottaa tarvetta uudistaa rakenteita, instrumentteja ja työkaluja ”digitaaliseen talouteen” siirryttäessä. Aloitteen painopistealueet ovat tiiviisti kuvaten seuraavat:

- *Focus 1* – creation of a modern, market-oriented regulatory framework for the digital economy by combining all the regulatory instruments at the Commission’s disposal;
- *Focus 2* – promote innovation and technological leadership by bringing the EU’s research and development instruments into the game of digital convergence and setting priorities for cooperation with the private sector;
- *Focus 3* – promotion of an inclusive European Information Society, supported by efficient and user-friendly ICT enabled public services.

Varsin merkittävä on seuraava viittaus tarpeesta selkeyttää ja integroida arkkitehtuureihin liittyviä käsitteistöjä:

“The convergence of Grids, Web Services, Semantic technologies, and emerging Service Oriented Architectures towards a service-oriented utility infrastructure has in particular significant potential to directly contribute to i2010’s second focus area by stimulating European innovation in leading edge technologies and services”⁷⁶.

Tässä aloitteessa, joka on keskeinen komission linjaus, on Gridin kannalta erittäin merkityksellistä yllä oleva viittaus *”suureen konvergenssiin” eli käsiteintegraatioon*, jossa useat tässäkin selvityksessä mainitut sukulaiskäsitteet tai ajattelutavat ryhmittyvät samaan ruutuun ja yhteisten tavoitteiden taakse. Tätä kuvataan lisää seuraavassa kohdassa 4.3. Tämän selvityksen liitteessä 2 on lähemmin kuvattu, miten tämä politiikka heijastuu komission rahoittamassa tutkimustoiminnassa sen seitsemännen puiteohjelman (FP7) valmistelussa.

4.3 Skenaario käsitteiden integraatiosta

Eurooppalaisten asiantuntijoiden työryhmä NGG (*Next Generation Grids Expert Group*) on kolmannessa raportissaan tammikuussa 2006 hahmottanut visioita ja suuntaviittoja pitkällä aikajänteellä (*2010 and beyond*). Asiantuntijat edustavat sekä eurooppalaisia että monikansallisia toimijoita niin tutkimuksen kuin liike-elämän puolelta. Nokia on osallistunut ryhmän työhön.

⁷⁶ Future for European Grids, NGG Group, January 2006

Ryhmä ennakoi, että yhä useammin tietojärjestelmät tulevat rakentumaan dynaamisesti allokoituvalla heterogeeniselle joukolle palvelukomponentteja (*utilities*), joilla voi olla eri toimittajia, joissa on mahdollisesti käytetty hyvinkin erilaisia teknologioita ja ohjelmistotyökaluja, ja joiden käytettävyys perustuu standardoituihin rajapintoihin. Nämä palvelut ovat tulevaisuuden Grid-järjestelmäresurssien virtuaalisia rakenneosia.

Tämä visio viittaa suoraan tässä selvityksessä kohdassa 4.2 mainittuun käsiteintegraatioon. Vision nimeksi on annettu SOKU (*Service Oriented Knowledge Utilities*), joka edellä mainitussa NGG – ryhmän raportissa esitellään uutena palveluvälityksen ja sitä tukevan ohjelmistoinfrastruktuurin paradigmana:

”The SOKU vision technically builds on a natural evolution and combination of concepts from Web Services, Grid technologies, the Semantic Web, distributed analytics and self-organising systems that have reasonably broad international industry acceptance”.

SOKU- konseptille ominaisiksi luonteenpiirteiksi ja tunnusmerkeiksi luetaan:

- *joustava, voimakas ja kustannustehokas tapa rakentaa, hyödyntää ja edelleenkehittää ICT-intensiivisiä ratkaisuja liike-elämän ja muun yhteiskunnan tarpeisiin;*
- *rakentuminen sekä olemassa olevien käytäntöjen, että trendien ja tulokastelektioiden vaaraan;*
- *pelisääntöjen ja menetelmien tarjonta järjestelmien rakentamiseksi yhdistelemällä palvelukomponentteja (*utilities*) tavalla, jnoka edistää yhteistyötä ja omaehtoista organisoitumista;*
- *ohjelmisto- ja palvelutarjonnan rakennemuutos perinteisestä järjestelmätoimituskäytännöstä kohden palvelukomponenttien (*utilities*) välitystä.*

Perinteiseen järjestelmäajatteluun verrattuna SOKU-konseptille ominaista ja keskeistä on kerroksisten rakenteiden muuntuminen hierarkiattomaksi, tarpeen mukaan ja tilanelähtöisesti organisoituvaksi ja hyödynnettäväksi palvelukomponenttien joukoksi:

“The primary difference to earlier approaches is a switch from a prescribed layered view to a multi-dimensional mesh of concepts, applying the same mechanisms along each dimension across the traditional layers. There is a strong focus on exposing only user level concepts and the expectation of being able to use the provided services with the same dependability, safety, ease and ubiquity as existing utilities such as power or water”” In the same way as the Web is the combination of multiple webs and the Grid of multiple grids, we envisage the Service Oriented Knowledge Utility as composed of multiple Service Oriented Knowledge Utilities”” A utility is a directly and immediately usable service with established functionality, performance and dependability, illustrating the emphasis on user needs and issues such as trust”.

Sen sijaan, että järjestelmissä valjastetaan kiinteästi resursseja kuhunkin toimintoon, ja tehdään tarpeiden muuttuessa työläitä ja kalliita rakennemuutoksia, tulevaisuuden järjestelmissä resurssit käsitetään varantona, jota voidaan dynaamisesti käyttää kulloisenkin ilmenevän tarpeen mukaan. Nämä resurssit eli palvelut hyödykkeistyvät:

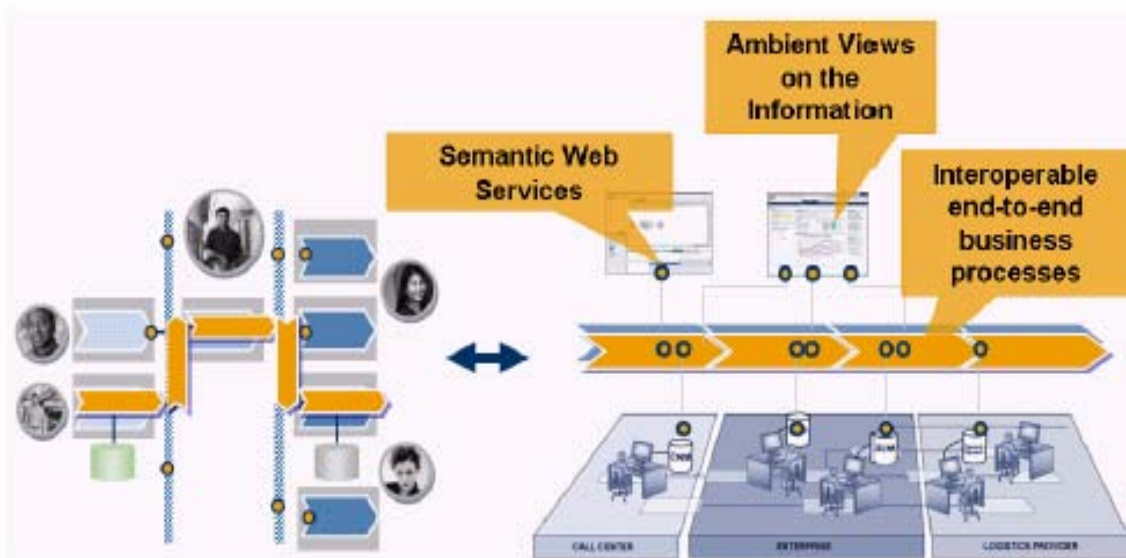
“In fact with enterprise applications becoming a kind of commodity software within the next decade, application service providers face the challenge to serve thousands of systems for their customers which makes the automation of hosting environments even more important”.

Tässä selvityksessä on moneen otteeseen korostettu, että liiketoimintaympäristöt ovat yhä dynaamisempia ja tietojärjestelmien on pystyttävä reagoimaan muutos- ja uudelleenorganisointitarpeisiin ennalta arvaamattomasti ja nopeasti, tavallaan lennosta. Uusien ajattelutapojen ja järjestelmärakenteiden on pystyttävä edistämään tätä valmiutta ja samalla vastaamaan virtuaaliorganisaatioiden kehittymiseen.

Yritykset ovat osapuolia erilaisissa nopeasti muuntuviissa *arvoketjuissa ja arvoverkoissa*. Nämä voivat olla sekä *tuotannollisia* että *suoriin asiakasyhteyksiin* liittyviä. Lisäksi ns. ennakkoimattomat palveluvierailut, web-hengessä, yleistyvät ja palvelutarjonnan on pystyttävä vastaamaan myös tähän kysyntään.

Seuraavassa kaaviossa⁷⁷ havainnollistetaan periaatetasolla, miten erilaiset resurssit eli palvelut asettuvat dynaamisesti prosessien, tässä tapauksessa liiketoimintaprosessien käyttöön.

Kaavio myös kuvaa, miten erilaisista palveluista voi olla kyse: Prosessi pystyy yksilöllisellä tavalla ja skaalautuvasti hyödyntämään semanttisia web-palveluita, call center palveluita, yrityksen sisäisiä tietojärjestelmiä, logistiikkapalveluita sekä erilaisia dynaamisia näkymiä eli ikkunoita koko prosessiin ja sen tietosisältöön. Skaalautuvuusominaisuus on keskeinen kun tavoitteena on saavuttaa palveluiden korkea yleis- ja yhteiskäyttöisyysaste:



Palveluarkkitehtuuri ja skaalautuvat rakenteet tulevaisuuden tietojärjestelmissä.

Edellä kuvatussa SOKU-visioinnissa dynaamisuudella ja itseorganisoituvuudella on suuri painoarvo. Vision teknisissä ja toiminnallisissa yksityiskohtaisemmissa esittelyissä käytetään ilmaisua *self-**, jolla viitataan erilaisiin tapoihin ja käytäntöihin, joissa joko palveluprosessi ohjautuu omatoimisesti itseään tarkkaillen tai sitä ohjaa käyttäjän tai asiakkaan oma yksilöllinen profiili tai ad-hoc- valinta (*self-organisation, self-configuration, self-healing, self-provisioning, self-protection, self-optimisation* jne.). SOKU-vision rooliin komission tutki-

⁷⁷ Future for European Grids, NGG Group, January 2006

muksen ja kehittämisen seitsemännessä puiteohjelmassa on myös viitattu tämän selvityksen liitteessä 2.

4.4 Yhteenveto

Edellä kuvatut uudet aloitetut ja foorumit sekä toisaalta havainnot ”suuresta käsiteintegraatiosta” antavat kuvaa siitä ankarasta turbulenssista, jossa haetaan entistä toimivampaa jäsennystä tietojärjestelmäarkkitehtuurien ja tietojärjestelmien käytännön toteutuksen tueksi.

Pyrkimykset ovat osin päällekkäisiä, osin myös toisiaan aidosti täydentäviä. Konseptien ja tietojärjestelmäarkkitehtuurien rakentajilta on lupa edellyttää selkeää rakenteellista ajattelua. Tässä turbulenssissa näiden arkkitehtien tulee myös vastata siihen haasteeseen, jonka heidän itsensä harjoittama yhteistyö ja sen mielekäs ja käytännön tuloksiin johtava organisointi heille asettaa.

Konsepti-integraatio helpottuu kun abstraktiotasoa nostetaan, mutta samalla etäisyys konseptien konkreettisesta jalkautumisesta käytäntöön saattaa kasvaa. Esimerkkinä segmentistä, jossa on saavutettava kunnollinen käytännön realisaatio on ”thrustworthiness” eli luotettava end-to-end turvallisuusarkkitehtuuri⁷⁸. Tätä teemaa korostaa myös ITEAn roadmap:

”The current strong demand for thrustworthiness in the distribution infrastructure will probably be a major factor affecting acceptance as the ”virtual cyber identity” develops⁷⁹”.

⁷⁸ Haastattelu, prof. Martti Mäntylä, HIIT, 16.02.2006

⁷⁹ ITEA Technology Roadmap for Software Intensive Systems, 2nd Edition, May 2004, sivu 24

5 GRID MAAILMALLA

5.1 Grid Suomessa

Suomessa on Grid-tutkimuksesta ja soveltamisesta tiede- ja tutkimusyhteisössä saavutettu huomattavaa volyymia ja kokemusta. Merkittäviä suomalaisia toimijatahoja ovat mm.

- *Fysiikan tutkimuslaitos (Helsinki Institute of Physics (HIP))*, joka on Helsingin yliopiston, Teknillisen korkeakoulun ja Jyväskylän yliopiston yhteisohjauksessa oleva tutkimuslaitos ja joka mm. harjoittaa kansainvälistä tutkimusyhteistyötä fysiikan johtavien tutkimuslaitosten kanssa, esimerkkinä CERN;
- *Helsinki Institute of Information Technology (HIIT)*, joka on Teknillisen korkeakoulun ja Helsingin yliopiston yhteisohjauksessa ja jonka strategisesti tärkeitä erikoistumisalueita ovat mm. internetin hakukoneet sekä semanttinen web-teknologia. Keskeinen ajankohtainen työmaa on turvallisuus- ja luottamusarkkitehtuuri, erityisesti mobiiliympäristössä. Tähän kytkeytyy protokollakehitystä, joka olisi myös yleisemmin hyödynnettävissä Grid-alustoissa;
- *Tieteen tietotekniikan keskus (Finnish IT Center for Science (CSC))*, joka on opetusministeriön hallinnoima keskus, joka tarjoaa korkeakouluille ja tutkimuslaitoksille tietoteknistä tukea ja resursseja kuten mallinnus- ja laskentapalveluja sekä informaatiopalveluja. Palveluvalikoimaan sisältyy Suomen tehokkain superlaskentaympäristö *Funet-tietoliikenneyhteyksien* kautta. CSC on avainasemassa kotimaisessa Grid-kehityksessä sekä osallistuu alan eurooppalaiseen ja kansainväliseen yhteistyöhön;
- *VTT Information Technology*, joka suorittaa Gridiin liittyvää tutkimus- ja kehitystyötä sekä tarjoaa tietopalveluja.

Lisäksi huomattava joukko muita suomalaisia julkisia ja yksityisiä toimijoita ja korkeakouluja on mukana kansallisessa ja kansainvälisessä Grid-yhteistyössä ja osallistuu eri rooleissa Grid-hankkeisiin.

Seuraavassa on lueteltu keskeisiä Grid-aiheisia kotimaisia hankkeita, joissa suomalaisia osapuolia on ollut tai on eri rooleissa mukana:

- *Materiaalitutkimuksen kansallinen Grid-infrastruktuuri (M-grid)* on CSC:n, seitsemän suomalaisen yliopiston sekä HIP:n yhteinen hanke, jossa on rakennettu tietokoneverkosto kytkemällä eri paikkakunnilla sijaitsevat klusterilaitteistot yhteen Grid-laskentajärjestelmäksi. Järjestelmä on liitetty pohjoismaiseen NorduGrid-verkkoon. Hankkeessa on tukeuduttu Suomen Akatemian infrastruktuurirahoitukseen⁸⁰.
- *NetGest (Network Identity, Grid Enabled Service and Trust Networks)*, joka on vuonna 2004 päättynyt HIP:n teollinen Grid-tutkimusprojekti. Muita osapuolia ovat olleet Wirlab Research Center (Tampere University Extension Studies) sekä TBRC (Telecom Business Research Center) Lappeenrannan Teknillisestä korkeakoulusta. Rahoittajina olivat Tekes, Cygate Networks, Nokia Mobile Phones, Nokia Research Center, VLP (Vaasan Läänin Puhelin Oy) & APO (Alajärven Puhelinosuuskunta) sekä Valimo Wireless⁸¹.
- *NetGate (Network Identity, GRID Services Access and Telecom Enabled Provisioning)*, joka on vuonna 2005 käynnistynyt, myös HIP:n teollinen Grid-tutkimusprojekti. Projekti on jatkoa aikaisemmalle NetGest-projektille. Mukana ovat Tekes, TBRC, HIP, Helsingin yliopisto, CSC sekä yritysrahoittajina Elisa, F-Secure, Nokia Networks, Ortikon Interactive, Stonesoft ja Valimo Wireless⁸².

⁸⁰ <http://www.csc.fi/proj/mgrid/>

⁸¹ <https://wiki.hip.fi/twiki/bin/view/Main/NetGest>

⁸² <https://wiki.hip.fi/twiki/bin/view/Main/NetGate>

Grid-teknologia nähdään keskeisenä kansallisena tutkimuksen menestystekijänä tulevaisuudessa, mitä painottaa opetusministeriön Grid-strategiatyöryhmä väliraportissaan⁸³. Siinä esitetään vahvan kansallisen Grid-teknologian osaamiskeskuksen perustamista Suomeen. Keskukseen tehtävänä olisi edistää Grid-teknologian soveltamista sekä tarjota data-intensiivisten laskenta- ja tallennushaasteiden ratkaisuja sekä Grid-teknologian edellyttämää koulutusta sekä tutkimusyhteisön, yritysten että julkisen hallinnon tarpeisiin. Osaamiskeskuksen tulisi myös toimia linkkinä muihin kansainvälisiin, merkittävää datan tallennuskapasiteettia vaativiin projekteihin.

Lisäksi nähdään⁸⁴, että Suomessa on test-bed -intensiivisiä hankkeita, joissa Grid-pohjaisilla palveluilla voisi olla hyvä sija yhteistyökaluna. Sellaisia ovat mm. *Octopus*⁸⁵, joka on Ouluvetoinen 3G mobiili kokeiluverkosto, jossa osapuolina ovat sekä tutkimus että yritykset, sekä *DIMES (Digital Media Services Innovation Finland)*⁸⁶, joka on Octopus-verkosta laajempi yhdistysmuotoinen organisaatio, joka tähtää vahvistamaan suomalaista ICT klusteria *avoimen innovaatioympäristön* avulla. Gridin käyttö usean osapuolen yhteisissä testausalustoissa nähdään myös erinomaisena teknologian siirron (*technology dissemination*) välineenä.

