



Eetu Pilli-Sihvola, Mikko Tarkiainen, Armi Vilkmán &
Raine Hautala

Paikkasidonnaiset liikenteen palvelut

| Teknologia ja arkkitehtuurit

ISBN 978-951-38-7515-2 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2011

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

Tekijä(t) Eetu Pilli-Sihvola, Mikko Tarkiainen, Armi Vilkman & Raine Hautala		
Nimeke Paikkasidonnaiset liikenteen palvelut Teknologia ja arkkitehtuuri		
Tiivistelmä Työssä tarkasteltiin liikenteen paikkasidonnaisiin palveluihin liittyvien teknologioiden nykytilaa ja tulevaisuuden näkymiä sekä palveluiden arkkitehtuureja. Työ oli osa laajempaa PASTORI-projektia, jossa kehitettiin nykyaikaista teknologiaa hyödyntävien liikenteen paikkasidonnaisten palveluiden liiketoimintamalleja ja toteutusratkaisuja. Tieto- ja tietoliikenne- sekä paikannusteknologian kehittyminen yhdessä mobiilien internetyhte- yksien ja päätelaitteiden yleistymisen kanssa ovat luoneet vahvan pohjan erilaisten paikkasidon- naisten palveluiden synnylle. Älypuhelimien määrä on räjähdysmäisessä kasvussa, ja niiden hyö- dyntämiä nopean tiedonsiirron mahdollistavia kolmannen ja neljännen sukupolven matkapuhelin- verkoja rakennetaan jatkuvasti lisää. Paikannusteknologioiden osalta avainasioita ovat monipuolisuus ja hybridimenetelmät. Perin- teisen GPS:n lisäksi Venäjän GLONASS on jo käytössä. Euroopan GALILEO ja Kiinan COMPASS ovat näillä näkymin toiminnassa vuoteen 2020 mennessä. Kattavampaa ja tarkempaa paikannustietoa saadaan tulevaisuudessa myös hyödyntämällä useampaa paikannusmenetelmää samalla laitteella. Nämä hybridimenetelmät voivat hyödyntää satelliittijärjestelmien lisäksi esimer- kiksi matkapuhelimen verkkopaikannuksen tietoja. Tällaisia avusteisia menetelmiä käytetään laa- jasti jo matkapuhelimissa GPS-paikannuksen tukena. Myös lähiverkkopaikannuksen sekä muiden sisätilapaikannusteknologioiden odotetaan kehittyvän merkittävästi. Palveluihin on kehitetty vuosien ajan eri hankkeissa lukuisia erilaisia arkkitehtuureja. Monet näistä arkkitehtuureista ovat hankkeiden päätyttyä jääneet hyödyntämättä uusien palveluiden suunnittelussa. Yksi syy tähän voi olla liian kapea ja tekninen lähestymistapa – on keskitetty ensi- sijaisesti järjestelmän käytännön toimivuuteen arvioimatta riittävän kriittisesti kehitettävän palvelun laajempaa liiketoiminnallista houkuttelevuutta.		
ISBN 978-951-38-7515-2 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinnumero 32426
Julkaisu-aika Kesäkuu 2011	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivu- ja 92 s.
Projektin nimi PASTORI	Toimeksiantaja(t) TEKES	
Avainsanat ITS, location-based services, LBS, technology, architecture, Pastori	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374	



Series title, number and
report code of publication

VTT Working Papers 173
VTT-WORK-173

Author(s) Eetu Pilli-Sihvola, Mikko Tarkiainen, Armi Vilkmán & Raine Hautala		
Title Traffic-related location-based services Technology and architectures		
Abstract The study examined the current state and future outlook of technologies related to traffic-related location-based services. Different service architectures were also described and analysed. The work was carried out as a part of the larger PASTORI project that focused on developing business models and implementation solutions for traffic-related location-based services utilising the latest technology. Recent improvements in information, communication and positioning technologies combined with the growing number of mobile internet connections and terminals have created a solid foundation for the creation of different LBS. Smartphone markets are experiencing explosive growth and faster mobile networks are being built around the globe. Key issues in positioning technologies are versatility and hybrid positioning methods. Satellite positioning is still the norm. The Russian GLONASS is already operative in addition to the long-used GPS. The European GALILEO is expected to be in use by 2020 together with the Chinese COMPASS. The utilisation of more than one positioning method on a single device will bring more accurate location information to users. These hybrid methods can use e.g. mobile network positioning to supplement GPS data. LAN positioning and other indoor positioning methods are expected to develop significantly. Service architectures have been developed in different projects throughout the years. Many of these architectures have been left on the shelf after the projects ended. One reason for this can be a too narrow-minded and technical approach – the focus has been on technical functionality and details without regard to the wider business appeal and feasibility of the service in question.		
ISBN 978-951-38-7515-2 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 32426
Date June 2011	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 92 p.
Name of project PASTORI	Commissioned by TEKES	
Keywords ITS, location-based services, LBS, technology, architecture, Pastori	Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4520 Fax +358 20 722 4374	

Alkusanat

Tämä paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden teknologia- ja arkkitehtuuriselvitys tehtiin osana Tekesin, Elisan, Indagonin, Logican, Mediamobile Nordicin, Semelin, Tapiolan, liikenne- ja viestintäministeriön, Liikenteen turvallisuusvirasto TraFin ja VTT:n rahoittamaa PASTORI-projektia. Projektin keskeisinä lähtökohtina olivat palveluiden kustannustehokkaan paketoinnin ja monipalveluratkaisun mahdollistamat avoimet ratkaisut, yritysten ja viranomaisten väliset uudet yhteistyömallit sekä paikannusta- ja paikkatiedon hyödyntäminen useassa eri palvelussa ja sovelluksessa.