Tähän teemaan on myös puuttunut Nokian johtaja, prof. Yrjö Neuvo esitellessään avoimuuden perustuvien innovaatioympäristöjen merkitystä⁸⁷. Esimerkkeinä kuvataan yhteistyö avointa koodia suosivien työyhteisöjen (*open source communities*) kanssa sekä eräänä realisaationa Nokia 770 avoin arkkitehtuuri. DIMES-yhteistyössä tavoitteena on hyödyntää tämänkaltaista asiantuntijuuksia avoimesti integroivaa Gridille tyypillistä ajattelutapaa ja vastaavia käytännön menettelyitä.

5.2 Grid muualla Euroopassa

5.2.1 Pohjoismaat ja pohjoismainen yhteistyö

Suomen tapaan myös muissa pohjoismaissa on sekä kansallisen mittakaavan että sektorikohtaisia omia Grid-verkostoja kuten *Swegrid* Ruotsissa, *Dansk Center for Grid Computing* Tanskassa sekä *NORGrid* Norjassa.

Kansallisten verkostojen rakentamisen lisäksi harjoitetaan pohjoismaista yhteistyötä verkottamalla sopimus pohjaisesti yhteen kansallisia Grid-verkostoja. *Nordic Data Grid Facility -projekti (NDGF)*, joka on pohjoismaisten tiedeneuvostojen hanke, rakentaa pohjoismaista grid-infrastruktuuria. Projektin ensimmäinen vaihe vv. 2003–2005 on rahoitettu pohjoismaisena yhteistyönä (Suomen osalta Suomen Akatemia).

Projektin ensimmäinen vaihe on tehnyt ehdotuksen pohjoismaisen Grid-teknologian käyttöä edistävän organisaation, NDGF, perustamiseksi, jolloin voitaisiin paremmin edistää pohjoismaisten suurteholaskennan tukikeskusten ja näitä hyödyntävien tutkimusryhmien työtä. Tavoitteena on myös saavuttaa mittakaavaetua ja parantaa pohjoismaisten toimijoiden mahdollisuuksia vaikuttaa paremmin EU:n rahoittamien Gridien toteutuksiin ja niiden hyödyntämismahdollisuuksiin.

⁸³ Grid-strategiatyöryhmän väliraportti 15.09.2005

⁸⁴ www.csc.fi/grid/gsuomi.phtml.en

⁸⁵ www.mobileforum.org/octopus/

⁸⁶ www.dimes.fi

⁸⁷ Open Innovation Driving Renewal, Tekes Innovation Foresight Seminar, March 8th 2006, www.tekes.fi

Pohjoismaista yhteistyötä edustaa myös MoU (Memorandum of Understanding) – pohjainen *NorduGrid-projekti*, jossa on kehitetty pohjoismaissa käytettyä väliohjelmistoa (*Advance Resource Connector, ARC*)⁸⁸. Sen avulla on rakennettu lähes 6000 prosessoria kattava Grid. NorduGrid on ollut tuotantokäytössä vuodesta 2002 ja se kuuluu maailman suurimpien Gridien joukkoon. ARC-ohjelmistoa on tarkoitus käyttää jatkossa pohjoismaisen NDGF-organisaation perustyökaluna.

Grid-läheiseen pohjoismaiseen yhteistyöhön lukeutuu myös *NORDU*net, joka huolehtii Pohjoismaiden tutkimusverkkojen välisestä tiedonsiirtoverkosta ja yhteyksistä kansainväliseen akateemiseen ja kaupalliseen Internet-verkkoon. *NORDU*netiä operoi Tanskassa sijaitseva *NORDU*net AS, joka on pohjoismaisten valtioiden yhdessä omistama.

5.2.2 Muu Eurooppa

Eurooppalaisten tai eurooppalaisvetoisten Grid-hankkeiden kirjo on suuri niin taustaltaan kuin sisällöltään ja tavoitteiltaan. Osa hankkeista ja toimivista Grideistä on kansallisia, osa puolestaan monikansallisia tähdäten suoraan kansainväliseen yhteistyöhön ja sen voimistamiseen.

Tässä raportissa esitellään esimerkinomaisesti sellaisia merkittäviä Grid-hankkeita, joissa on suomalaisia toimijoita tai joissa myös suomalainen läsnäolo tuntuisi olevan perusteltua.

Useissa hankkeissa taustalla on Euroopan Unionin taloudellinen tuki, joka puolestaan kanavoituu toimijoille EU:n eri yksiköiden, eri kehittämisohjelmien ja useiden eri rahoitusinstrumenttien kautta. Eri ohjelmilla ja instrumenteilla on erilaiset tavoitteet, ohjelmamäärittelyt ja rahoitussäännöt (*legal basis*), mikä seikka luokittelee hankkeet eri kategorioihin.

Tämän raportin liitteessä 2 käsitellään erityisesti niitä Gridiin liittyviä toimia, ohjelmia ja projekteja, jotka kuuluvat *Euroopan komission tutkimuksen ja kehittämisen puiteohjelmien (Framework Programmes) IST (Information Society Technologies) ohjelmakokonaisuuksien piiriin*.

Seuraavassa luettelossa kuvataan pääosin muita, suomalaisnäkökulmasta mielenkiintoisia eurooppalaisia Grid-hankkeita, erityisesti sellaisia, joissa suomalaisia osapuolia on mukana. Näistäkin varsin monessa on jossain muodossa kanavoituna EU:n tukea:

- *DEISA (Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications)* on projekti, joka pyrkii yhdistämään suuria eurooppalaisia superkonekeskuksia suureksi hajautetuksi resurssiksi. Projektiin osallistuminen avaa suomalaisille mahdollisuuksia hyödyntää suurta laskentakapasiteettia. Suomen edustajana hankkeessa on Tieteen tietotekniikan keskus CSC;
- *ENACTS* on Euroopan tieteellisten laskentakeskusten välinen yhteistyöfoorumi, jonka tavoitteena on selvittää suurteholaskennan tulevaisuuden näkymiä, erityisesti Grid-kehitystä ja sen asemaa;
- *EMBRACE (European Common Model for Biological Resource And Content Exchange)*, joka on EU:n rahoittama hanke verkostoida eurooppalaisia bioinformatiikan asiantuntijoita sekä korkeakouluista että yrityksistä. Suomen edustaja on CSC;
- *EGEE (Enabling Grids for E-science)*, joka pyrkii EU:n tuella luomaan Euroopan laajuisen Grid-infrastruktuurin tukemaan ERA:a eli eurooppalaista tutkimusaluetta. Perustana on eu-

⁸⁸ <http://www.nordugrid.org>

roopanlaajuinen Linux-PC-ryppäistä rakentuva tallennus- ja laskentajärjestelmä. Suomen edustajia hankkeessa ovat HIP ja CSC;

- *LCG (LHC Computing Grid)*, joka varustaa Grid-infrastruktuurin CERN:in LHC (Large Hadron Collider) törmäyttimen tuottaman datan ja sen analyysien tarpeisiin – mm. alkuräjähdyksen tutkimiseen. Keskeinen suomalainen toimija tässä hankkeessa on HIP. *CERN openlab for Datagrid applications* on puite, jonka avulla projekteissa yritysten kanssa etsitään LCG:lle soveliaita ratkaisuja. Siihen ovat liittyneet Suomesta F-Secure ja Stonesoft;
- *ALVIS (Superpeer Semantic Search Engine)*, jonka tavoitteena on EU:n tuella kehittää hakukoneteknologiaa, jossa keskitytään sisällön semantiikan analyysiin. Projektin koordinaattorina toimii suomalainen HIIT, jolla on myös tällä tutkimusalueella kumppanuussuhde Kiinaan (Tshinghuan yliopisto).

Euroopassa on lukuisia Gridejä, joilla toisaalta haetaan yhteistyötä yhteiskäyttöön varattujen resurssien avulla tai tehostetaan tietojenkäsittelyn, -siirron, ja tietovarastojen käyttöä. Esimerkkejä lukuisten Gridien joukossa ovat mm.

- *Fraunhofer GRID Alliance and Research GRID*, joka pyrkii rakentamaan siltaa tieteen (eScience) ja teollisuuden välille⁸⁹;
- *Hungarian ClusterGRID*, jossa on yli 1000 verkostosolmua ja 500Gflop prosessointivoimaa, kyse on PC-klustereista, jotka päivisin ovat opetuskäytössä ja jotka öisin Gridiin kytkettyinä muodostavat prosessointiresurssipoolin⁹⁰.

Euroopan osalta tärkeä tutkimussuuntautunut Grid-tietouden kanava on ERCIM (*The European Research Consortium for Informatics and Mathematics*)⁹¹, joka edistää eurooppalaisen tutkimusyhteisön yhteistyötä ja yhteydenpitoa teollisuuteen. Mukana on tutkimuslaitoksia 17 maasta, Suomesta VTT. ERCIM on käsitellyt Grid-teemaa selkeästi korkean prioriteetin eurooppalaisena tutkimuskohteena ja voimavarana.

Konsulttiyhtiö Quocirca Ltd on syksyllä 2004 julkaissut selvitystuloksia siitä, miten hyvin Grid-konsepti ja sille läheiset toiminnot kuten sovelluspalvelinten ja tietovarastojen poolaus ovat yritys ympäristössä saavuttaneet tunnettuutta Euroopassa⁹². Kyseessä on ollut suuria yrityksiä koskeva kysely, jonka otoskoko oli 603 kohdetta. Tuloksia voitaneen kuitenkin pitää enintään suuntaa-antavina:

⁸⁹ www.fhrg.fhg.de

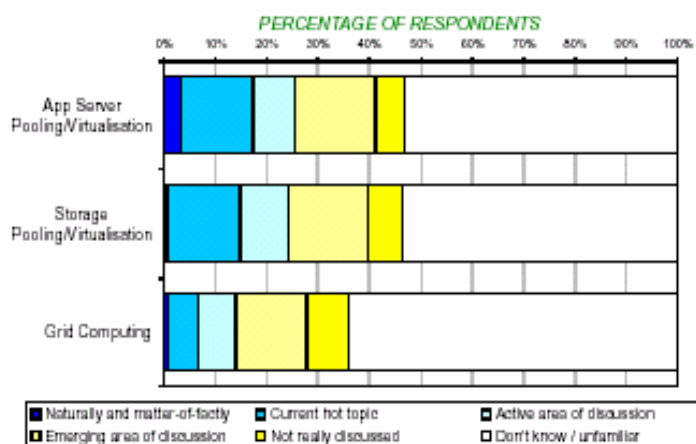
⁹⁰ www.clustergrid.iif.hu

⁹¹ www.ercim.org

⁹² Grid Computing / Quocirca Insight Report, Autumn 2004

Figure 5

How are the following concepts being discussed by IT vendors as part of their marketing and messaging?

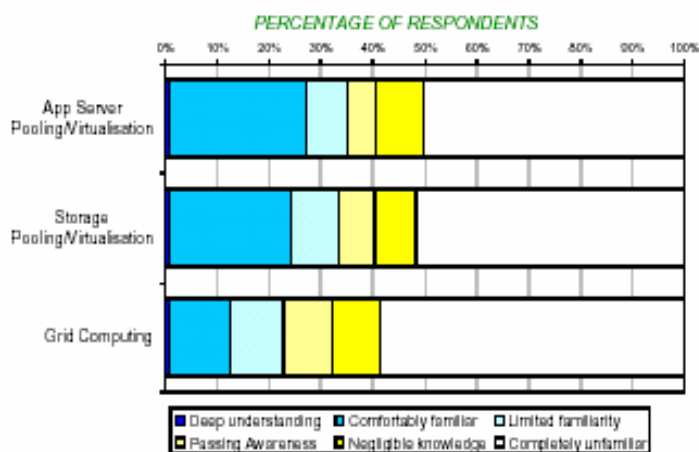


Kysyttiin, miten valitut kolme teemaa ovat olleet esillä yritysten ja niiden ICT-toimittajien välisissä keskusteluissa.

Osoittautui, että valitut kaksi muuta teemaa (palvelinten poolaus ja muistiyksiköiden poolaus) olivat selkeästi enemmän esillä kuin Grid.

Figure 7

How would you rate your level of understanding of ...



Kysyttiin, millä tasolla yritysten edustajat katsoivat oman asiantuntemuksensa olevan koskien valittua kolmea teemaa.

Osoittautui, että tässäkin asetelmassa Grid oli yritysympäristössä selvästi vähiten tunnettu.

Tulokset osaltaan vahvistavat oletusta, jonka mukaan Grid-konsepti ja käsitteistö on vielä, ainakin eurooppalaisessa yritys ympäristössä vieras käsite, vaikka toisaalta tietojenkäsittelyn arkkitehtuurien uusiminen on varsin näkyvä ja ajankohtainen puheenaihe.

Vaikka Euroopasta löytyy joitakin esimerkkejä siitä, miten Grid on saavuttanut näkyvyyttä, vaikuttaa kuitenkin siltä, että Grid-käsitteistön viljely on hyvin sattumanvaraista ja riippuvaisista siitä, minkä terminologian ja käsitteistön kulloisetkin avainhenkilöt ovat ottaneet käyttöön. Järjestelmäkehityksen maisema jakaantuu käsitteellisiin koulukuntiin. Seuraavassa kaksi esimerkkiä.

Saksassa Grid-aiheista tutkimustyötä ja Gridin soveltamista tutkija- ja tutkimustyötä palvelevissa verkoissa harjoitetaan ponnekkaasti, mm. Fraunhofer-instituutti ja sen monet yhteistyö-

kumppanit. Lisäksi Grid on näkyvästi esillä myös koulutuksessa⁹³. Tästä huolimatta mm. Saksan liittovaltion hallinnon tietojenkäsittelyn rakenteellisessa kehittämisessä, arkkitehtuurien valinnassa sekä ratkaisujen ja palveluiden harmonisoinnissa yli koko Saksan Liittotasaval-
lan⁹⁴, muut käsitteet kuten SOA ja ASP-periaate ovat ainakin toistaiseksi avainasemassa⁹⁵.

Toisena esimerkkinä Alankomaat on näkyvästi markkinoimassa maataan integroidusti laaja-
kaistan ja Grid-järjestelmien edelläkävijänä⁹⁶. Maasta luodaan kuva tieto- ja tiedonsiirron so-
veltamisen etulinjan valtiona, jolla on vuosisatainen mutta uusiutumiskykyinen perinne
avoimessa kaupassa ja kansainvälisten rajat ylittävien yhteistyöjärjestelyjen luomisessa.

Kyseessä on hallituksen ja maassa toimivien keskeisten laite-, ohjelmisto- ja palvelutarjoajien
(mm. AMS-IX, Asset Control International BV, IBM Nederland N.V., Intel, LOFAR, Philips,
SARA) kansallinen yhteisesiintyminen. Tässä yhteydessä Grid on tosin käsitteenä sivuutettu
varsin lyhyellä ja yleisellä luonnehdinnalla⁹⁷ vaikkakin se terminä on kertautuva ja kantava
teema yhteisjulkaisun tekstissä.

Esitys tiivistyy kahteen sanomaan: Alankomaat on (1) johtava kansallisesti verkottunut tieto-
yhteiskunta ja se on myös (2) kansainvälisen verkostoituneen kaupan ja muun yhteistoimin-
nan sydän. Grid-tekniikan käyttö uusien tuotteiden ja palveluiden test-bed – käytössä on
myös näkyvästi esillä ja kuvataan osana Alankomaiden teknologiapoliittista strategiaa. Tässä
roolissa Grid on toimiva ja havainnollinen käsite, tuohan se eri osapuolia yhteistoimintaan,
joka nojaa resurssien yhteiseen ja koordinoituun käyttöön.

5.3 Kansainvälinen Grid-yhteistyö

Maailmassa on meneillään lukuisia Grid-henkisiä projekteja. Osa niistä keskittyy ohjelmisto-
apuvälineisiin ("middleware"-palvelut yms.), jotkut tähtäävät tieteellisiin sovelluksiin ja osa
keskittyy verkkojen optimointiin Grid-verkoston tarpeisiin. Lisäksi on heräämässä selvitte-
lyä siitä, mikä kaiken kaikkiaan voi olla Grid-konseptin käytettävyyden yhteiskunnan eri loh-
koilla tietojärjestelmissä ja tietotekniikalla tuetuissa palveluissa.

Huomattava osa hankkeista on kansainvälisiä jo luonnostaan, pyrkiihän Grid-konsepti tuo-
maan tieto-, prosessointi- ja palveluresursseja yhteiseen rajat ylittävään käyttöön. Tässä mie-
lessä uusin alan tieto leviää teemasta kiinnostuneiden keskuudessa varsin nopeasti yli koko
maapallon.

⁹³ Perusteos: Prof. Dr. Johannes Siedersleben / Fachhochschule Rosenheim: "Moderne Software-Architektur",
Dpunkt Verlag, August 2004. Siedersleben mm. toteaa: *"Moreover, exception handling is needed in a wide
range of emerging application areas, sometimes requiring domain-specific models for handling exceptions.
Moreover, new programming paradigms such as pervasive computing, service oriented computing, grid, ambi-
ent and mobile computing, and web, add new dimensions to the existing challenges in this area"*.

⁹⁴ Bundesverwaltungsamt (BVA) – IT Dienstleister des Bundes: *"...wir bieten in unserem modernen, leistungs-
fähigen Rechenzentrum ein Hosting im Sinne eines Application Service Provision (ASP) an"*. Saksassa julkinen
hallinto on myös osoittautunut varsin ennakkoluulottomaksi OSS (Open Source Software) soveltajaksi. Kts.
myös julkisen hallinnon sivut: www.bund.de.

⁹⁵ Haastattelu: Johannes Keusekotten, Leiter Referatsgruppe Informationstechnik, Bundesverwaltungsamt (BVA),
Köln, marraskuu 2005.

⁹⁶ Connecting Partners, The Dutch Broadband and Grid Networks, Ministry of Economic Affairs, The Nether-
lands,

⁹⁷ Grid technology provides a flexible and effective means sharing of resources, such as computing power, stor-
age and network facilities.

Koko maailman osalta keskeinen Grid-toimija on Global Grid Forum (GGF)⁹⁸, joka luonnehtii rooliaan seuraavasti:

“The Global Grid Forum (GGF) is the community of users, developers, and vendors leading the global standardization effort for grid computing. The GGF community consists of thousands of individuals in industry and research, representing over 400 organizations in more than 50 countries. Together we work for the pervasive adoption of grid computing worldwide because we believe grids will lead to new discoveries, new opportunities, and better business practices”.

Grid-tekniikan osalta huomattavia voimakkaita ja siihen investoivia maita ovat Euroopan ulkopuolelta ainakin Yhdysvallat, Japani ja Korea.

Myös Kiina on osoittanut kasvavaa kiinnostusta osallistua kansainväliseen Grid-yhteistyöhön. Tämä näkyy EU:n ja Kiinan yhteistyöohjelmissa sekä yksityisellä sektorilla. ERCIM järjestää helmikuussa 2006 Shanghaissa järjestyksessä jo toisen Grid@Asia konferenssin⁹⁹, jonka tavoitteena on tiivistää Grid-teeman ympärillä eurooppalais-aasialaista yhteistyötä. Ohjelmassa on paitsi ammatillisia sessioita, myös hanke-esittelyjä koskien mm. Euroopan komission puiteohjelmien (FP6 ja FP7) Grid-osuuksia:

“...participants have been invited from European and Asian research institutes, industry and ministries of research with the aim to foster cooperation with significant Grid actors within the European 6th and 7th Framework Programme (FP)”.

Ensimmäinen eurooppalais-aasialainen Grid@Asia konferenssi järjestettiin kesäkuussa 2005 Pekingissä, joten kanssakäyminen on varsin tiivistä ja saavuttamassa vakiintuneen aseman.

Tämän lisäksi yksityisellä sektorilla mm. IBM on erityisen aktiivinen Kiinan markkinoilla:

”Edistääkseen innovatiivista ajattelua Kiinan opetusministeriö kehittää yhteistyössä IBM:n kanssa yhtä maailman suurimmista grid-tietojenkäsittelyjärjestelmistä. Järjestelmä hyödyntää Linux-käyttöjärjestelmää. Ottamalla käyttöön käyttämättöminä olevia tietojenkäsittelyresursseja grid-verkko linkittää toisiinsa yli 200 000 opiskelijaa ja tiedekuntaa useista eri yliopistoista”¹⁰⁰.

⁹⁸ www.gridforum.org

⁹⁹ ERCIM News No. 64, January 2006, www.gridatasia.net

¹⁰⁰ <http://www-5.ibm.com/e-business/fi/more/china.html>.

6 SUOSITUKSIA

Edellä on useassa yhteydessä kuvattu Grid-ilmion moninaisuutta ja sen monia eri ulottuvuuksia. Gridin moni-ilmeisyys heijastuu myös seuraaviin suosituksiin ja niiden ryhmittelyyn. Suositusten valinnassa taustalla on kantavana periaatteena Gridin käsitteeseen liittyvä ajattelu, ei niinkään Grid itseisarvollisena erikseen nimettynä käsitteenä tai akronyymina.

Lisäksi moni suositus on luonteeltaan sellainen, että sitä ei voi kohdentaa vain yhdelle osapuolelle tai taholle, vaan pikemminkin kyse on asioista, joita pitäisi edistää yksissä tuumin yhteistoimintafoorumien avulla. Kyse on strategisesti merkittävien tietoteknisten infrastruktuurien kehittämisestä sekä vertikaalisesti että erityisesti horisontaalisen integraation keinoin.

Gridin käsitemaailman ja luonteen vuoksi suosituksia on itse asiassa vaikeata rakentaa Gridin sisältä päin. Hedelmällisin tie olisi se, jossa eri sektoreiden kehittämisessä, linjauksia tehtäessä ja toimenpideohjelmia valmisteltaessa, Gridin potentiaali tunnettaisiin, otettaisiin tarkoituksellisesti tavalla ja laajuudessa huomioon ja sen rooli ja tehtävä valjastettaisiin ajateltavaksi ja työkaluksi sektorikohtaisiin suosituksiin.

Gridiin liittyviä tilannearvioita ja niistä johdettuja suosituksia on seuraavassa ryhmitelty jaolla tutkimusyhteisö ja toisaalta julkinen hallinto ja elinkeinoelämä. Jakoa ei pidä tulkita ahtaasti kategorisesti, sillä eräät näkökohdat ovat kuitenkin selvästi yhteisessä intressissä.

6.1 Tutkimusyhteisö

Opetusministeriön asettama Suomen Grid-strategiatyöryhmä (07.03.2005, 19/040/2005) esittää joukon ehdotuksia Grid-teknologian käytön tehostamiseksi ja toiminnan laajentamiseksi. Työryhmä on tarkastellut Gridiä ensisijaisesti tutkimusyhteisön tarpeista lähtien, mutta ehdotuksissa sivutaan Grid-teemaa yleisemminkin. Työryhmä on väliraportissaan tuonut esiin seuraavia konkreettisia toimenpiteitä:

- Pohjoismaisen yhteistyön vahvistaminen grid-teknologian alueella *perustamalla pohjoismaiden Nordic Data Grid Facility (NDGF) -organisaatio* sekä edistämällä pohjoismaisten suurteholaskennan tukikeskusten ja niitä hyödyntävien tutkimusryhmien yhteistyötä;
- Vahvan kansallisen *grid-teknologian osaamiskeskuksen perustaminen Tieteen tietotekniikan keskuksen (CSC) yhteyteen*;
- Suomalaisen hiukkasfysiikan tutkimuksen tarpeet täyttävän *laskenta- ja tallennusjärjestelmän rakentaminen liittyen CERN/LHC hiukkastörmäyttimeen*;
- Usean *tieteenalakohtaisen Grid-verkoston rakentaminen* ja rahoitustuen organisointi niiden tarpeisiin;
- *Teknologian siirron edistäminen* tukemalla hankekohtaisesti *Grid-osaamiskeskuksen ja yritysten välistä yhteistyötä* sekä osallistuminen kansainvälisiin Grid-hankkeisiin.
- Grid-teknologian hyödyntämiseksi yliopistojen, ammattikorkeakoulujen ja tutkimuslaitosten *tietoliikenneyhteyksien* tulee olla kansainvälistä *huipputasoa*.

Ehdotukset ovat kannatettavia, sillä infrastruktuurien kehittäminen parantaa Suomessa tehtävän tutkimuksen edellytyksiä. Tämä on tärkeää pyrittäessä pitämään keskeisten tutkimusalojen osaajia kotimaassa ja luomaan Suomen tutkimusympäristö houkuttelevaksi myös ulkomaisille tutkijoille. Tämä edistää osaamiseen perustuvaa kilpailukykyä

Suosittelavaa on, että näiden toimien mahdollisesti realisoituessa tapahtuisi merkittävää Grid-teknologioiden ja Grid-osaamisen diffuusia niin julkisen hallinnon kuin elinkeinoelämän tietojärjestelmien kehittämiseen. Luonnollista on, että nämä tahot hankkivat toimittajilta ratkaisuja, mutta niillä tulisi myös omasta takaa olla riippumatonta asiantuntemusta, jonka avulla toimittaja- ja ratkaisuvaihtoehtoja voidaan omista lähtökohdista suorittaa.

Suosittelavaa on, että niin tutkimusyhteisöjen sisällä kuin yritysalamää palvelevassa kehittämissyhteistyössä päätettäisiin hyödyntää Grid-teknologiaa enenevässä määrin yhteiskäyttöisten testialustojen konstruoinnissa ja käytössä. Grid-alustat voivat myös hedelmällisellä tavalla toimia kehittämissyötyön public/private partnership tehostajina.

Suosittelavaa on myös, että suomalaisissa korkeakouluissa ja yliopistoissa on pätevää tietojärjestelmäarkkitehtuureihin ja niiden uudistamiseen liittyvää korkeatasoista opetusta ja koulutustoimintaa sekä tutkimusta, jolla on myös riittävän syvä yhteys käytäntöön.

6.2 Julkinen hallinto ja elinkeinoelämä

Kun Grid-ajattelu yleistyy järjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa, tulevaisuudessa voidaan kohdata useita erilaisia, ainakin osin päällekkäisiä Gridejä, jotka mahdollisesti ovat kilpailuasetelmassa keskenään. Näistä Grideistä voi muodostua joko suljettuja tai avoimia suhteissa miten niitä pääsee hyödyntämään. Ideaali ajattelu toteuttaa universaalin avoimuuden periaatetta ”kuka tahansa, missä tahansa, milloin tahansa”, ja Gridin myötä lisäksi ”mitä tahansa”.

Tämä utopia lienee monesta syystä käytännössä mahdotonta, mutta liian suljetut Gridit voivat kääntyä avoimuuden periaatetta vastaan sulkiessaan käyttäjäryhmiä ulkopuolelleen tai vaikeuttamalla käyttäjien liikkumista Gridistä toiseen. Määräävän markkina-aseman tai kytkykäupan käsitteet ja tulkinnat saattavat Grid-ympäristössä saada uutta sisältöä.

Suosittelavaa on, että ainakin koko yhteiskunnan kannalta merkittävien Gridien luomiseen tulee liittää pelisääntöjä, jotka takaavat tietoaineistojen ja muiden palvelujen saatavuutta ja edistävät Gridien tasa-arvoista käyttöä. Ehkä on luotava ”yhdysliikennevelvoitteita” sellaisten Gridien osalta, joissa kansallinen ja yleinen kansalaisetu niin vaativat. Tämä koskee erityisesti teleoperaattoreiden tai tulevaisuuden Grid-portaalien operaattoreiden mahdollista roolia ”Gridien arkkitehteina ja var-tijoina”.

Suosittelavaa on myös, että ohjeistamisessa ja mahdollisissa regulointitoimissa osataan pitäytyä oleelliseen eikä toteuteta yliregulointia. Regulointi ei saa kahlita, vaan sen tulee estää vääristymiä ja avata jähmettyneitä rakenteita. Grideissä voi olla huomattavaa innovatiivista voimaa, jota ei saa hedelmällisenä ideoiden synty- ja kasvualustana tappaa. Monet suuret yhteiskuntaa ja sen hallinto- ja palvelurakenteita uudistavat voimat ovat ilmestyneet yllätyksinä sivujuonteista, ikään kuin ”puskista”, eivätkä valtavirtojen konsensuksesta. Grideissä on sisäänrakennettuna perinteisiä rajoja ylittävää potentiaalia, jolle on suotava tilaa antaa näyttöjä. Regulointi on interventio, joka voi ottaa ja antaa – tilanteesta riippuen. Samoin sen ajoitus on ratkaisevaa – ei liian aikaisin eikä liian myöhään.

Gridit koostuvat erilaisista yhteensopivista ja –toimivista komponenteista. Laajassa Gridissä voi olla valtaisa määrä komponentteja, joihin tulee olla Gridin rakenteen puitteissa toimiva pääsy ja joiden välisen kommunikaation ja datan vaihdon tulee toimia häiriöttä. Komponentteja on myös pystyttävä vaihtamaan tai ylläpitämään sujuvasti. Kokonaisuuden toimivuuden kannalta on oleellista, että komponenttien rajapintoja pystytään määrittelemään ja standar-

disoimaan, mieluiten kansainvälisellä tasolla. Sama koskee Gridien piirissä toteutuvaa sanomavirtaa. Samoin on luotava tarvittavat tietoturvamennettelyt.

Suosittelavaa on, että Gridien ja niihin toiminnallisesti verrattavissa olevien järjestelmien rakenteiden ja rajapintojen osalta tärkeitä standardeja ja ohjeistoja laaditaan kansainvälisessä yhteistyössä. Tähän työhön tulee myös suomalaisten osapuolten osallistua sekä korkean tason osaajina että kouluttautumismielessä. Regulaation tapaan, standardointi on interventio, joka voi ottaa ja antaa, ja missä ajoitus on oleellinen – ei liian aikaisin eikä liian myöhään.

Monet ajankohtaiset valtio-, alue- ja kuntahallinnon uudistamispaaineet ovat johtamassa uusiin käytäntöihin koskien toisaalta resurssien jakoa ja toisaalta niiden yhteiskäyttöä. Resurssien tulee olla tehokkaassa ja taloudellisessa käytössä. Uudistumista on tapahtumassa niin hallinnonalojen sisällä kuin niiden välillä sekä julkisen hallinnon ja yksityisen sektorin välillä, mm. public/private partnerships sekä julkisen hallinnon palveluiden saavutettavuuden parantaminen yrityksiin ja kansalaisiin päin. Grid- ajattelua voi soveltaa sekä vertikaalisiin että horisontaalisiin rakenteisiin.

Suosittelavaa on, että Grid-tyyppisten arkkitehtuurien edustamat ajatusmallit ja tietojärjestelmien uudet rakennevaihtoehdot otetaan huomioon kun uusille hallintomalleille ja –prosesseille etsitään ja määritellään tietojärjestelmätukea. Tämä edellyttää tietämyksen nostoa sekä valmennusta, sillä uusiin ajattelumalleihin tutustuminen ja sopeutuminen ei tapahdu hetkessä. Oleellista tässä valmennuksessa on virtuaalisuuden ja horisontaalisen integraation mahdollisuuksien oivaltaminen sekä uusien arkkitehtuurien potentiaali palveluiden laadun parantamisessa.

Grid voidaan niin halutessa oivaltaa moniulotteisena ja laajavaikutteisena yhteiskunnallisena käsitteenä, jonka ainoastaan yksi tulkintahaara käsittelee tietojärjestelmärakenteita ja niiden hyödyntämisen dynamiikkaa. Gridissä samalla tavoin kuin tietoyhteiskunnassa on yhteiskunnallinen ja toisaalta tietotekninen dimensio. Tämä rinnakkaisuus ja osittainen analogia ovat tärkeitä hahmottaa ja ymmärtää.

Suosittelavaa on, että kansallisessa tietoyhteiskuntastrategian laadinta- ja toteutustyössä otetaan huomioon Grid-ajattelun ja sille läheisten arkkitehtuurikonseptien merkitys ja soveltamisen osaaminen sekä toiminnallisesti että teknisesti. Grid-ajattelu voisi ylätasoin metakäsitteenä olla hedelmällinen strategiaprosessin työkalu käytettäväksi sekä sektorikohtaisissa tarkasteluissa että inspiroivana metodina työpajoissa kuin myös kokoavana horisontaalina tarkastelukehikkona. Gridin lähtökohta resurssien koordinoitun ja taloudellisen yhteiskäytön edistäjänä, osaamisen integraatorina, sekä rakenteiden, prosessien ja palveluiden uudistajana vastaa erityisen hyvin strategiatyökälylle asetettuihin vaatimuksiin.

Suosittelavaa on myös, että muutos- eli uudistumisprosessi olisi osa strategian toteutumisen seuranta sekä edistymisen että migraatiokokemusten keruun näkökulmista. Tämä seuranta voisi paikallistaa sekä hyviä käytäntöjä että toisaalta uudistumisen todellisia hidasteita ja pullonkauloja sekä yksilöitä asioita, jotka kaipaavat erityistoimia etenemisen edellytysten parantamiseksi ja vauhdittamiseksi. Ajan oloon työ voisi jatkua myös tutkimuksellisenä koskien muutosprosessien hallintaa sekä laskentapohjaa, millä Gridiin siirtymistä voisi tarkastella investointina tai muuten mitata mm. panos/tuotos tai panos/vaikutus – mittarein. Uusia tarkastelutapoja saattaisi myös löytyä, kuten Grid-arkkitehtuurin ”arvonlisän” konkreettinen mitaaminen ja analyysi.

Ubiikkiyhteiskunnan edistämistoimien suunnittelussa ja toimeenpanossa on hyvä ottaa huomioon Grid-ajattelu ja sen takana olevat myönteiset tietojärjestelmärakenteita uudistavat asiakaslähtöiset ajovoimat sekä kokemukset käytännössä kohdatuista esteistä.

Suosittelavaa on, että ubiikin vyörytyksessä kentälle vältetään liian suoraviivaista uuden teknologian ”pakkotyöntöä” ja otetaan huomioon käyttäjä- ja asiakaskunnan näkemykset. Tämä ei tarkoita passiivista pidättyvyyttä uusien innovaatioiden käyttöönotossa vaan sitä, että uusia innovaatioita, tuotteita sekä palveluita kuvataan asiakaslähtöisesti ja että ihmisten ja heidän edustamiensa yhteisöjen usein esiintyvään muutosvastarintaan vastataan uskottavin, ymmärrettävin ja hyvin perustelluin argumentein.

Edellä viitattiin tutkimusyhteisön suositukseen varmistua siitä, että Suomessa on Grid-teknologian hyödyntämiseksi tietoliikenneyhteyksien oltava kansainvälistä huipputasoa. Kapasiteettitarve on tutkimuksen kohdalla selviö, mutta tarve skaalautuu myös muille sektoreille. Grid-verkoston täysipainoinen hyödyntäminen lisää kapasiteettitarvetta.

Monet Gridille asetetut tavoitteet tai odotukset ovat sukua ns. valtavirtakäsitteille kuten SOA, joka teknisesti on modulaarinen, väylän (*enterprise bus*) ympärille rakentuva joustava järjestelmä, tai IMS (*IP Multimedia Services*), joka on konsepti, joka käytännössä merkitsee runsaasti lisää kaistaleveyttä ja runsaasti lisää solmuja teleoperaattoreiden Gridiin eli ”ritilään”.