Projektissa luotiin kehittyneitä teknologioita hyödyntävien liikenteen paikkasidonnaisten palveluiden liiketoimintamalleja ja palvelukonsepteja. PASTORI-tutkimusprojektin rinnalla toteutettiin yritysvetoinen SUNTIO-projekti, jossa todennettiin pilottien avulla PASTORISSA tuotettujen liiketoimintamallien ja teknisten ratkaisujen toimivuutta. Pohjatyönä selvitettiin palveluiden nykytilanne ja kuvattiin palveluiden arkkitehtuurit yleisellä tasolla. Avainpalveluiden (yleiseurooppalaiset eCall- ja EETS-viranomaispalvelut) toiminnalliset arkkitehtuurit kuvattiin tarkemmalla tasolla.

Tämä raportti käsittelee teknologian nykytilaa ja tulevaisuudennäkymiä sekä palveluiden arkkitehtuureja. Tietoliikenneteknologia on kehittynyt viimeisten vuosien aikana nopeasti. NMT-verkot ovat vaihtuneet GSM-verkoiksi, ja uudet 3G-verkotkin ovat lähivuosina tekemässä tilaa 4G-teknologiaa hyödyntäville verkoille. Internetin langaton käyttö on jo arkipäivää, ja internet on tulossa myös autoihin. Paikkatiedon ja paikannuksen hyödyntämistä edistäviä arkkitehtuureja on laadittu useissa hankkeissa, mutta niiden yhteensovittaminen eri sovellusalueilla on ollut hankalaa.

Projektin johtoryhmään kuuluivat liikenne- ja viestintäministeriöstä Seppo Öörni (puheenjohtaja), Tekesistä Janne Peräjoki, Elisasta Kim Tikkanen, Indagonista Matti Lankinen, Logicasta Sami Sahala, Mediamobile Nordicista Jussi Kiuru, TraFista Juhani Intosalmi sekä VTT:stä Heikki Kanner, Armi Vilkmann ja Raine Hautala.

Kesäkuussa 2011

Teknologian tutkimuskeskus VTT, Espoo

Raine Hautala, projektipäällikkö

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	5
Lyhenteet.....	9
1. Johdanto	11
2. Teknologia katsaus	13
2.1 Sulautetut järjestelmät	13
2.2 Paikannusmenetelmät	13
2.2.1 Satelliittipaikannus.....	14
2.2.1.1 GPS.....	14
2.2.1.2 GALILEO	14
2.2.1.3 GLONASS	15
2.2.1.4 COMPASS	15
2.2.1.5 Satelliittipaikannuksen tukijärjestelmät	15
2.2.1.6 Satelliittipaikannuksen vastaanottimet.....	16
2.2.2 Verkkopaikannus.....	16
2.2.3 Sisätilapaikannus	17
2.2.4 Hybridimenetelmät	18
2.3 Kartat	19
2.4 Ajoneuvolaitteet	20
2.4.1 Ajoneuvotietokone.....	20
2.4.2 Autojen tieto- ja viihdejärjestelmät.....	20
2.4.2.1 Microsoft Auto – Ford Sync	21
2.4.2.2 Autonvalmistajien merkkikohtaiset järjestelmät	21
2.4.2.3 GENIVI	22
2.4.2.4 AutoLinQ	22
2.4.3 Telematiikka-alusta	22
2.4.3.1 Ajoneuvon seurantalaitteet.....	23
2.4.3.2 Avoin ajoneuvoalusta	23
2.4.3.3 Octo Telematics	24
2.4.3.4 NXP ATOP	24
2.4.4 Standardiliitännät ajoneuvoväylään	25
2.4.4.1 Raskaat ajoneuvot.....	25
2.4.4.2 Henkilö- ja pakettiautot.....	26
2.4.5 Kuljettajan tukijärjestelmät (ADAS).....	28
2.5 Mobiililaitteet	30
2.5.1 Henkilökohtainen navigointilaitte	30
2.5.2 Älypuhelimet.....	30
2.5.2.1 Valmistajien puhelinmallit	31
2.5.2.2 Käyttöjärjestelmät.....	32
2.5.2.3 Älypuhelin yleispäätelaitteena	32
2.5.3 Kannettavat internet-päätteet	33
2.5.4 Mobiililaitte osana ajoneuvoa	33
2.5.4.1 Nokia Terminal Mode	34