Suomalaisen laajakaistastrategian toimeenpanon tilanneraportissa lokakuulta 2005¹⁰¹ todetaan, että ”*Jatkossa on keskeistä vauhdittaa seuraavan sukupolven verkkojen rakentumiseen keskeisesti vaikuttavien tekijöiden kehittymistä. Tulevaisuuden tietoyhteiskunta näyttäytyy kansalaisille kaikkialla läsnä olevina sähköisinä palveluina ja yrityksille esimerkiksi tuottavampina liiketoiminta- ja liikkeenjohtoprosesseina*”. Tekstissä ei mainita tarkemmin Gridiä tai, ymmärrettävästi teknologiariippumattomuuden periaatetta noudattaen, mitään erityisesti nimettyä tai tuotteistettua konseptia tai arkkitehtuuria.

Suosittelavaa on, että laajakaistastrategian ylläpidossa ja seurannassa otetaan huomioon Grid-käsite neutraalina ajattelutapana ja kattokäsitteenä. Saavuttaessaan laajenevaa soveltamista eri arkkitehtuurinimin tai palvelu- ja tuotekonseptein, sekä ubiikin yhteiskunnan hahmossa, Grid-pohjainen toiminta saattaa merkittävästi lisätä tiedonsiirtokapasiteetin tarvetta sekä vaikuttaa kapasiteetin tarjonnan ja hyödynnän rakenteisiin.

Kapasiteettitarpeen kasvaminen ja kasvun luonteen ja määrän ennakointi olisi vaativa, mutta mielekäs tutkimus- ja seurantakohde. Kapasiteetin määrä tai sen saatavuus eivät saa olla kehityksen pullonkauloja. Mobiili Grid ja langattomat verkot ovat myös tässä yhteydessä erityisen potentiaalin ja mielenkiintoinen konsepti.

¹⁰¹ Kts. liikenneministeriön sivut: www.mintc.fi

LIITE 1: GRID JA YRITYSTEN TIETOJENKÄSITTELY

1 Yhteenveto

Grid-käsite on syntynyt tutkimuksen tietojenkäsittelyresurssien johtamisen tarpeisiin. Painopiste on alkuvaiheessa ollut laitteistojen yhteiskäytössä, mutta siitä käsite on laajentunut. Eriyisesti käsitettä on käytetty EU:n piirissä.

Hallinnon ja liike-elämän piirissä Grid-käsitteen soveltaminen on alkutekijöissä eikä Grid vielä kuulu arjen kielenkäyttöön. Kuitenkin Gridille asetetut tavoitteet eivät ole uusia vaan yleisesti hyväksytyjä ja käytössä olevia.

Grid sivuaakin monia hallinnon ja liike-elämän ICT-johtamisen ajankohtaisia ja keskeisiä kysymyksiä, kuten luonnollisesti kustannustehokkuus mutta myös joustava organisaatio, arkkitehtuurit (Enterprise Architectures, erityisesti Service-Oriented Architecture SOA), palvelutasot (Service-Level Agreements SLA) ja tietohallinnon johtamisjärjestelmät (kuten esimerkiksi Information Technology Infrastructure Library ITIL, Control Objectives for Information Technology COBIT ja Capability Maturity Model CMM).

Näiden horisontaalisten mallien lisäksi keskeisillä toimialoilla kuten teleala on omat vertikaaliset prosessikartat ja tietomallit (Enhanced Telecom Operating Model, eTOM ja Shared Information & Data Model, SID), jotka ovat maailmanlaajuisesti toimialan yhteinen kieli. Näiltä osin käytännön ratkaisut ovat pitkälle vietyjä ja lisäarvo edellyttää Grid-käsitteen jatkokehittämistä ja istuttamista olemassa oleviin malleihin.

Enterprise Grid Alliance (EGA)¹⁰² näkeekin Gridin metakäsitteenä, jonka tarkoitus on tunnistaa uusien standardien tarve ja olemassa olevien standardien välisiä aukkoja sekä edistää standardointielimien välistä yhteistyötä. Terminä Grid sopisi yhteiseksi nimittäjäksi hallintoon ja liike-elämään liimaamaan yhteen ja täydentämään olemassaolevia johtamismenetelmiä.

Grid luonnehtii osuvasti ICT-alan keskeisimpiä trendejä, kuten langattomiin lähiverkkoihin perustuvien Wi-Fi-kaupunkiverkkojen muodostama verkkoyhteys-Grid (Access Grid, palvelualueet eli ns. Hotspotit) tai tietojenkäsittelyresurssien virtualisointi ja yhteiskäyttö, ja tämän pohjana oleva mallintaminen. Esimerkiksi, tietoliikennepalveluissa ensimmäinen askel on usein varastohallinta eli laajalla maantieteellisellä alueella ja usein asiakkaan luona olemassa olevien tuhansien laitteiden hallinta (Asset Management, AM).

Hallinnon ja liike-elämän näkökulmasta Grid voidaan nähdä infrastruktuuriin liittyvänä rakenteellisena ja komponenttiajattelua korostavana lähestymistapana, jonka ilmeinen hyöty saattaa olla tietomallien ja mallipohjaisen palvelun kehittämisessä. Laajat globaalit infrastruktuurit voidaan helposti mieltää Grideiksi. Esimerkiksi ulkoistuspalveluissa erilaisten järjestelmäkomponenttien abstrahointi tietomalliin, niiden linkkaaren hallinta ja tällä pohjalla tapahtuva ennakoiva (Proactive Dashboards) liiketoimintatiedon hallinta (Business Intelligence, BI) ja suorituskyvyn johtaminen (Performance Management, PM) ovat keskeisiä palvelun laatuun ja palveluyritysten kilpailukykyyn liittyviä tekijöitä¹⁰³.

¹⁰² Kts. tarkemmin tämän liitteen kohta 2.

¹⁰³ TeleManagement Forum World Congress 2005.

Läpimurtokonseptit syntyvät usein niin, että konsultit poimivat olemassa olevat ja jo toimiviksi havaitut konseptit ja alkavat kodifioida ja levittää niitä.¹⁰⁴ Toisaalta uusia termejä tuodaan jatkuvasti esille markkinointitarkoituksessa, mutta nämä harvoin saavat taakseen riittävästi käytännön mielenkiintoa. Gridin läpimurto hallinnossa ja liike-elämässä edellyttää konseptin jatkokehittämistä ja asemointia jo käytössä oleviin johtamisen menetelmiin.

Läpimurto vaatii, että Gridissä nähdään kaupallista potentiaalia ja selkeää lisäarvoa. ICT-alan historia on tulvillaan kiinnostavia käsitteitä ja kirjainyhdistelmiä, jotka eivät ole edenneet innovaatioiksi vaan jääneet invention asteelle koska ne eivät ole saaneet taakseen kaupallista tukea. Enterprise Grid Alliance EGA¹⁰⁵ luetteloi yrityksiä, jotka ovat ilmaisseet erityisen mielenkiintonsa Gridiin.

2 Enterprise Grid

Yrityksessä Grid tai Grid Computing tarkoittaa tiivistetysti tietojenkäsittelyresurssien virtualisointia, jolloin tavoitteita ovat joustavuus, pienet vasteajat ja kustannusten minimointi¹⁰⁶. Määritelmää voidaan tämän ytimen osalta laajentaa seuraavasti:

"Grid computing on arkkitehtoninen lähestymistapa, jolla tavoitellaan joustavaa teknologista infrastruktuuria ja verkko-, laitteisto- ja ohjelmistoresurssien poolausta liiketoimintaprosessien vaatimusten täyttämiseksi. Grid-arkkitehtuurin komponentteja ovat tietokoneet, muistit, tietokannat, sovellukset ja palvelut. Grid pyrkii maksimoimaan komponenttien hyödyntämisen ja samalla minimoimaan yksittäisten komponenttien kapasiteetin laajentamistarpeen. Grid voi olla organisaation sisäinen, ulkoinen, tai molempia."

Enterprise Grid Alliance (EGA)¹⁰⁷ on yritysconsortio, joka yhteistyössä kehittää Grid-ratkaisuja ja edistää Grid-pohjaista tietojenkäsittelyä nimenomaan yritys ympäristössä. Konsortioon kuuluu merkittäviä ICT-alan yrityksiä kuten Fujitsu Siemens, Intel, NEC, Sun, Hewlett-Packard, Oracle, Novel, Cisco Systems, Dell ja Unisys. Myös käyttäjäyrityksiä on mukana, mm. UBS (Union Bank of Switzerland).

EGA hakee ratkaisuja tämän hetken keskeisiin ICT:n johtamisen käytännön ongelmiin:

- Hajautettujen verkotettujen resurssien käyttö suorituskyvyn, skaalattavuuden, vikasietoisuuden ja käytettävyyden parantamiseksi;
- Keskitettyjen palveluiden johtamiseen komponenttien johtamisen sijaan samalla kun Gridit muuttuvat yhä monimutkaisemmiksi resurssiverkoiksi;
- Joustavuus kun komponentteja uusitaan tai vaihdetaan niiden avulla toteutettujen palvelujen tavoitteiden saavuttamiseksi;
- Hajautetut ja monitasoiset sovellus- ja palveluarkkitehtuurit jotka käyttävät hyväksi resurssikudelman ominaisuuksia, esimerkkeinä yhtymäsovellukset ERP ja CRM, palvelukeskeinen arkkitehtuuri SOA, tai laskentatehtävien jakaminen osiin ja hajautus;
- Komponenttien konsolidointi sekä
- Komponenttien ja rajapintojen, kokoonpanojen, prosessien ja sovellusten standardointi.

¹⁰⁴ Davenport & Prusak (2003)

¹⁰⁵ Kts. tarkemmin tämän liitteen kohta 2.

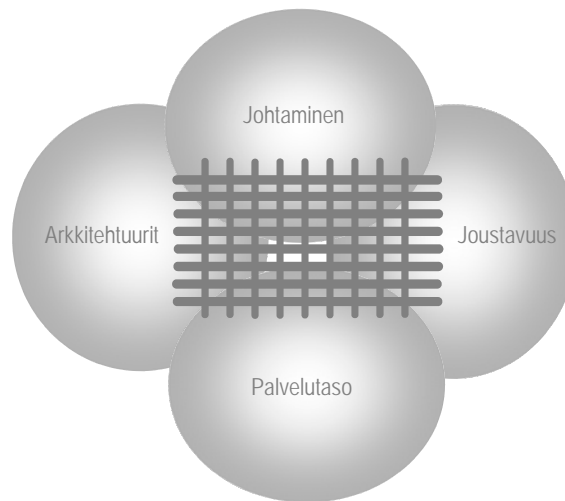
¹⁰⁶ Business Grid Computing, The Evolution of the Infrastructure, Quocirca October 2003

¹⁰⁷ www.gridalliance.org/en/index.asp

Erotuksena tutkimuksesta EGA korostaa pragmaattista ja lyhyen tähtäimen lähestymistapaa. Konsortion merkittävä tuotos on viitekehys, *EGA Reference Model*, joka antaa grid komponenteille määritelmiä ja luokituksen sisältäen komponenttien väliset suhteet. Mallista on julkaistu ensimmäinen versio ja sitä on tarkoitus kehittää edelleen. Mallin olemassaolo nähdään tärkeänä askeleena kohden Grid-ilmion parempaa hallintaa erityisesti yritys ympäristössä:

“The fact that more than 20 of the world's leading IT companies agreed upon one common enterprise Grid reference model is a breakthrough and key milestone for the worldwide adoption of grid standards by industry.”¹⁰⁸

Mallin määritelmien pohjalta voidaan poimia oheisen kuvan mukaiset neljä näkökulmaa Enterprise Gridiin.



Näkökulmat Enterprise Gridiin: joustavuus, arkkitehtuurit, palvelutasot, johtaminen.

Käsitteen Grid sijasta tulee paremminkin katsoa sen sisältöä ja niitä hyötyjä joita sillä tavoitellaan, sekä mitkä ovat sen kanssa samansisältöisiä tai samoja tavoitteita ajavia malleja. Tällöin havaitaan, että vaikka Grid on uusi ja tutkimuksen kautta noussut idea, se on samalla käytössä oleva liike-elämän ja hallinnon arkitrendi, jota tosin harvoin kutsutaan termillä Grid:

- *Joustavuus* on keskeinen tavoite useilla liiketoiminnan tasoilla niin strategiassa, prosesseissa kuin järjestelmissä. Joustavuuteen liittyy erityisesti kasvanut lähi- ja kaukoulkoistus ja tämän avulla tavoiteltavat kustannus- ja osaamishyödyt, sekä useat liike-johtamisen viime vuosien avainkäsitteet kuten joustava yritys (Adaptive/Agile Enterprise), On-Demand tai Utility Computing. Viime mainitut ymmärretään usein kapea-alaisesti niin, että ne tarkoittavat ”tietokonevoimaa töpselistä”. Kuitenkin On-Demand on myös laajempi strateginen käsite, joka tarkoittaa, että ”tehdään mitä asiakkaat tarvitsevat”.

¹⁰⁸ Wolfgang Gentzch, Managing Director of MCNC Grid and Networking Services.

- *Yhtymäarkkitehtuurit* (Enterprise Architectures) tarkoittavat liiketoimintoja palvelevia prosessi-, järjestelmä- ja teknologiarakenteita. Näistä viime vuosina esillä ovat olleet etenkin palvelukeskeinen arkkitehtuuri (SOA, Service Oriented Architecture) ja kokoonpannut sovellukset (Composite Applications).
- *Palvelutasosopimukset* (SLA, Service Level Agreements, tai Quality of Service, QoS) ja reaaliaikainfrastruktuuri (RTI, Real Time Infrastructure) perustuvat mittareihin.
- *ICT:n johtaminen*, jossa Grid-rakenteisiin siirtyminen on muutosjohtamisen kannalta monivuotinen ja -vaiheinen prosessi. Siinä PMO (Program Management Office) on muutosjohtamisen keskeisin työkalu.

Vaikka Grid terminä ei olekaan liike-elämässä laajassa käytössä, suuret yritykset kuten Oracle, Sun tai IBM käyttävät myös termiä Grid ja moni niistä on mukana Enterprise Grid Alliancessa. Lisäksi IBM, Intel, Hewlett-Packard ja Sun ovat luoneet konsortion (Globus Consortium), joka edistää Grid-ajattelun ulottamista sovellusalueille kuten öljyn etsintä, lääketieteellinen testaaminen sekä taloudellisten analyysien laatiminen¹⁰⁹.

ICT-alan trendit eivät synny tyhjiössä vaan saavat merkityksen ja oikeutuksen liiketoiminnan alati muuttuvien tarpeiden kautta. Niillä on myös elinkaari, joka päättyy ratkaistavaksi aiotun ongelman ratkeamiseen, poistumiseen tai yrityksen epäonnistumiseen.

Myös Gridin kokonaisvaltaisempi merkitys selittyy tarkastelemalla liiketoiminnan isoa kuvaa. Transaktiokustannukset (sekä taloudelliset vaihdantakustannukset että informaation välityksen vuorovaikutuskustannukset) vaikuttavat liiketoiminnan rakenteisiin. Tietoverkkojen mahdollistama vaihdanta- ja vuorovaikutuskustannusten aleneminen¹¹⁰ on moninkertaistanut vuorovaikutuksen määrän ja merkinnyt viime vuosina jatkuvaa ja voimistuvaa työnjaon muutosta. Sen avulla pyritään tuottavuuden kasvuun, jonka keskeisiä ilmenemismuotoja ovat globalisaatio ja palveluistuminen sekä yksilötasolla itsepalvelu ja etättyö. Tämä on samalla merkinnyt sitä, että työnkulusta eli prosesseista (*reengineering*) painopiste on noussut työnjaon kehittämiseen (*reconfiguration*), joka on merkinnyt yhtymä- ja toimialarakenteiden muutosta ja komponenttipohjaisia prosesseja ja palveluita.

Usein tavoitteena on siirtyä hajanaisesta yritysostojen tuloksena syntyneestä rakenteesta yhtenäiseen ”yksi yritys”- ja ”yksi brändi”-toimintamalliin. Eräs esimerkki on teleoperaattoritoimiala, jonka piirissä on nähtävissä halukkuutta eri tavoin integroida perinteisesti siiloutuneita puhe-, data- ja mobiilipalveluita laajemmiksi palvelutarjousiksi ja kenties lisäämään valikoimaan televisio-ohjelmajakelua (*IMS eli IP Multimedia Services*).

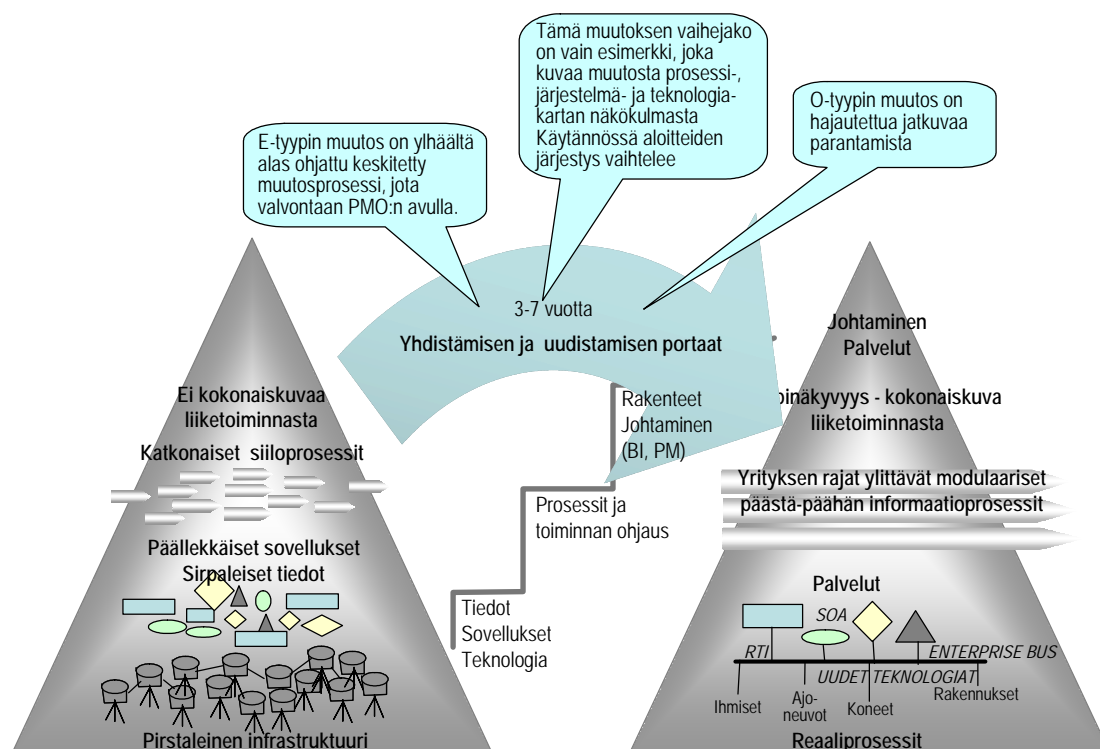
Tämä integroiva megatrendi vaatii tietotekniikan, -järjestelmien ja -verkkojen konsolidointia, palvelukeskuksia sekä standardointia ja yhtenäistämistä. Tästä käytetään usein kattotermiä EA (*Enterprise Architecture*, konserniarkkitehtuuri), joka on liiketoimintalähtöinen kokonaisnäkemys tietotekniikasta, -järjestelmistä ja -verkoista. EA-käsitteen alkuperä on 1980-luvun lopulta, jolloin Zachman kirjoitti artikkelin IBM Systems Management Journal-lehteen (1989). Tarjolla on suuri määrä erilaisia EA-kuvaustekniikoita ja -malleja, joita on vertailtu¹¹¹. Joskus käytetään termiä EEA tai E2A (*Extended Enterprise Architecture*), joka on EA-

¹⁰⁹ Grid Computing, A Vertical Market Perspective 2005-2010, The Insight Research Corporation, 2005

¹¹⁰ Butler P, Hall T W, Hanna A M, Mendonca L, Auguste B, Manyika J & Sahay A: Revolution in Interaction., McKinsey Quarterly. 1997 Number 1

¹¹¹ Schekkerman J: How to Survive in the Jungle of Enterprise Architecture Frameworks. Creating or Choosing an Enterprise Framework. Trafford 2003.

näkemyksen yritysten välistä verkottumista korostava laajennus. EGA on siten osa tätä EA-ilmiota ja asemoituu muiden viitekehysten joukkoon:



Yritysten ja hallinnon muutosprosessin yleinen monitasomalli: laitteet, verkot, sovellukset, tiedot, prosessit ja tietojen hyväksikäyttö päätöksenteossa.

Siirtyminen Grid-rakenteisiin on yllä olevan kuvan mukaisesti muutosjohtamisen kannalta monivuotinen ja -vaiheinen prosessi. PMO (*Program Management Office*) on muutosjohtamisen keskeisin työkalu. Yleensä muutoksen alkuvaiheessa korostuu E-tyyppin eli keskitetty ja ylhäältä ohjattu muutos ja loppuvaiheessa O-tyyppinen hajautettu jatkuva parantaminen¹¹².

3 Grid ja joustavuus (Adaptive/Agile Enterprise)

Joustavuutta tarkastellaan nykyisin tietoteknisten arkkitehtuurien keskeisenä ellei peräti keskeisimpänä tavoitteena. Liikkeenjohdossa joustavuus on kuitenkin aivan viime vuosiin asti nähty ennen kaikkea *ihmisiin* ja *asiakassuhteisiin* liittyvänä ominaisuutena ja yrityksen menestystekijänä:

- Ihmisiä korostava joustavan yrityksen historia löytyy *aasialaisista tuotantojärjestelmistä ja sotatieteestä*. Toyota-tuotantojärjestelmä korosti monitaitoisia tiimejä, jatkuvaa parantamista (Kaizen) ja kysyntäohjautuvuutta (Kanban). Voidaan yksinkertaistaa, että amerikkalaisten yritykset kopioida tämä järjestelmät epäonnistuivat ja saksalaisten onnistuivat. Joustavuutta on myös ”työelämän joustot”, eli tehdään töitä kun niitä on ja toisaalta työntekijät voivat sovittaa työnteon omaan elämäntilanteeseen.

¹¹² Beer M & Nohria N (2000) Resolving the Tension between Theories E and O of Change. Teoksessa Beer M & Nohria N (eds.) Breaking the Code of Change. Harvard Business School Press.

seensa. Sotatieteessä joustavuus tarkoitti, että OODA-silmukan (*Observe-Orient-Decide-Act*) orientaatiovaiheesta siirryttiin suoraan toimintaan¹¹³.

- Toinen perinteinen joustavuuden korostus on ollut asiakassuhteen hallinnassa ja siitä, miten kuunnellaan asiakasta, opitaan ja kehitytään yhdessä.

Ihmisiä ja asiakassuhteita korostava joustavuus on ollut ”pehmeää” ja korostanut leadership-asioita. Tähän nähden *moderni joustavuuden teoria* korostaa prosesseja ja järjestelmiä. Se edustaa siten myös ”kovaa” johtamisotetta. Lähtökohtana on tällöin *vaihdanta- ja vuorovaikutuskyvyn kasvu* tietoverkkojen avulla. Usein kyse on globaalien verkoston ”orkesteroinnista” asiakastarpeiden tyydyttämiseksi kustannustehokkaasti, kyvystä tulla toimeen vaihtuvien yhteistyökumppanien kanssa sekä kyvystä ostaa ja integroida yrityksiä.

Eräs keskeinen modernin joustavan yrityksen teorian lähtökohta on Harvard Business Schoolin 1995 kollokvio, jossa kysymyksenasetteluna oli, miten rajaton tiedonsiirtokapasiteetti ja sen kautta lisääntyvä vuorovaikutus vaikuttavat talouselämään¹¹⁴. Tuolloin luotiin *sense-and-respond*- tai *listen-and-serve* - käsite vastakohtana perinteisen massatuotannon *make-and-sell* - käsitteelle. Tältä pohjalta IBM:n konsultti Haeckel kirjoitti 1999 kirjan *The Adaptive Enterprise*¹¹⁵ ja mm. IBM (On-Demand) ja HP (Adaptive Enterprise) määrittelivät omat strategiansa 2000-luvun alussa.

Joustavuuden edellytys on prosessien *komponentisointi* ja *rajapintojen määrittely*. Tämä koskee myös sotatiedettä, jossa hiljaisen tietämyksen sijaan joustavuus perustuu eksplisiittiselle informaatiolle ja tätä vastaavaan käytettävissä olevista moduleista ”lennossa” eli reaaliajassa rekonfiguroitavaan verkostokyvvykkyuteen.

Toisinaan *prosessijohtamista* on jo itsessään on pidetty joustavuuden takeena¹¹⁶. 1990-luvun alussa tätä korosti *massaräätälöinti*, joka oli tuotteiden modularisointia, sekä yhteiset tuotealustat, eräänä esimerkkinä auto. Tämä edelsi nykyaikaista prosessien modularisointia.

Tietotekniikassa ja -järjestelmissä joustavuus on sinänsä vanha periaate. Joskus suurten toimittajien edut voivat olla tälle asiakkaiden pyrkimykselle vastakkaisia, jos toimittajat haluavat sitoa asiakkaat itseensä. Tällöin esille nousee päätöstilanne *Suite vs. Best-of-Breed*.

¹¹³ Richards C (2004) *Certain to Win*. Xlibris. 187 p. Richards kuvaa Boydin joustavan strategian ja käyttää hiljaisesta tietämyksestä saksalaista termiä *Fingerspitzengefühl* mutta viittaa tiheästi myös käsitteeseen japanilaisiin ja kiinalaisiin juuriin. Hiljaisen tietämyksen avulla OODA-silmukassa (Observe-Orient-Decide-Act) ohitetaan päätösvaihe D ja siirrytään orientaatiosta suoraan toimintaan eli OOA. Kirjaimellisesti *Fingerspitzengefühl* tarkoittaa äärimmäistä herkkyyttä ja reagointinopeutta – ihmisen tuntoaisti erottaa gramman tuhannesosien painoeroja. Joustavuus nähdään tässä 1980-luvun vaiheessa vielä pehmeänä leadership-käsitteenä, jossa olennaista on hiljainen tietämys ja ykseyden tunne, joka mahdollistaa vastustajaa nopeamman hajautetun toiminnan. Boyd mallinsi tätä niin, että nopealla toiminnalla päästään sisälle vastustajan OODA-silmukkaan ja aiheutetaan kaaosta. Myöhemmin verkostosodankäynti on omaksunut saman rationaalisen lähestymistavan kuin moderni joustava yritys, jossa prosessit konfiguroidaan kyvykkyyksimoduleista tietotekniikan antaman mutta myös ”inhimillisen” tilannekuvan perusteella. – Richardsin kirjaan sisältyy pitkä katsaus joustavan doktriinin historiasta.

¹¹⁴ Austin R D & Bradley P P (2005) *The Broadband Revolution*. Harvard Business School Press.

¹¹⁵ Haeckel S H (1999) *Adaptive Enterprise. Creating and Leading Sense-And-Respond Organizations*. Harvard Business School Review. 293 p.

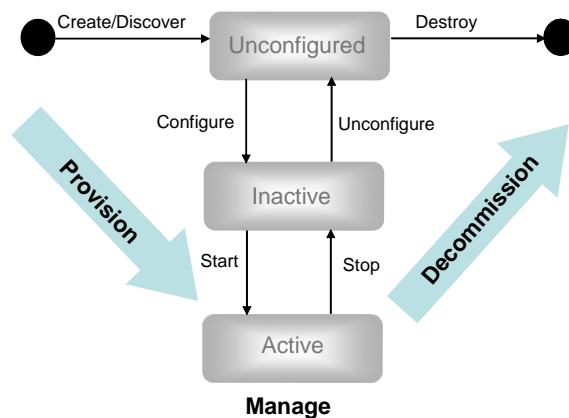
¹¹⁶ Scheer A-W, Abolhassan F, Jost W & Kirchmer M (2003) *Change Management in Unternehmen. Prozessänderungen erfolgreich managen*. Springer. 320 S.

4 Grid, arkkitehtuurit ja integraatio

Tarkastelussa käytetään edellä¹¹⁷ mainittua EGA Reference Model viitekehyksen ensiversiota 1.0 (13.4.2005). Siinä komponentit jaetaan kolmeen ryhmään: (1) laitteet, (2) ohjelmistot tai palvelut, sekä (3) kaikki mikä on näiden välissä. Näitä voidaan esittää hierarkkisesti puumuo-
dossa. Komponentteihin liittyy attribuutteja eli ominaisuuksia, kuten:

- *Riippuvuudet ja rajoitukset, esimerkiksi aloittaminen, suorituskyky, skaalautuvuus, käytettävyys, turvallisuus*
- *Palvelutasotavoitteet (SLO), jotka luettelevat ne komponenttien halutut ominaisuudet, jotka mahdollistavat sen, että liiketoimintasovellus tai palvelu pystyy saavuttamaan palvelutasotavoitteensa (SLA)*
- *Kokoonpanotieto, kuten versio, kokoonpanon parametrit ja vaihtoehdot*
- *Data ja mittarit, jotka kuvaavat komponentin tilaa ja kehitystä kohti asetettua SLO:ta*

Komponentin elinkaari käsittää kolme vaihetta. (1) käynnistäminen (*provisioning*), (2) jatkuva johtaminen sekä (3) luopuminen (*decommissioning*). Alla oleva kuva esittelee EGA-komponentin elinkaaren kolme vaihetta.



Komponentin elinkaarimalli EGA:n mukaan.

Komponentit voidaan myös luokitella tasomaisiin luokkiin, kuten:

- Fyysiset komponentit
- Virtuaaliset fyysiset komponentit
- Käyttöympäristö
- Virtualisoitu käyttöympäristö
- Alusta
- Virtualisoitu alusta
- Liiketoimintaprosessi

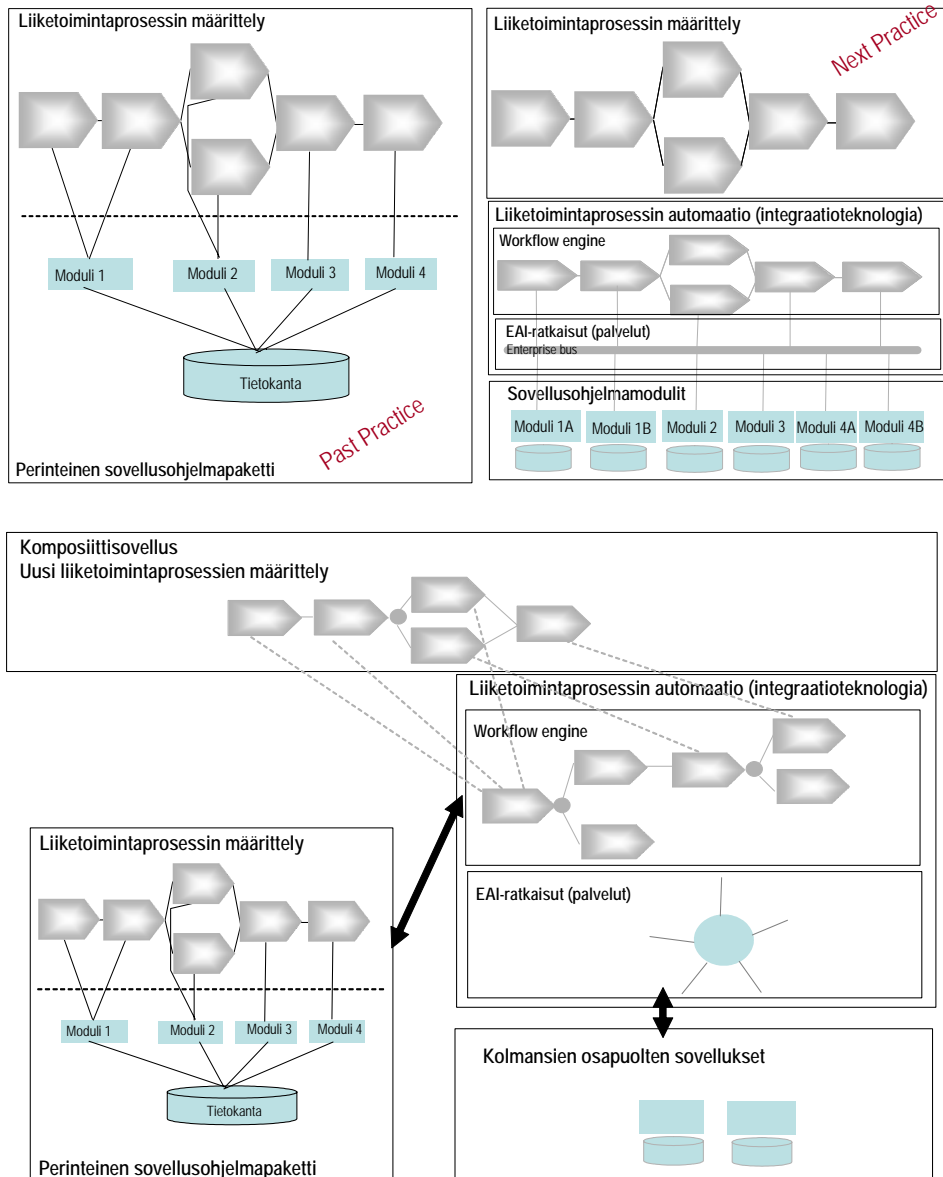
EGA voidaan nähdä komponenttipohjaisena lähestymistapana ICT-infrastruktuurin ja arkkitehtuurien mallintamiseen. Keskeinen ongelma esimerkiksi ulkoistajilla on mallipohjainen palvelun määrittely ja siinä erilaisten tietoteknisten komponenttien abstrahointi tietomalleihin.

¹¹⁷ Kts. tämän liitteen kohta 2.

Nämä toimivat prosessien, tietovarastojen ja suorituskyvyn johtamisen perustana. EGA pyrkii määrittelemään tähän yhteistä kieltä.

EGA liittyy siten läheisesti SOA- ja Composite Applications-trendeihin. Gartnerin mukaan SOA siirtyi projektitasolla valtavirtaan 2003 ja on jo tällä hetkellä tärkein yksittäinen teema modernissa tietojärjestelmäkehityksessä. SOA:n arvioidaan olevan 2007 valtavirta ohjelmistoarkkitehtuuriareenalla.

Composite Applications on SOA:n jatkokehitelmä, jossa uusia sovelluksia kokoonpannaan olemassa olevista uudelleen käytettävistä komponenteista ja datasta. Saksalainen Scheer (2003) kuvaa siirtymisen vanhoista käytännöistä tähän arkkitehtuuriin seuraavalla kuvasarjalla (from Past to Next Practice):



Composite Applications eli komponenttien käyttö uusien sovellusten luomiseksi (Scheer 2003¹¹⁸)

Markkinatutkimusyhtiö IDC (2005) on esittänyt suuryritysten järjestelmien integraation tietokartan, joka käsittää viisi vaihetta: (1) data-, (2) sovellus- ja (3) prosessi-integraatio sekä (4) SOA ja (5) Composite Applications.

Yksityiskohtaisemmalla tasolla Sun (2005) on esittänyt 12 erilaista integraation menetelmää tai teknologiaa, jotka ovat seuraavat:

- EAI (*Enterprise Application Integration*) tarkoittaa sovellusten välistä viestin vaihtoa reaaliajassa.