	2.5.4.2	Nomadic Device Forum (NDF)	36
	2.5.4.3	Muut integrointiratkaisut	37
2.6	Tiedonsiirto		37
	2.6.1	GSM	37
	2.6.2	3G	37
	2.6.3	4G	38
	2.6.3.1	@450.....	38
	2.6.3.2	WiMAX	38
	2.6.3.3	LTE.....	39
	2.6.4	RDS-TMC ja TPEG	40
2.7	Lyhyen kantaman tiedonsiirto		40
	2.7.1	Bluetooth	40
	2.7.2	DSRC / WAVE.....	41
	2.7.3	WLAN	41
	2.7.4	NFC.....	41
2.8	Ajoneuvojen välinen kommunikointi		42
2.9	Laitteiden käyttäminen		42
3.	Palveluiden toteuttaminen		45
3.1	Toiminnalliset arkkitehtuurit		45
	3.1.1	Ajantasaisen liikennetiedon arkkitehtuuri	45
	3.1.2	Kansallinen joukkoliikenteen paikannusarkkitehtuuri.....	46
	3.1.3	NGTP (Next Generation Telematics Pattern)	48
	3.1.4	SPITS-alustan arkkitehtuuri.....	48
	3.1.5	COMeSafety-projektin ITS-tietoliikennearkkitehtuuri	49
	3.1.6	Open Geospatial Consortium Web Services	50
	3.1.7	GST-palvelualustan arkkitehtuuri	52
	3.1.8	SISTER-arkkitehtuuri.....	53
3.2	Palveluiden kehittäminen		53
	3.2.1	Palvelukeskeinen arkkitehtuuri.....	54
	3.2.2	Tiedon saatavuus	54
	3.2.3	Tiedon esittäminen ja käsitleminen	55
	3.2.3.1	XML	55
	3.2.3.2	UDDI	56
	3.2.3.3	WSDL.....	57
	3.2.3.4	SOAP	57
	3.2.3.5	Datex II.....	57
	3.2.3.6	OpenLR.....	57
3.3	Uuden palvelumallin kehittäminen		58
4.	Palveluiden käyttäminen.....		60
	4.1	Käyttäjän tunnistaminen.....	60
	4.2	Yksityisyys	61
	4.3	Verkkoverailu eli roaming	62
5.	Roadmap 2010–2020		63
	5.1	Paikannusmenetelmät	63
	5.2	Päätelaitteet	64
	5.2.1	Autojen tieto- ja viihdejärjestelmät.....	64

5.2.2	Henkilökohtaiset navigointilaitteet	65
5.2.3	Älypuhelimet.....	66
5.2.4	Taulutietokoneet.....	67
5.3	Tiedonsiirto	68
5.4	Paikkasidonnaiset palvelut.....	70
5.4.1	Kuljettajan tukijärjestelmät ja liikenneturvallisuuteen liittyvät palvelut.....	72
5.4.2	Navigointi ja reitinopastus	73
6.	Yhteenveto	75
	Lähdeluettelo	78

Lyhenteet

3G	Kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologiat – esimerkiksi UMTS ja HSPA
4G	Neljännän sukupolven matkapuhelinteknologiat – esimerkiksi LTE ja WiMAX
A-GPS	Avustettu GPS-satelliittipaikannus (Assisted Global Positioning System)
COMPASS	Kiinan kehittämä satelliittipaikannusjärjestelmä
DATEX	Liikennetiedon esitysmuoto
DGPS	Suhteellinen GPS-paikannus (Differential GPS)
DSRC	Dedicated Short-Range Communications
EETS	European Electronic Toll Service
EGNOS	Euroopan satelliittipohjainen paikannuksen tukijärjestelmä (European Geostationary Navigation Overlay Service)
GALILEO	Euroopan kehitteillä oleva satelliittipaikannusjärjestelmä
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä, joka on kehitetty Yhdysvalloissa (Global Positioning System)
GLONASS	Venäläinen maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä (Global Navigation Satellite System)
GSM	Matkapuhelinverkkoteknologia (Global System for Mobile Communications)
LBS	Paikkasidonnainen palvelu (location-based service) – palvelu, joka hyödyntää tietoa käyttäjän sijainnista tarjoamassaan sisällössä tai toiminnallisuuksissa
LTE	Neljännän sukupolven matkapuhelinteknologia (Long Term Evolution)
MPS	Mobile Positioning System
MSD	Minimum set of data
NFC	Lyhyen kantaman RFID-tiedonsiirtoteknologia (Near Field Communication)
PND	Henkilökohtainen navigointilaite – laite, jota käytetään ensisijaisesti reitin etsimiseen haluttuun kohteeseen (Personal Navigation Device)

PPP	Hankemuoto, jossa julkinen ja yksityinen taho jakavat hankkeen kustannukset (Public Private Partnership)
SOA	Palvelukeskeinen arkkitehtuuri (Service-Oriented Architecture)
SOAP	XML-pohjainen tiedonesitysmuoto, jota käytetään paljon web service -toteutuksissa (Simple Object Access Protocol)
UCPI	Verkkopaikannusteknologia, solupaikannus (Unique Cell Point Identification)
WiMAX	Neljännän sukupolven matkapuhelinteknologia (Worldwide Interoperability for Microwave Access)
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko
WSDL	Määrämuotoinen esitystapa web service -palveluiden rakenteen esittämiseksi (Web Services Description Language)
XML	Yleinen tiedon esittämismuoto, jota hyödynnetään erityisesti web service -toteutuksessa (eXtended Markup Language)

1. Johdanto

Tieto- ja tietoliikennetekniikan sekä paikannusteknologioiden kehittyminen ovat mahdollistaneet paikkasidonnaisten palvelujen syntymisen ja kehittymisen. Keskeisessä asemassa näissä palveluissa on tieto käyttäjän sijainnista. Paikkasidonnaisilla palveluilla on useita viranomaissovelluksia, kuten automaattinen hätäviesti (eCall) ja tienkäyttömaksut. Kaupallisista palveluista yleisimpiä ovat navigointi ja reitinopastus sekä erilaisien kohteiden paikantaminen.

Mahdollisuus paikantaa laitteita ja niitä käyttäviä ihmisiä teknologian keinoin on luonut uuden pelikentän erilaisten sijaintiin pohjautuvien palveluiden kehittämiseen. Matkapuhelinverkossa tapahtuvalla verkkopaikannuksella voidaan selvittää matkapuhelimen käyttäjän sijainti parhaimmillaan kymmenien tai satojen metrien tarkkuudella. Satelliittipaikannus puolestaan tarjoaa paikannusta jopa metrien tarkkuudella olosuhteiden ja paikan ollessa suotuisia. Katvealueilla, kuten laaksoissa, tiiviissä metsissä ja rakennusten sisällä tarvitaan puolestaan vaihtoehtoisia paikannusmenetelmiä, jotta sijainti voidaan määrittää edes jollain tarkkuudella.

Tietoliikenneteknologia on myös kehittynyt viimeisten vuosien aikana erittäin nopeasti. 1980- ja 1990-lukujen NMT-verkot ovat vaihtuneet GSM-verkoiksi, ja uudet 3G-verkotkin ovat lähivuosina tekemässä tilaa 4G-teknologiaa hyödyntäville verkoille. Internetin langaton käyttö joko kannettavalla tietokoneella tai älypuhelimella on jo arkipäivää, joten internet on tekemässä tuloaan myös autoihin.

Paikkatietoa hyödynnetään jo liikennealan sovelluksissa navigoinnista joukkoliikenteeseen. Monessa eri hankkeessa on laadittu arkkitehtuureja paikkatiedon ja paikannuksen hyödyntämiseen liittyen, mutta näiden hyödyntäminen ja yhteensovittaminen eri sovellusalueilla on ollut hankalaa.

Tämän raportin tarkoitus on kuvata liikenteen paikkasidonnaisiin palveluihin liittyvän teknologian nykytilaa ja tulevaisuudennäkymiä. Raportissa käsitellään palveluiden arkkitehtuurien suunnittelussa huomioitavia asioita. Lopuksi raportissa esitetään arvio liikenteen paikkasidonnaisten palveluiden ja niihin liittyvän teknologian tulevaisuudesta vuosina 2015–2020.

1. Johdanto

Raportin aineistona on käytetty tieteellisiä artikkeleja, konferenssiesityksiä, käsikirjoja, teknologia- ja liikennealan uutisia sekä markkinatutkimuksia. Lisäksi esityksiä ja keskusteluja aiheeseen liittyvistä työpajoista ja seminaareista on hyödynnetty raporttia laadittaessa. Pääasiallisina menetelminä raportin laadinnassa ovat olleet kirjallisuus-, uutis- ja markkinakatsaukset sekä asiantuntijakeskustelut ja -haastattelut.

2. Teknologiakatsaus

Tässä luvussa käsitellään Palveluiden nykytila -raportissa [126] esiteltyjen liikenteen paikkasidonnaisten palvelujen toteuttamisen mahdollistavia teknologioita. Teknologioista käydään läpi erilaiset paikannusmenetelmät, ajoneuvo- ja mobiililaitteet sekä tiedonsiirto- ja kommunikointimenetelmät.

Teknologiakatsauksessa peilataan myös ITS Finlandin raportissa [150] markkinatrendeistä tehtyjä arvioita ja päivitetään niitä.