¹¹⁸ Scheer A-W, Abolhassan F, Jost W & Kirchmer M (2003) Change Management in Unternehmen. Prozessänderungen erfolgreich managen. Springer. 320 S, sekä www.ids-scheer.com/us

- BPM (*Business Process Management*) on prosessien valvontaa ja ohjausta joka integroi tietojärjestelmät ja ihmiset
- *Workflow* tarkoittaa manuaalisten prosessien valvontaa ja ohjausta ja työvoiman käytön optimointia.
- ESB (*Enterprise Service Bus*) tarkoittaa löyhästi kytkettyjen palveluiden välistä viestin vaihtoa ja ”orkesterointia” reaaliajassa
- Cross Indexing tarkoittaa yhden ja yhteisen näkymän muodostamista monista tietovarastoista.
- ETL tarkoittaa datan konsolidointia yleensä eräkäyttöisesti BI sovelluksissa ja niitä palvelevissa tietovarastoissa
- MOM (*Message Oriented Middleware*) on ”viestiväylä” sovellusten välillä
- Portaali on käyttäjän kokonaisnäkyminen ja -näyttö
- B2B tarkoittaa tässä yhteydessä kauppakumppanien välistä viestintää standardoituja formatteja käyttäen ja liiketoimintaprosessit integroiden
- *Composite Applications* tarkoittaa uusien sovellusten kokoonpanoa uudelleen käyttämällä olemassa olevia sovellus- ja dataresursseja

Tämä luettelo kuvaa hyvin sitä lähestymistapojen ja akronyymien moninaisuutta, jolla integraatiota lähestytään ja johon joukkoon myös Grid kuuluu. Nämä voidaan kuitenkin samalla nähdä erilaisina käytännön Gridin toteutustapoina.

5 Palvelutasot (SLA & QoS)

Palvelutasojen johtaminen on modernin ICT:n tärkeitä kysymyksiä. Etenkin ulkoistuksissa palvelutasoista on tullut keskeinen johtamisväline. Forrester Researchin (2005) tutkimuksen mukaan 87 % IT-johdon edustajista piti sovellusten päästä-päähän suorituskykyä ykkösprioriteetin asiana. Huonon suorituskyvyn kustannukset ovat suuria. Gartnerin mukaan tunnin katkos maksaa keskimäärin 100 000 USD mutta esimerkiksi pörssikauppaa käyvissä yhtiöissä 6,4 milj. USD.

Katkosten pohjimmaiset syyt (*root cause*) voivat olla erittäin kalliita ja on mm. vaikeata selvittää: onko vika esimerkiksi verkossa, palvelimissa, tai sovelluksissa vaiko niiden välillä? SLA-mittarit ovat siksi keskeinen osa tietotekniikkapalveluiden johtamista ja edellyttävät tietovarastointia ja ennakoivaa Business Intelligence-kyvykkyyttä. Ennakoivaa suorituskyvyn johtamista (*Performance Management*) painottavat esitykset ovat yleisiä ulkoistajien konferensseissa.

Kyse ei ole perinteisestä taloudelliseen tietoon perustuvasta peruutuspeiliohtamisesta, jossa tietoa kerätään eräsiirtoina (ETL, *Extract- Transfer- Load-periaate*) tietovarastoihin (*datawarehouse*), vaan malleista, jotka joko reagoivat reaaliajassa tai mieluummin jo ennakoivat ongelmat. Nämä mallit ovat palveluyritysten keskeinen kilpailutekijä. Gartner Group kutsuu joustavaa, palvelutasomittareihin perustuvaa infrastruktuuria lyhenteellä RTI (*Real-Time Infrastructure*).

Gridin avulla pyritään parantamaan palvelutasoa. Periaatteessa palvelutason tulisi määräytyä sovellustyypin mukaan. Esimerkiksi kriittinen SAP-käsittely, puhe, video tai sähköposti saavat erilaiset palvelutasot. Seuraavassa kuvassa esitellään yksinkertainen SLA-luokittelu. Pääsemisen sovelluskohtaiseen palvelutasojen määrittelyyn on kuitenkin monen vuoden työn takana. Esimerkiksi British Telecomin palvelutasotiekartta käsittää neljä vaihetta: avainsovellusten priorisointi verkossa (2002), verkon raportointi ja auditointi suhteessa sovellusvaatimukseen (2003), verkon optimointi istuntokohtaisesti (2004) ja sovelluskohtainen QoS (2006).

Service Level	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Examples	Mission Critical	Business Critical/ Effectiveness	BusinessOperational/ Efficiency	Office Productivity/ Administrative
Financial loss	significant	significant	nominal	nominal
Recovery cost	significant	nominal	significant	nominal
Criticality to product/service delivery	significant	significant	nominal	minimal
Customer impact	significant	nominal	nominal	minimal
Relative cost factor				
Usage				

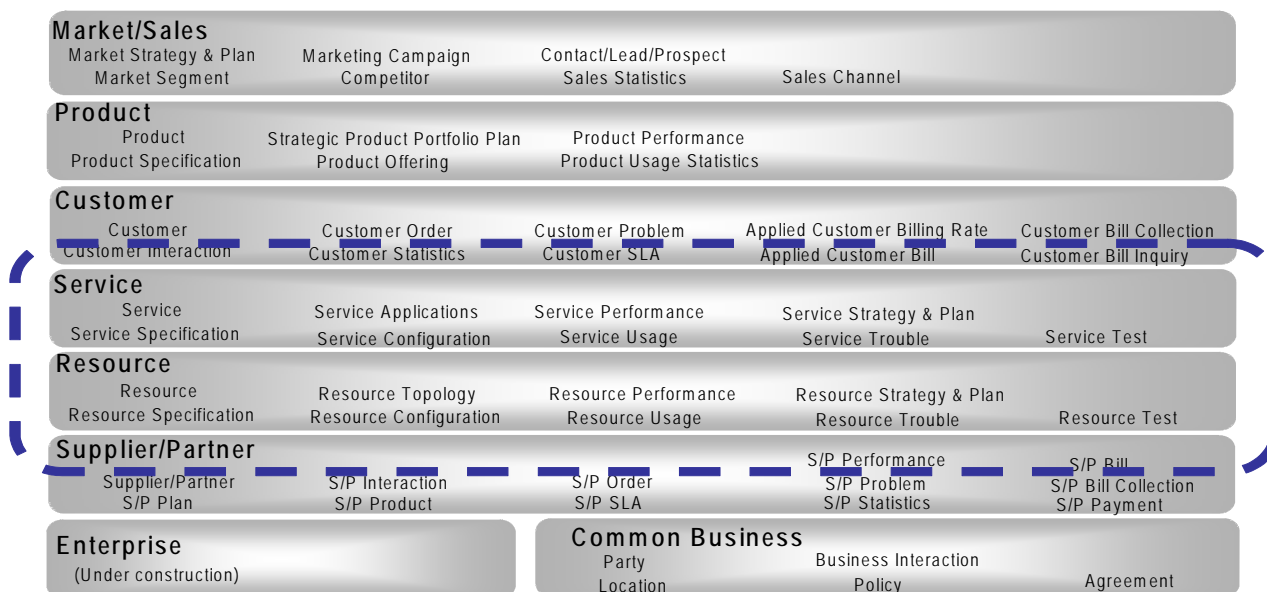
Tyypillinen nelitasoinen SLA-mittaristo (Tardugno, DiPasquale & Matthews, 2000¹¹⁹).

6 Grid ja johtamisjärjestelmät

EGA:n määritelmän mukaan Enterprise Grid on kokoelma yhteenkytkettyjä Grid-komponentteja Grid-johtamisen (*GME, Grid Management Entity*) valvonnassa. GME johtaa komponentteja, niiden välisiä suhteita ja elinkaaria. GME on looginen käsite, johon kaikki johtaminen on koottu. Se on hajautettu ja hierarkkinen.

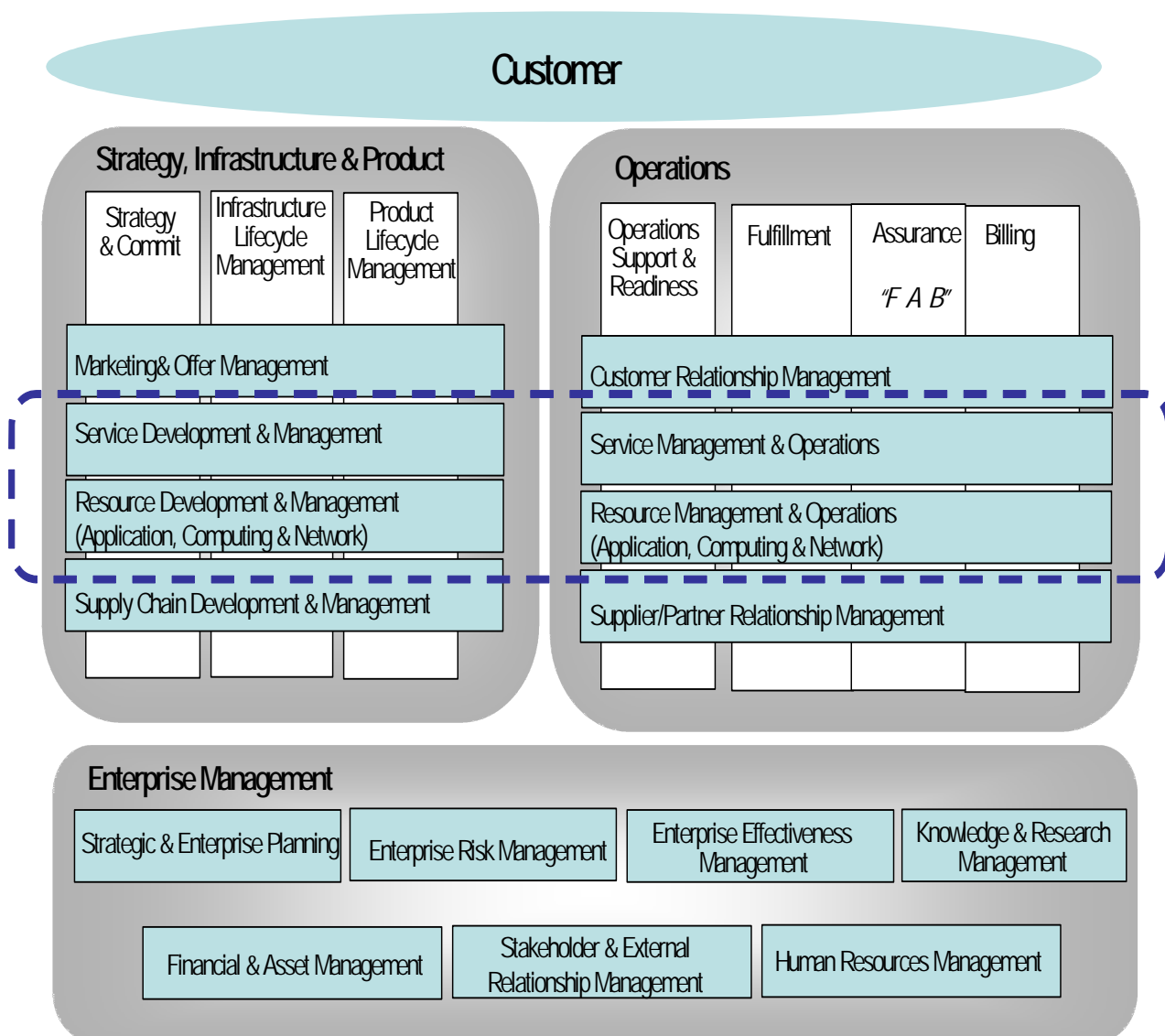
EGA liikkuu samalla alueella kuin konserniarkkitehtuurit (*Enterprise Architectures*) ja esimerkiksi teleoperaattorien maailmanlaajuisesti käyttämät eTOM- ja SID-referenssimallit. Seuraavissa kuvissa se on asemoitu näihin. Samoin se liittyy läheisesti johtamismalleihin kuten ITIL, COBIT ja CMM. Se on erillisessä kuvassa asemoitu myös COBIT-malliin. COBIT on tietohallinnon johtamisen yleisesti käytetty malli ja ITIL on samassa asemassa suhteessa tietotekniikkapalveluille ja infrastruktuurille.

Jotta Grid yleistyisi, sen tulee tuoda konkreettista lisäarvoa näihin olemassa ja käytössä oleviin johtamismalleihin. Esimerkiksi, Gridin vaikutusalueet SID-tietomallissa ovat:

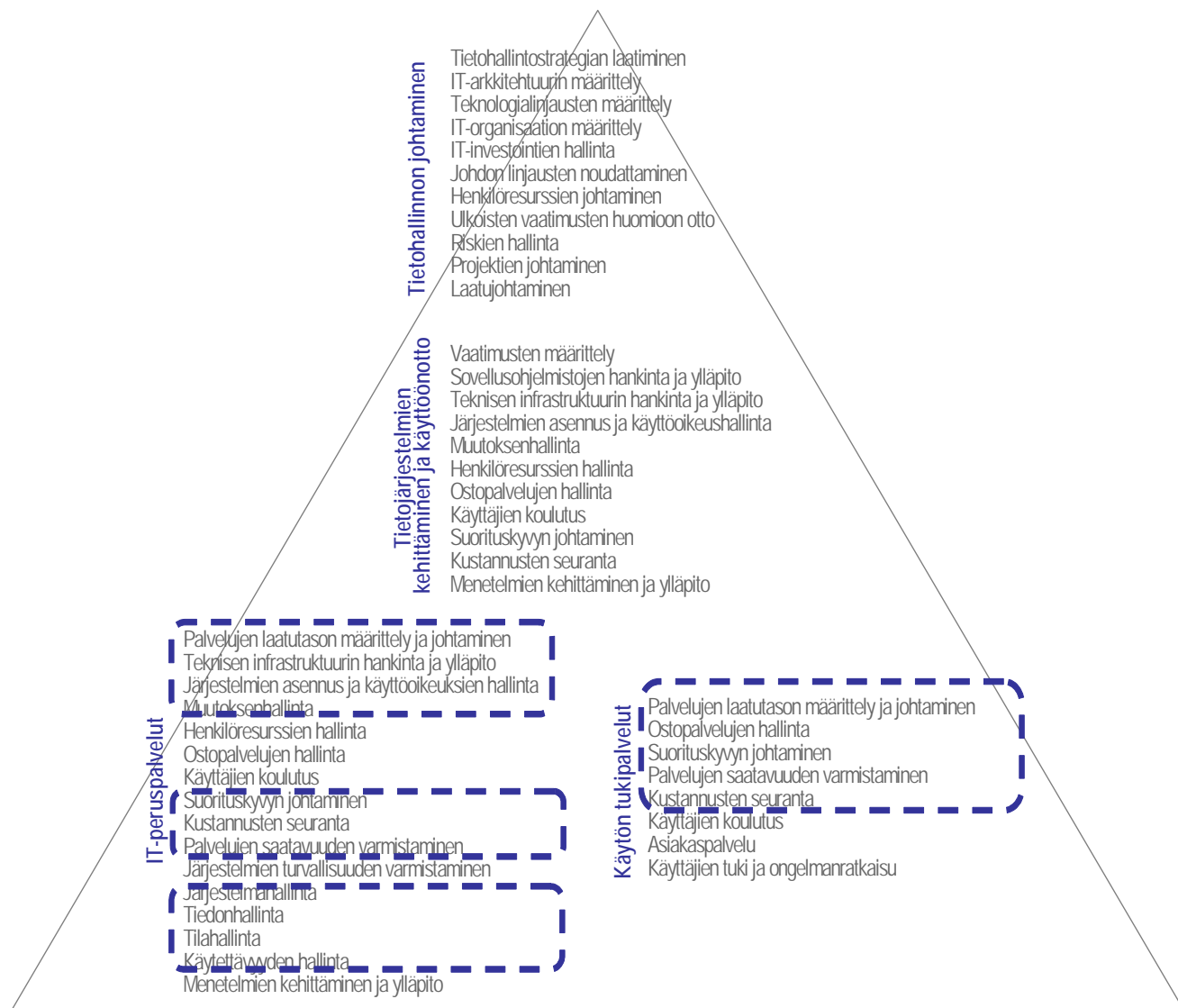


¹¹⁹ IT Services: Costs, Metrics, Benchmarking and Marketing, 2000

On käyty keskustelua siitä, pitäisikö SID:n nykyistä kahdeksaa aluetta laajentaa kattamaan myös asiakkaan laitteisto ja ohjelmisto. Tällöin myös asiakkaan laitteistot ja ohjelmistot (*CPE, Customer Premises Equipment*) olisivat osa Gridiä. Tämä CPE on käytännössä kännykkä tai kotiverkko.



Gridin kattamat alueet eTOM-prosessikartassa.



Gridin kattamat alueet COBIT-johtamismallissa.

Esimerkki: Adaptive Services Grid

Adaptive Services Grid (ASG)¹²⁰ EU:n kuudenteen puiteohjelmaan kuuluvan IST (Information Society Technologies) – osion integroitu yhteistyöhanke. Suomesta hankkeeseen osallistuu Jyväskylän yliopisto.

Erityisen kiinnostavaa siinä on se, että se nimensä mukaisesti yhdistelee erilaisia olemassa olevia edellä mainittuja lähestymistapoja kuten joustava yritys, palvelupohjainen arkkitehtuuri, ja Grid. Hiukan tarkemmin kuvattuna ASG:n palvelun elinkaari koostuu vaiheista:

- *Palvelun suunnittelu.* Tämä tapahtuu rakentamalla peruspalveluista (basic services) kokoonpantuja palveluita (composed services). Tämän oletetaan tapahtuvan automaattisesti palveluihin sisältyvän semanttisen metadatan (yhteisen kielen, “ontologian” eli sanaston) avulla;
- *Palvelusopimus.* ASG neuvottelee käyttäjän laatuvaatimuksia parhaiten vastaavan kokoonpanun palvelun laadun. Tässä sovelletaan siten agenttilähestymistapaa;
- *Palvelun toteutus.* Tässä astuu kuvaan Grid-lähestymistapa, joka tarjoaa hajautettuja resursseja. ASG toteuttaa kokoonpanun palvelun dynaamisesti. Tämä tarkoittaa, että jos joku resurssi ei ole käytössä tai sen palvelutaso ei riitä. ASG hakee uuden resurssin Gridistä;
- *Palvelujen laajentaminen ja uusien palvelujen rekisteröinti.* Tässä sovelletaan mallipohjaista palvelukehitystä.