2.1 Sulautetut järjestelmät

Sulautetut järjestelmät (*embedded systems*) ovat tiettyyn erityistarkoitukseen suunniteltuja tietokonejärjestelmiä, joiden toimintaa rajoittaa usein vaatimus reaaliaikaisuudesta. Niiden pitää siis reagoida tapahtumiin usein erittäin tiukankin määräajan puitteissa. Esimerkkinä tällaisesta järjestelmästä ovat esimerkiksi auton lukkiutumattomat jarrut tai ydinvoimalan turvallisuusjärjestelmät. [22]

Älyn vallatessa uusia alueita sulautetut järjestelmät ovat murroksessa. Sulautettuja järjestelmiä on jo pitkään käytetty autoissa esimerkiksi moottorin ohjauksessa. Auton lisäksi sulautetut järjestelmät voivat olla osa myös esimerkiksi satelliittia tai tienvarressa olevaa havaintolaitetta. [135]

2.2 Paikannusmenetelmät

Paikannusmenetelmiä on kuvattu melko laajasti vuonna 2010 julkaistussa liikenne- ja viestintäministeriön raportissa Paikannus älyliikenteessä [137]. Tässä raportissa on täydennetty ja päivitetty edellä mainitussa LVM:n raportissa esitetyjä tietoja paikannusmenetelmistä ja niiden nykytilasta paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden näkökulmasta.

2.2.1 Satelliittipaikannus

Ensimmäinen ja yhä eniten käytetty julkinen satelliittipaikannusjärjestelmä on Yhdysvaltojen kehittämä GPS (Global Positioning System). Viime aikoina myös muut maat ja alueet ovat kehittäneet omia maailmanlaajuisia satelliittipaikannusjärjestelmiään. Kehitystyötä ovat tehneet ainakin Eurooppa, Venäjä, Kiina, Intia ja Japani. Näistä Venäjä on kehitystyössä pisimmällä, ja sen GLONASS-järjestelmä onkin jo julkisesti käytettävissä.

2.2.1.1 GPS

GPS on laajasti käytössä oleva, Yhdysvaltain hallinnoima satelliittipaikannusjärjestelmä, joka perustuu satelliittien paikan tuntemiseen ja satelliittien ja vastaanottimien välisten signaalien aikaeromittauksiin. Tarkkuus on noin 10–20 metriä. Meneillään oleva GPS:n uudistamishanke, GPS III, tuo myös siviilikäyttöön uusia vapaita paikannussignaaleja ja siten parantaa paikannustarkkuutta aluksi noin metrin luokkaan ja satelliittien määrän kasvaessa jopa tarkemmaksi. Lisäksi kehitetään yhteensopivuutta muihin kansainvälisiin satelliittipaikannusjärjestelmiin. GPS III -satelliittien laukaisut aloitetaan 2014, ja uudistettu järjestelmä on käytössä 2020 mennessä. [53][43]

2.2.1.2 GALILEO

GALILEO on kehitteillä oleva Euroopan unionin omaan siviilikäyttöön suunniteltu satelliittipaikannusjärjestelmä. Kehitystyön johtavia ajatuksia ovat olleet tarkkuus, luotettavuus ja turvallisuus sekä toiminta erityisesti korkeilla leveysasteilla. Galileo tulee tarjoamaan eri käyttäjäryhmille eri palveluja [137]:

- Open Service (OS) tarjoaa käyttäjälle ilmaisen paikannuksen ja aikaleiman, jotka tarkkuudeltaan vastaavat GPS:n tasoa
- Safety of Life Service (SoL) on suunnattu erityisesti turvallisuuskriittisiin käyttökohteisiin kuten merenkulkuun, ilmailuun ja raideliikenteeseen. Palvelu varoittaa käyttäjää mahdollisista järjestelmän toimintahäiriöistä.
- Commercial Service (CS) on maksullinen ja sisältää avoimen palvelun (OS) signaalien lisäksi kaksi salattua signaalia. Palvelulle taataan avointa palvelua parempi laatutaso, ja sen avulla voi myös siirtää rajoitetusti dataa.
- Public Regulated Service (PRS) on tarkoitettu viranomaiskäyttäjille, ja sen salaus- ja turvallisuusominaisuudet ovat paremmat kuin kaupallisessa palvelussa (CS).
- Search and Rescue Service (SAR) on tarkoitettu etsintä- ja pelastustehtäviin. Galileo-satelliitit pystyvät välittämään hätälähettimien signaalia.

GALILEOn palveluista ensimmäisenä ovat tulossa käyttöön OS, PRS ja SAR. Kun kaikki satelliitit on otettu käyttöön ja edellä mainitut palvelut on testattu, myös CS ja SoL otetaan käyttöön. Käyttöönotto on viivästynyt esitetyistä aikatauluista jo moneen kertaan erityisesti yhä kasvavien kustannusten ja rahoituksen sopimisen ongelmien vuoksi. Tällä hetkellä Euroopan komission sivuilla mainitaan käyttöönottovuodeksi 2014, mutta tuoreissa lehtitiedoissa on vilauteltu myös mahdollisuutta järjestelmän käyttöönoton venymisestä vuoteen 2017. [28][149]

2.2.1.3 GLONASS

Venäläisillä on GPS:ää vastaava GLONASS-järjestelmä, jonka satelliittikonstellaatio on ollut vajaa, mutta viime vuosina se on täydentynyt jatkuvasti. Vuoden 2010 lokakuussa avaruudessa oli 26 satelliittia, joista 19 oli signaalia lähettävässä tilassa [50]. Pian järjestelmä yltäneen signaalin saatavuudessa ja paikannustarkkuudessa GPS-järjestelmän tasolle. Glonass tarjoaa kaksi paikannussignaalia siviilikäyttöön. [137]

2.2.1.4 COMPASS

COMPASS on Kiinan avaruushallinnon satelliittipaikannusjärjestelmä, jonka on tarkoitus palvella ensisijaisesti kuljetus- ja öljyalaa sekä tehostaa säiden ennustamista sekä tietoliikenneyhteyksien toimintaa. Elokuussa 2010 järjestelmän suunnitellusta 35 satelliitista käytössä oli viisi, ja järjestelmän olisi tarkoitus tarjota Aasian alueella paikannuspalveluita vuonna 2012. COMPASSin on tarkoitus mahdollistaa maailmanlaajuiset paikannuspalvelut vuoteen 2020 mennessä, jolloin se muodostaisi vaihtoehdon muille globaaleille paikannusjärjestelmille, kuten GPS:lle ja GALILEOille. [72]

2.2.1.5 Satelliittipaikannuksen tukijärjestelmät

Satelliittipaikannuksen tueksi on kehitetty monia järjestelmiä, joiden avulla voidaan parantaa paikannustarkkuutta ja luotettavuutta, nopeuttaa ensimmäisen paikkatiedon saantia käynnistyksen jälkeen sekä vähentää vastaanottimen virrankulutusta. Tällaisia järjestelmiä ovat mm. satelliittipohjaiset tukijärjestelmät (EGNOS, WAAS, MSAS), maanpäälliset tukijärjestelmät (esimerkiksi merenkulussa käytettävä AIS, A-GPS sekä differantiaali-GPS).

Satelliitin kautta välitettävä korjaussignaali (Euroopassa EGNOS, joka on myös osa tulevaa GALILEO-järjestelmää) parantaa paikannustarkkuutta noin yhden metrin luokkaan, mutta satelliittien geostationaariselta radalta sen kuuluvuus Suomessa on heikko. DGPS-palvelua Suomessa tarjoaa Indagon Oy sekä perinteisesti FM-radioverkon (Focus-palvelu) että uutena mobiiliverkon (Bridge), esimerkiksi 3G:n, kautta.

2. Teknologia katsaus

Avustettua satelliittipaikannusta (A-GNSS) käytetään laajasti erityisesti matkapuhelinten satelliittipaikannuksen tarkkuuden parantamiseen. Matkapuhelimissa myös A-GPS:n avulla saatava nopea paikannus ja sitä kautta vähentynyt virrankulutus ovat merkittäviä asioita. Avustetiedot haetaan yleensä mobiiliverkon kautta taustajärjestelmästä, joka voi olla operaattorin tai laitevalmistajan hallinnoima (esim. Nokiolla ja Googlella on omat paikannuspalvelimet avustetiedoille). [137]

A-GPS on kehittynyt kohti A-GNSS:ää, kun GPS:n ohella standardointia on laajennettu kattamaan myös muita satelliittipaikannusjärjestelmiä, kuten GLONASS, GALILEO, GPS III, ja paikallisia SBAS-paikannusjärjestelmiä (kuten EGNOS). Open Mobile Alliance on SUPL-määrittelyssään (Secure User Plane Location) laajentanut paikannuksen avustetietojen välittämisen erilaisten langattomien IP-verkkojen (mukaan lukien GSM, 3G, CDMA) yli mobiililaitteeseen ja tukemaan erilaisia paikannusmenetelmiä (kuten A-GPS, Cell-ID ja WLAN-paikannus). SUPL-standardista on juuri valmistunut toinen versio, ja parhaillaan työn alla on kolmas versio, joka sisältää ainakin LTE- ja WiFi-teknologiat huomioivat laajennukset. [116]

2.2.1.6 Satelliittipaikannuksen vastaanottimet

GPS-paikannusta hyödyntäviä autonavigaattoreita ja älypuhelimia on markkinoilla runsaasti. Kuluttajalaitteissa GPS-sirun hinta on pudonnut noin kolmeen dollariin, joten sitä tullaan käyttämään yhä enemmän. Tosin virrankulutus rajoittaa käyttöä jonkun verran.

Satelliittivastaanottimet voidaan rakentaa vastaanottamaan useammankin paikannusjärjestelmän signaaleja. Esimerkiksi Aplicom on tänä vuonna julkistanut ajoneuvopäätelaitteen, joka käyttää GPS:n ja GLONASSin yhdistelmäpaikannusta. Nykyiset, kuluttajamarkkinoita hallitsevat GPS-vastaanottimet hyödyntävät vain yhtä vapaata signaalia paikannuksessa.