ASG-esite vertaa ASG-lähestymistapaa SOA:aan ja toteaa ASG:n paljon laajemmaksi. Näin onkin, koska ASG:ssa on yhdistetty SOA ja useita muita lähestymistapoja. ASG yhdistää siten joukon ajankohtaisia tietoteknisiä käsitteitä yhteen viitekehikseen:

- Adaptive enterprise
- Service-oriented architecture
- Composite applications/services
- Semantic web
- Service level agreement, quality of service
- Agents
- Model-driven development

Sovellusesimerkkinä – ASG-hankkeen esitteen kansikuvaa myöten - kuvataan mobiili paikapohjainen palvelu, jossa kuluttaja (turisti) saa tietoja lähellä olevista palveluista ja pystyy tekemään toimenpiteitä, kuten varaus, maksu, tilaus, tai reittiohje. Tämä sovellus on hankkeeseen osallistuvien telekommunikaatioalan yritysten suunnittelema.

Esitteessä heijastuu teleoperaattorien tarve joustavaan palvelukehitykseen, joka oli myös TeleManagement Forumin 2005 teema¹²¹.

¹²⁰ www.asg-platform.org

¹²¹ TeleManagement Forum World Congress, Dallas, 2005

LIITE 2: GRID EUROOPAN KOMISSION PUITEOHJELMISSA (IST)

1 Poliittika ja ohjelmat

Euroopan Unioni ja sen komissio on tutkimusohjelmiensa kautta aktiivinen Gridin edistäjä. Teema on ollut esillä eurooppalaisen tutkimusyhteistyön kentässä jo 1990-luvun lopulta alkaen. Sen merkitys on nähty paitsi itsenäisenä tutkimuskohteena, myös välinearvonsa vuoksi, sillä Grid-perustaisia yhteistyöverkostoja voidaan soveltaa kaikille elämänoille, joihin eurooppalaista yhteistyötä halutaan kohdentaa.

ISTAG (Information Society Technology Advisory Board) ja sen työryhmät linjaavat Euroopan komission tutkimusohjelmia. ISTAG on nähnyt Gridin tärkeäksi painopisteeksi niin ohjelmistotuotannon kuin Gridin varaan rakentuvien palvelujen osalta:

“A European software industry that can provide high value-added services and products with high functionality and reliability will be central to the new economy. These new services and products will be based on secure, robust, common open infrastructure standards, including Grid and Web Services middleware, supported by semantics”¹²².

Euroopan komissio on viime vuosien aikana teettänyt myös muilla asiantuntijaryhmillä selvityksiä Grid-politiikkansa linjaamiseksi. Tässä on tietoisesti tähdätty varsin pitkään aikajänteseen ja työ on fokusoitu ”seuraavan sukupolven Grid-näkymään” (NGG - Next Generation Grids). Ensimmäinen asiantuntijaryhmä, NGG1, sai työnsä päätökseen kesällä 2003¹²³. Toinen laajennettu asiantuntijaryhmä, NGG2, johon edustaja myös Nokian organisaatiosta osallistui, julkisti työnsä tulokset kesällä 2004¹²⁴.

Jälkimmäisessä selvityksessä on mm. alueen SWOT-analyysi, jonka pohjalta on rakennettu tiivistelmä keskeisimmistä havainnoista ja työn suuntaamisen ohjenuorista:

- *Ontologies and semantic web technologies will be crucial to provide scalable support for complex, heterogeneous Grids middleware and applications;*
- *The strengths of the European telecommunications industry and the diversity of its market for electronic control systems have given Europe a leading position in the areas of mobile and embedded technology. This is of particular relevance for the realization of the vision of a Grid as a pervasive, user-centered utility;*
- *The weakness in hardware and primary software products (e.g. commodity processors, server and desktop Operating systems, Programming Languages, etc.) may hamper the development of a European leadership in Grids Technologies;*
- *The convergence between Grids and Web Services provides a significant opportunity to move to a model of software development and service provision where the market dominance of particular OS vendors is no longer a major economic issue.*
- *The distinctive European vision of a Grids environment that operates from the level of devices to supercomputers, to serve communities ranging from individuals to whole industries, includ-*

¹²² ISTAG Report on Grids, Distributed Systems and Software Architectures, 2004. Työryhmän työskentelyyn on Suomesta osallistunut Nokian edustaja.

¹²³ NGG1 Expert Group Report / European Grid Research 2005-2010, June 2003

¹²⁴ NGG2 Expert Group Report / Requirements and Options for European Grid Research 2005-2010 and Beyond, July 2004

ing data, information and knowledge and emphasizing resilience and scalability could have a significant economic and social impact far beyond the scope of existing compute and data Grids. This should be contrasted with the North American Grid vision of programmer-level metacomputing;

- *It is vital that any European vision for the evolution of Grids is accompanied by a clear representation of that vision to the key standards bodies and technology providers worldwide.*

Tutkimuksen ja kehittämisen viidennen puiteohjelman (Framework Programme 5, FP5) IST (Information Society Technologies) ohjelma sisälsi huomattavan joukon Grid-projekteja. Kuudes puiteohjelma (Framework Programme 6, FP6), on sisältänyt niitä vielä entistä enemmän ja niille on myös varattu lisääntyvässä määrin tutkimusrahaa. Komission tuki Grid-projekteilte oli viidennessä puiteohjelmassa 53 miljoonaa euroa ja kuudennessa puiteohjelmassa panosta päätettiin kasvattaa 125 miljoonaan euroon.

Edelliseen liittyen on todettava, että Euroopan Komissio on valjastanut koko kuudennen puiteohjelman (FP6) instrumenttivalikoiman Grid-hankkeisiin, kattaen seuraavat hanketyypit: Integrated Projects (IP), Networks of Excellence (NoE), Special Targeted Research Projects (STREP) ja Special Support Actions (SSA). Aihepiiri nähdään strategisesti tärkeänä.

Kuudennen puiteohjelman IST-osion 12 ensimmäisen Grid-projektin julkistus- ja käynnistystilaisuudessa 16.09.2004 Euroopan Komission puheenvuorossa todettiin:

“GRID technology will deliver five clear benefits: it will improve the quality of products and services, reduce the total cost of ownership, enable the creation and provision of “anywhere, anytime” services, contribute to the next generation of Internet, and provide a crucial backbone infrastructure”¹²⁵.

Varsinaisia Grid-projekteja varten on IST-osioon perustettu erillinen yksikkö. Tämän lisäksi hankkeita, joissa tutkitaan Grid-teknologioiden soveltamismahdollisuuksia, esiintyy myös muissa IST-ohjelman lohkoissa. Esimerkkinä on tämän selvityksen liitteessä 1 kuvattu IP-projekti ASG (Adaptive Services Grid), joka on sijoitettu teemaan *Open Development Platforms for Software and Services*. Tämä seikka osaltaan kuvaa Grid-käsitettä ja Gridin roolia yleisenä joustavana elementtinä arkkitehtuurien ja alustojen kehittymisen turbulenssissa.

Lisäksi julkisesti on esitetty tavoite, että Euroopan pitää päättäväisesti pyrkiä johtajuuteen Gridin tutkimuksessa ja soveltamisessa. Verrattuna yhdysvaltalaiseen lähestymistapaan, on ilmaistu, että Euroopassa halutaan korostaa näkyvämmiin muitakin Gridin ominaisuuksia kuin prosessori- ja laskentatehoa ja sen hajautusta:

“The EU’s vision includes much more of a societal dimension than, for example, the US, where the emphasis is on supercomputing capabilities. Europe has chosen to place an emphasis on serving the whole community on the full range of technical devices”¹²⁶.

Euroopan Komissio pitää Grid-konseptia myöskin keskeisenä moottorina ERA (European Research Area) tavoitteen vahvistamisessa. Lisäksi Grid-aihepiiri nähdään Euroopan Komission näkökulmasta potentiaalisena kansainvälisen yhteistyön alueena. 22.12.2005 julkistetussa kuudennen puiteohjelman IST-osion työohjelman täydennyksessä koskien kansainvälisen yhteistyön strategista tavoitetta 2.6.5, *International Cooperation on Grid Technologies* on nostettu avaintemaksi ja erityiseksi yhteistyön *kohdemaaksi on yksilöity Kiina*. Työn on ku-

¹²⁵ Peter Zangl, Deputy Director General of DG Information Society.

¹²⁶ Wolfgang Boch, Head of Unit F2, DG Information Society, European Commission 16.09.2004

vattu kattavan sekä Grid-tekniikan itsensä että Grid-perustaiset sovellukset ja palvelut eri elämäntiloilla:

*“The objective is to develop strategic partnerships building on common priority areas. It is also to explore new opportunities for collaboration at the level of technology and service providers as well as on the take-up of Grid-enabled applications by end users. Work will include common developments of standards and building joint virtual laboratories involving research and industry with focus on:
(1) Grid foundations: architecture, design and development of technologies and systems for the Grid,
(2) Grid-enabled applications and services for business and society”¹²⁷.*

Tämä on eräs selkeä osoitus siitä, että Grid-tekniikka ja onnistuneet Grid-verkostot ovat tärkeää kansainvälisen tutkimusyhteistyön menetelmä ja työkalu. Verkosto toimii parhaimmillaan dynaamisena ja osin itseohjautuvana virtuaalisena yhteistyö- ja testilaboratoriona, joka tuo eri maista olevat osapuolet sitoutuneeseen kanssakäymiseen keskenään. Gridissä on paljon potentiaalista rajat ylittävää voimaa.

2 Projektit ja niiden suuntautuminen

Euroopan komission tukemien Grid-projektien sisältöä kuvaavat tiiviissä muodossa projektiluettelot. Seuraavassa esitetään ne sekä viidennen että kuudennen puiteohjelman IST-osioiden Grid-projektit, joista vastaa tai on vastannut erityinen Grid-yksikkö.

Viidennen puiteohjelman Grid-projektiperhe ja projektien kotisivut¹²⁸:

Project	Project title	Project website
ASP-BP	Application Services Provision - Best Practice	www.asp-bp.org
AVO	Astrophysical Virtual Observatory	www.euro-vo.org
BIOGRID	Biotechnology Information and Knowledge Grid	www.bio-grid.net
COG	Corporate Ontology Grid	www.cogproject.org
CROSSGRID	Development of GRID Environment for interactive applications	www.eu-crossgrid.org
DAMIEN	Distributed Applications and Middleware for Industrial Use of European Network	www.hirs.de/organization/pds/projects/damien/
DATAGRID	Research & Technological Development for an International Data Grid	www.edg.org
DATATAG	Research and Technological development for a transatlantic Grid	datatag.web.cern.ch/datatag/
EGSO	European Grid of Solar Observations	www.egso.org
EUROGRID	Application Testbed for European GRID Computing	www.eurogrid.org
FLOWGRID	Flow Simulations On-demand Using Grid Computing	www.unizar.es/flowgrid/
GEMMS	Grid-Enabled Medical Simulation Services	www.ccrf-nece.de/gemms/
GRACE	Grid search and Categorisation Engine	www.grace-ist.org
GRASP	Grid Application Service Provision	www.eu-grasp.net
GRIA	Grid Resources for Industrial Applications	www.gria.org
GRIDLAB	GridLab - A Grid Application Toolkit and Testbed	www.gridlab.org
GRIDSTART	Grid Dissemination, Standards, Applications, Roadmap And Training	www.gridstart.org
GRIP	Grid Interoperability Project	www.grid-interoperability.org
LeGE-WG	Learning Grid of Excellence Working Group	www.zeusconsult.gr/LeGE-WG/
MAMMOGRID	European federated Mammogram database implemented on a GRID structure	
MMAPPS	Market-Managed Peer-to-Peer Services	www.mmapps.org
MOSES	Modular and Scalable Environment for the Semantic web	www.hum.ku.dk/moses/
OPENMOLGRID	Open Computing GRID for Molecular Science and Engineering	www.openmolgrid.org
SELENE	Self eLearning Networks	www.dcs.bbk.ac.uk/selene/

Downloaded by:

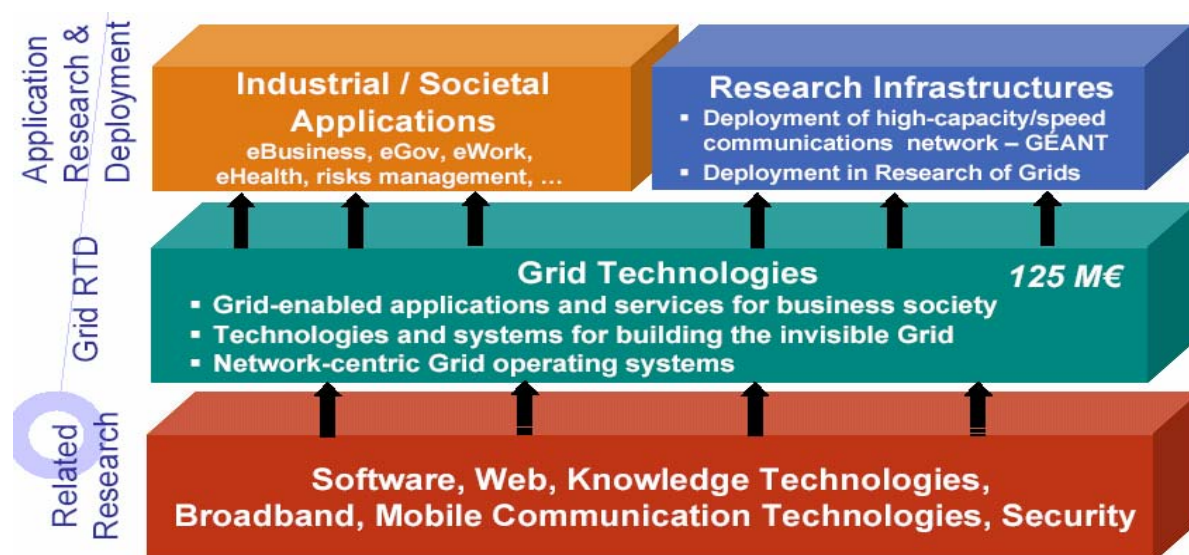
¹²⁷ FP6 / Fourth Update of the IST Work Programme, Final Draft

¹²⁸ Esite /EC/DG INFSO: Challenges and Opportunities for Business and Industry, 2003

Kuudennen puiteohjelman tähän (31.01.2006) mennessä käynnistynyt Grid- projektijoukko ja projektien rahoitusinstrumentit¹²⁹:

Hankkeen lyhenne	Hankkeen nimi	Instrumentti
Akogrimo	Access to Knowledge through the Grid in a Mobile World	IP
CoreGRID	European Research Network on Foundations, Software Infrastructures and Applications for Large-Scale Distributed Grid and Peer-to-Peer Technologies	NoE
DataMiningGrid	Data Mining Tools and Services for Grid Computing Environments	STREP
Grid@Asia	Advanced Grid Research Workshops through European and Asian Co-operation	SSA
GridCoord	ERA Pilot on a Co-ordinated Europe-wide Initiative in Grid Research	SSA
HPC4U	Highly Predictable Cluster for Internet-Grids	STREP
InteliGrid	Interoperability of Virtual Organisations on Complex Semantic Grid	STREP
K-WF Grid	Knowledge-based Workflow System for GRID Applications	STREP
NextGRID	The Next Generation Grid	IP
OntoGrid	Paving the Way for Knowledgeable Grid Services and Systems	STREP
Provenance	Enabling and Supporting Provenance in Grids for Complex Problems	STREP
SIMDAT	Data Grids for Process and Product Development using Numerical Simulation and Knowledge Discovery	IP
UniGridS	Uniform Interface to Grid Services	STREP

Seuraava kaavio havainnollistaa kuudennen puiteohjelman Grid-teknologiaosion orientaatiota suhteessa ICT-sektorin tutkimukseen, tutkimusta tukeviin infrastruktuureihin sekä potentiaaliin sovelluskenttään¹³⁰:



¹²⁹ Esite:EC/DG INFSO: Building Grids for Europe – A Crucial Technology for Science and Industry, 2004

¹³⁰ EC/DG INFSO/Wolfgang Boch: Grid Technologies Information Day, Brussels, May 2005

Kuudennen puiteohjelman Grid-projekteista erityisen maininnan ansaitsee *CoreGRID – hanke* (*European Research Network on Foundations, Software Infrastructures and Applications for Large-Scale, Distributed Grid and Peer-to-Peer Technologies*) (NoE – instrumentti), joka kokoaa ja verkostoi huomattavan joukon eurooppalaisia tutkimusyhteisöjä. Näiden joukossa on myös VTT Suomesta:



Varsin kiinnostava on myös *Akogrimo*-hanke, jonka tavoite tiivistettynä on seuraava:

*"Akogrimo will architect and prototype a blueprint of a Next Generation Grid by generalising the core GRID concept of resource-sharing into a Mobile Dynamic Virtual Organisation's framework, which supports knowledge-related, semantics-driven Web and GRID services over the Mobile Internet"*¹³¹.

Edelleen, viitaten tarpeeseen suorittaa eri käsitteistöihin perustuvien rakenteellisten lähestymistapojen ristiintarkastelua, *Akogrimo*-hankkeessa todetaan lisäksi, että se: *"...will advance the SOA of Management of Mobile Dynamic Virtual Organisations by applying a scenario-based design and realisation approach enacted through testbeds... and will provide a rich set of business model opportunities (operator/provider view)"*. Tässäkin tavoiteasettelussa on tosin jälleen todettava voimakas *"tarjonnan työntönäkökulma"* suhteessa *"kysynnän imuun"*.

Erityistä huomiota ansaitsee myös *GridCoord* -hanke, joka tukifunktiona nimensä mukaisesti koordinoi eurooppalaisia Grid-aktiiviteetteja ja vahvistaa niiden välisiä yhteyksiä. Suomi ei siinä ole edustettuna, mutta Ruotsi kylläkin (VINNOVA).