Uusia signaaleja on kuitenkin tulossa vapaaseen käyttöön GPS:n uudistuksen ja GALILEOn myötä. Molemmat tarjoavat uutta L5-signaalia, joka parantaa paikannustarkkuutta. GPS+GALILEO-yhdistelmävastaanottimia tullaankin näkemään markkinoilla jo ennen GALILEOn lopullista käyttöönottoa. Yhdistelmävastaanottimet pystyvät hyödyntämään molempien järjestelmien satelliitteja ja siten tarjoamaan tarkempaa paikannusta. Yhdistelmävastaanottimien hinta pysynee maltillisena, koska vapaita signaaleja vastaanottavia laitteita voi tulla markkinoille kaikilta merkittäviltä valmistajilta. [43]

2.2.2 Verkkopaikannus

Langattoman tietoliikenteen verkot tarjoavat myös mahdollisuuden päätelaitteiden karkaan paikannukseen. Matkapuhelinverkossa karkein paikannustieto on päätelaitteen käyttämä tukiasema. Tätä solupaikannusta voidaan tarkentaa ajastusennakko- ja signaalinvoimakkuustiedoilla, jotka viittaavat päätelaitteen etäisyyteen yhdestä tai useista eri

tukiasemista. Paikannuksen tarkkuus vaihtelee sadoista metreistä kilometreihin. Kaikki teleoperaattorit tukevat matkapuhelimien solupaikannusta mm. hätäpuheluiden paikannusvaatimusten vuoksi. [137]

Matkapuhelinverkkoihin perustuva paikannus on perinteisesti ollut operaattoreiden hallussa, sillä tukiasemien tarkkoja sijainteja ei anneta muiden käyttöön. Kansainväliset toimijat, kuten Navizon, Google ja Skyhook, ovat kuitenkin keränneet laajoja tietokantoja sekä matkapuhelin- että WLAN-tukiasemien sijainneista ja voivat siten tarjota myös näitä paikannusmenetelmiä omissa sovelluksissaan ilman operaattoreita. Tiedonkeruussa on käytetty erityisiä ajoneuvoja (esim. Googlella Street View kuvausten yhteydessä) ja käyttäjien päätelaitteissa ajettavien sovellusten taustalla toimivia tiedonkeruusovelluksia. [158]

Operaattorit pyrkivät myös jatkuvasti kehittämään omia verkkopaikannusmenetelmiään tehokkaammiksi ja tarkemmiksi. Suomessakin saattaa lähitulevaisuudessa olla odotettavissa edistysaskeleita, joiden avulla verkkopaikannuksessa voidaan päästä jopa kymmenen metrin paikannustarkkuuteen.

2.2.3 Sisätilapaikannus

Sisätilapaikannus on kuitenkin hyvin voimakkaasti kehittyvä ala ja siihen panostetaan nyt voimakkaasti. Suurin ongelma sisätiloissa on signaalien heikkeneminen ja haasteellinen ympäristö, joka aiheuttaa paljon signaalien heijastumista (monitie-eteneminen). Sisätiloissa satelliittipaikannusta ei voida käyttää, sillä paikannusvirhe on tukijärjestelmistä huolimatta usein kymmeniä metrejä.

Sisätiloissa paikannukseen on käytetty hyvin monia eri teknologioita, joista päätelaitteiden paikannus langattomissa lähiverkoissa (WLAN) tukiaseman tarkkuudella on eniten käytössä. Palvelua tarjoavat mm. Skyhook Wireless (asiakkaina mm. Samsung), jonka palvelu kattaa jo 100 miljoonaa WLAN-solua sekä Navizon (asiakkaana mm. Yahoo). Suomalaisista yrityksistä Ekahau on kehittänyt ratkaisuja erityisesti sairaaloiden paikannustarpeisiin. Myös RFID-teknologiaa hyödyntäviä ratkaisuja on markkinoilla useita. RFID-teknologia on suhteellisen kehittyntä, joten valmiita komponentteja, laitteita ja ratkaisuja alkaa olla tarjolla runsaasti. [137][38]

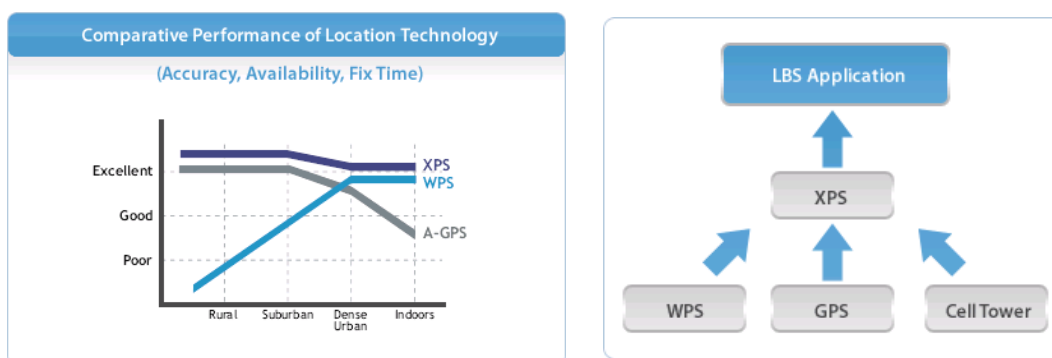
Varsinaisen paikannuksen lisäksi sisätiloissa ongelmina ovat mm. paikannuksessa hyödynnettävät tietoliikenneverkot (esim. tukiasemien sijainti), joita ei yleensä ole rakennettu paikannuksen tarpeisiin. Lisäksi rakennusten kartta-aineistot puuttuvat tai eivät yleensä ole standardissa tai helposti hyödynnettävässä muodossa saatavilla. Kuluttajasovellukset, joiden tulee toimia sekä ulko- että sisätiloissa, vaativat useamman paikannusmenetelmän käyttöä. [38]