¹³¹ EU/CORDIS IST Project Fact Sheet /Akogrimo

Kuudennen puiteohjelman yllä mainittuihin IST ohjelman Grid-projekteihin osallistuu Suomesta vain VTT, kahteen projektiin (CoreGrid ja IntelliGrid). Osanotto on hyvin vähäistä verrattuna useimpiin muihin maihin, mm. Ruotsi ja Norja ovat varsin aktiivisia ja mukana usean eri organisaation voimin. Muuhun EU:n ainakin osaksi rahoittamaan kansainväliseen Grid-yhteistyöhön osallistuu enemmän suomalaisia tahoja (kts. tämän raportin luku 5.2.2)

Kuudes puiteohjelma jatkuu edelleen ja sen osalta on vielä odotettavissa muutamia projektien rahoituspäätöksiä. Puiteohjelman IST-osion työohjelma¹³² on Gridin osalta asettanut näille projekteille seuraavat päätavoitteet:

- *To advance the current generation of Grids towards the knowledge Grid and complete virtualisation of Grid resources. To foster uptake and use in business and society;*
- *To reduce the complexity of Grid-based systems, empowering individual and organisations to create, provide access to and use a variety of services, anywhere, anytime, in a transparent and cost-effective way, realising the vision of a knowledge-based and ubiquitous utility.*

Tässä tavoiteasetelmassa näkyy selvästi halu ”jalkauttaa” Grid tutkimusyhteisön palvelijan aseman lisäksi myös osaksi muuta yhteiskuntaa. Varsin mielenkiintoista on Grid-konseptin tiivis niveltäminen ubiikin ”aina ja joka paikassa” – periaatteen kanssa, johon asiaan tässä raportissa on viitattu erikseen omassa kohdassaan 3.3.7.

3 Suuntaviivoja tulevaisuuteen

Euroopan komission tukemissa ohjelmissa on yhä enemmän tähdennetty tarvetta suorittaa projektien onnistumisen arviointeja. Grid-teemaan lukeutuvien projektien osalta on kesällä 2004 suoritettu ulkopuolisten asiantuntijoiden toimesta arviointi, jossa erityisesti haluttiin tietoa siitä, miten projektien työn tuloksia pystytään viemään käytäntöön ja hyödyntämään¹³³. Tulokset eivät olleet kovin rohkaisevia: “... *The panel was surprised by the rudimentary and inaccurate understanding of exploitation shown by several consortia*”.

Arvioijaryhmä näki tuloksen huolestuttavana ja oli sitä mieltä, että Grid-teknologioissa ja sovelluksissa on päästävä läpimurtoihin ja tutkimusinvestoinneille on saatava katetta: “... *there is a risk that we embark on further research without properly assimilating or exploiting the results arising from work already undertaken. Europe has to think more commercially, and more strategically, about how to capitalise on the “grids opportunity”*”.

Arvioijaryhmän päätelmiin on helppoa yhtyä. Mikäli halutaan, että tiede- ja tutkimusyhteisöissä kehitettyä Grid-teknologiaa, välineistöä ja ratkaisuja voidaan suoraan soveltaa elinkeinoelämän tai julkisen hallinnon tarpeisiin, ottaen huomioon tutkimukseen ja kehittämiseen suunnattu rahallinen tuki, tarvitaan voimakasta tutkimus- ja soveltajayhteisöjen välistä sillanrakennusta ja lähentymistä sekä tätä prosessia tukevaa asennemuutosta ja motivointia.

Euroopan komissiossa nähdään, että tulevassa Grid-sektorin kehittämisessä työssä on pyrittävä eri keinoin nostamaan ICT sektorin laite-, ohjelmisto- ja järjestelmätoimittajien sekä hyödyntäjyhteisöjen osallistumista ja vastuuta tavoitteiden asettamisessa¹³⁴.

¹³² Information Society Technologies, Work Programme 2005-2006.

¹³³ Special Review on Project Results Exploitation and Dissemination Activities / Grid Technologies, June 2004

¹³⁴ EU/EC DG INFSO, Grid-yksikön päällikkö Wolfgang Boch, haastattelu 10.02.2006

Euroopan komission tutkimuksen ja kehittämisen seitsemäs puiteohjelma (FP7) on jo pitkään ollut rakenteilla, mutta päätökset siitä ovat viivästyneet mm. EU:n talousarvion vahvistamisen viiveiden vuoksi. Ohjelman sisällön suunnittelu korostaa entistäkin voimakkaammin tarvetta yhdistää eurooppalaista tutkimuskompetenssia kuin muutakin osaamista yli rajojen.

Seitsemännen puiteohjelman valmistelu perustuu osaohjelmiin, joista yksi on yhteistyö (*cooperation*). Se puolestaan jakaantuu yhdeksään teemaan (*themes*), joista yksi on ICT (*Information and Communication Technologies*). Tämä teema puolestaan jakaantuu kuuteen ”pilariin” (*ICT Technology Pillars*)¹³⁵.

Näistä pilareista yksi on ”*Software, Grids, Security and Dependability*”, jonka kuvauksen ydinkohtia ovat erityisesti¹³⁶:

“architectures and middleware systems that underpin knowledge-intensive services, including their provision as utilities”, “service-oriented, interoperable and scale-free infrastructures”, “grid-like virtualisation of resources”, “network-centric operating systems”, “mastering emergent behaviours of complex systems”, “improving dependability and resilience of large-scale, distributed and intermittently connected systems and services”.

Tulevaisuutta ajatellen yhteiseurooppalaisessa kehityksessä ollaan näin ollen tilanteessa, jossa

- 1) *Gridien kehittämislle on annettu ohjelmavalmistelussa entistä keskeisempi rooli sekä tutkimus- ja kehittämiskohteena että teemana, jolta odotetaan varsin paljon Euroopan kilpailukykyyn kehittymisen kannalta;*
- 2) *Grid-teemaan liittyvän työn valmistelussa on syvennetty yhteyksiä eri tahoihin. Tässä merkittäviä tekijöitä ovat NESSI-yhteisö sekä NGG3-työryhmän painottamat uudet sisällölliset linjaukset, esimerkkinä SOKU-visio¹³⁷.*

Toivottavaa on, että tavoitteissa onnistutaan, sillä Grid-ajattelun etenemisen avulla on saavutettavissa huomattavia hyötyjä sekä resurssien yhteiskäytön että entistä paremmin palvelevien tietojärjestelmien kehittymisen ansiosta.

Erityisen tärkeänä voidaan pitää NESSI-yhteisön läsnäoloa, sillä voimakkaampi alan yritysten intressien mukanaolo vaikuttanee tulosten tehokkaampaan hyödyntämiseen markkinoilla ja edelleen liike-elämän ja hallinnon tulevissa tietojärjestelmätoteutuksissa.

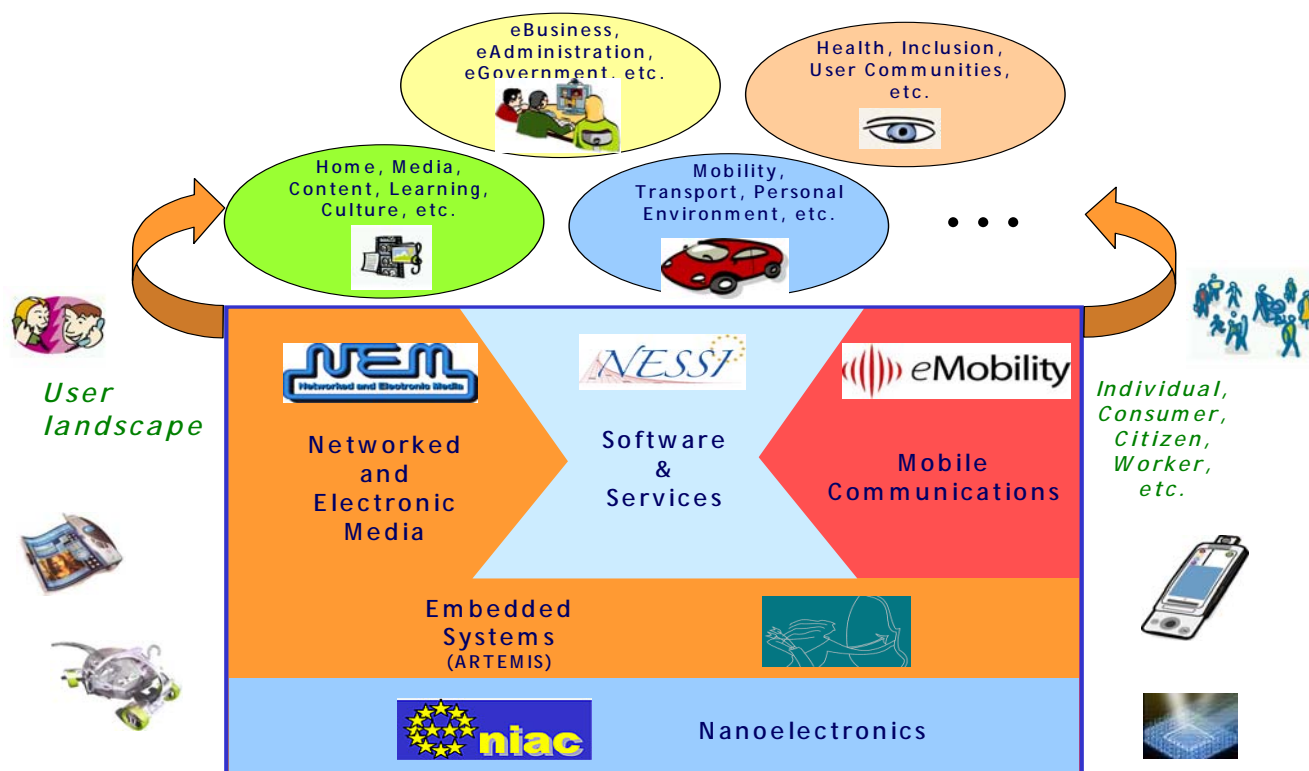
Seuraava kaavio¹³⁸ hahmottaa NESSI-aloitteen asemaa suhteessa eräisiin muihin valmistelussa oleviin keskeisiin ETP (European Technology Platforms) – aihioihin kuten verkkomedia, mobiili, sulautetut järjestelmät sekä nanoelektroniikka:

¹³⁵ European Commission proposals for FP7, COM(2005) 119

¹³⁶ European Commission proposal for a Council Decision, COM(2005) 440

¹³⁷ Kts. tämän raportin kohta 4.3

¹³⁸ NESSI Working material, dated 19/02/2006



Tämän selvityksen laadintahetkellä vuoden 2006 alussa Euroopan komission seitsemännen tutkimuksen ja kehittämisen puiteohjelman (FP7) valmistelu on vielä käynnissä. Tärkeiksi nähtyjä teemoja määritellään ja rinnakkaisesti valmistellaan ohjelmia ja instrumentteja, joihin hyväksytyt teemat tullaan sijoittamaan ja joilla niitä tullaan rahoittamaan.

Tässä yhteydessä edellä mainitut ETP- yhteistyöalustat ovat keskeisiä kuten myös JTI (*Joint Technology Initiatives*) – järjestelyt, joissa haetaan voimakkaita public/private liittoutumia¹³⁹.

Tässä yhteydessä on vielä syytä muistaa EUREKA yhteistyö ja erityisesti ITEA- ja ITEA2 yhteistyö¹⁴⁰, johon Euroopan komissio osallistuvana tahona tukee. EUREKA-yhteistyön ja komission puiteohjelmien välillä on yhteyksiä koordinoitua toiminnan eri tasoilla¹⁴¹.

Euroopan komission toimissa on puiteohjelmajatkumoa FP5, FP6 ja FP7 ajatellen ollut nähtävissä suuntaus hakeutua sirpaleisesta tutkimuksesta ja kehittämisestä kohden isompia ja kattavampia aloitteita (NoE, IP) ja edelleen erityisesti FP7 kohdalla teollisuusvetoisuutta voimakkaammin korostavaan toimintamalliin (*industry driven*).

On ilmeistä, että Grid-teknologiat ja Grid-ajattelutapa löytävät tulevissa ohjelmissa ja hankkeissa merkittävän sijan sekä uusien konseptien, tuotteiden ja palveluiden mahdollistajina että yhteistyön työkaluina.

¹³⁹ www.cordis.lu/fp7/cooperation.htm

¹⁴⁰ Kts. tämän raportin kohta 4.2

¹⁴¹ Mm. IST Advisory Board ISTAG

LYHENTEITÄ

2G, 3G, 4G	2 nd , 3 rd , 4 th Generation Mobile Technologies
AAA	Authentication – Authorisation – Accounting
AM	Asset Management
ARC	Advance Resource Connector
ARPU	Average Revenue Per Unit
ASG	Adaptive Service Grid
ASP	Application Service Provision
ASP	Application Service Provider
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
BI	Business Intelligence
BPM	Business Process Management
CEN	European Committee for Standardization
CEN / ISSS	CEN / Information Society Standardization System
CERN	European Organisation for Nuclear Physics
CMM	Capability Maturity Model
COBIT	Control Objectives for Information and Related Technologies
CPE	Customer Premises Equipment
CRM	Customer Relations Mngement
CSC	Finnish IT Center for Science
DIMES	Digital Media Services Innovation Finland
E2A	Extended Enterprise Architecture
EA	Enterprise Architecture
EAI	Enterprise Application Integration
EC	European Commission
EEA	Extended Enterprise Architecture
EEA	European Environmental Agency
EGA	Enterprise Grid Alliance
ERA	European Research Area (EU)
ERCIM	European Research Consortium for Information and Mathematics
ERP	Enterprise Resources Planning
ESB	Enterprise Service Bus
ETL	Extract-Transfer-Load
eTOM	Enhanced Telecom Operating Model
ETP	European Technology Platform (EU)
EU	European Union
FAO	Food and Agriculture Organisation
FEA	Federal Enterprise Architecture
FP5, FP6, FP7	5 th , 6 th , 7 th Framework Programme (EU)
GGF	Global Grid Forum
GME	Grid Management Entity
GPRS	General Packed Radio Service
GPS	Global Positioning System
GRASP	Grid-based Application Service Provision
GRID	Global Resource Information Database (akronyymitarkoituksessa)
GSM	Global System for Mobile Communications
GSP	Grid Services Provision
HIIT	Helsinki Institute of Information Technology
HIP	Helsinki Institute of Physics

ICSU	International Council of Scientific Unions
ICT	Information and Communication Technologies
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMS	IP Multimedia Services
IP	Internet Protocol
IP	Integrated Project (EU)
IPGRI	International Plant Genetic Resources Institute
IST	Information Society Technologies Programme (EU)
ISTAG	Information Society Technologies Advisory Group (EU)
IT	Information Technologies
ITEA	Information Technology for European Advancement (EU)
ITIL	Information Technology Infrastructure Library
ITU	International Telecommunications Union
JTI	Joint Technology Initiative (EU)
LBS	Location Based Services
LCC	Life Cycle Cost
LHC	Large Hadron Collider
M2M	Machine to Machine
MDA	Model-Driven Architecture
MHP	Multimedia Home Platform
MMS	Multimedia Messaging Service
MOM	Message Oriented Middleware
NCSA	National Center for Supercomputing Applications
NDGF	Nordic Data Grid Facility
NESSI	Networked European Software and Services Initiative
NGG	Next Generation Grid Expert Group
NoE	Network of Excellence (EU)
NRF	New Regulatory Framework
OASIS	Organisation for Advancement of Structured Information Standards
OGSA	Open Grid Services Architecture
OGSI	Open Grid Services Infrastructure
OODA	Observe-Orient-Decide-Act
P2P	Peer-to-Peer
PDA	Personal Digital Agent
PM	Performance Management
PMO	Program Management Office
QoS	Quality of Service
RFID	Radio Frequency Identification
ROI	Return of Investment
RTE	Real-Time Enterprise
RTI	Real-Time Infrastructure
SDP	Service Delivery Platform
SID	Shared Information and Data Model
SIM	Subscriber Identification Module
SLA	Service-Level Agreement
SMS	Short Message System
SNA	Systems Network Architecture
SOA	Service Oriented Architecture
SOKU	Service Oriented Knowledge Utilities
SRA	Strategic Research Agenda (EU)
SRM	Supplier Relations Management
SSA	Special Support Action (EU)

STREP	Special Targeted Research Project (EU)
TCO	Total Cost of Ownership
UNEP	United Nations Environment Programme
WiFi	Wireless Fidelity
WSRF	Web Services Resource Framework
XML	Extensible Markup Language

LÄHTEITÄ

Tässä selvityksessä on käytetty runsaasti Grid-teemaan suoraan tai välillisesti liittyviä lähteitä. Viittaukset niihin on suoritettu tekstin oheen suoraan rakennetuissa alaviitteissä. Web-viitteiden toimivuus on todettu tammi-maaliskuussa 2006.

HAASTATTELUT

Tämän selvitystyön aikana on suoritettu seuraavat varsinaiset haastattelut:

Boch, Wolfgang	Head of Unit DG Information Society and Media, Grid Systems, European Commission, Bryssel, helmikuu 2006
Keusekotten, Johannes	Leiter Referatsgruppe Informationstechnik, Bundesverwaltungsamt (BVA), Köln, marraskuu 2005.
Kuittinen, Ossi	Vice President,. TeliaSonera Finland Oyj, helmikuu 2006
Maanaviija, Aimo	Research Fellow, Elisa Oyj, joulukuu 2005
Mäntylä, Martti	Prof., Director, Helsinki Institute of Information Technology, helmikuu 2006
Rainio, Antti	Managing Director, Navinova Ltd, tammikuu 2006
Saikkonen, Heikki	Professor, Software Technology, TKK, Research Fellow, Nokia Research Center, maaliskuu 2006
Siponen, Aki	Neuvotteleva virkamies, Valtiovarainministeriö, helmikuu 2006

Liikenne- ja viestintäministeriön osalta yhteyshenkilöinä ja asiantuntijoina ovat toimineet:

Kohtala, Antti	Viestintäneuvos, yksikön päällikkö
Tuominen, Tatu	Neuvotteleva virkamies

Lisäksi selvitystyön aikana on käyty lukuisia selvityksen teemaan lukeutuvia keskusteluja sekä uusimman tietotekniikan että tietojärjestelmien rakentamisen ja tietojärjestelmien arkkitehtuurien suunnittelun ja toteutuksen ammattilaisten kanssa.