2.2.4 Hybridimenetelmät

Hybridipaikannusmenetelmillä tarkoitetaan useamman toisistaan riippumattoman paikannusmenetelmien yhdistämistä. Yhtenä esimerkkinä voidaan mainita autojen tehdasasenteiset navigaattorit, joissa yleensä on yhdistetty GPS ja inerttiapaikannus. GPS-inerttiapaikannusyhdistelmää hyödynnetään mm. parantamaan paikannustarkkuutta katveisilla alueilla ja tarjoamaan paikkatieto aukottomasti teiden tunneliosuuksien ajan. Inerttiapaikannus perustuu 3-akselisen kiihtyvyyssanturin, gyroskoopin ja magnetometrin avulla laskettavaan paikan ja nopeuden muutokseen.

Monisatelliittipaikannus (Multiple GNSS) eli useamman eri satelliittijärjestelmän hyödyntäminen sijainnin selvittämiseen on myös kasvattamassa suosiotaan. Erityisesti GPS- ja GLONASS-järjestelmiä hyödyntäviä ratkaisuja on jo käytössä, ja näillä ratkaisuilla päästään parempaan paikannustarkkuuteen kuin pelkällä GPS:llä tai GLONASSilla. GPS:n ja GLONASSin yhdistelmässä satelliittien saatavuus on 66 prosenttia parempi kuin pelkkää GPS:ää käytettäessä. [78]

Sisä- ja ulkotiloissa toimivien hybridipaikannusmenetelmien kehitys on viime vuosina tuonut markkinoille uusia tuotteita. Esimerkiksi Skyhook Wirelessin XPS on ohjelmistopohjainen hybridipaikannusmenetelmä, jossa yhdistyvät sekä GPS-paikannus, WLAN-paikannus että kolmiomittaukseen perustuva paikannus tukiasemien sijainneista. Paikannustarkkuudeksi luvataan 10–20 metriä sekä sisä- että ulkotiloissa, ja paikkatieto on saatavilla sekunnissa. Skyhookin järjestelmän ydin on tietokanta, jonne on tallennettu tiedot 100 miljoonasta WLAN-tukiasemasta ja 700 000 matkapuhelinverkon tukiasemasta. Tietokantaa päivitetään ja siten XPS:n kattavuutta laajennetaan aktiivisesti koko ajan. Skyhookin paikannusta käyttävät tulevat Samsungin puhelimet. [156]



Kuva 1. Skyhook XPS, joka on yhdistelmä satelliitti- ja matkapuhelinverkko paikannuksen sekä langattoman lähiverkon paikannusmenetelmistä [156]

Yhdysvalloissa Polaris Wireless on kehittänyt ohjelmistopohjaista menetelmää verkko paikannuksen tarkkuuden parantamiseksi [40]. Wireless Location Signatures -menetelmä ei vaadi muutoksia matkapuhelimiin eikä verkon infrastruktuuriin, joten sen käyt-

töönotto kustannustehokkaasti voi olla mahdollista laajastikin. WLS-paikannusmenetelmä käyttää tietoja signaalin ominaisuuksista, kuten sen voimakkuudesta ja suhteesta taustameluun, laskiessaan puhelimen sijaintia. WLS-menetelmän toimivuutta neljännen sukupolven LTE-tekniikan kanssa kehitellään myös aktiivisesti, ja sen myötä paikannustarkkuuden odotetaan paranevan entisestään. Polaris Wireless [134] on yhdistänyt WLS-, A-GPS ja WiFi-paikannuksen hybridiratkaisuksi, joka on toteutettu OMA SUPL -standardin mukaisesti. Polaris WLS on suunnattu erityisesti operaattoreille.

Myös Suomessa kehitetään uusia hybridipaikannusmenetelmiä. 4TS Finlandin kehittämä GlobalMPS (Mobile Positioning System) pyrkii vastaamaan paikannusteknologioiden pulmakohtiin: satelliittipaikannuksen suureen virrankulutukseen ja näkyvyysvaatimuksen haasteeseen sekä teleoperaattorien solupaikannusmenetelmien operaattorirajoitteisiin ja heikkoon tarkkuuteen. GlobalMPS hyödyntää operaattorien tukiasemia sekä oppivia laskenta-algoritmeja. Kohteen jatkuvan paikantamisen edellytyksenä on GSM-verkko. 4TS on lisäksi yhdistänyt uuden solupaikannusteknologiansa satelliittipaikannuksella varustettuna 4TS dSeal -nimiseksi laitteeksi, joka mahdollistaa paikka- ja olosuhdetietojen seuraamisen, tallentamisen ja hyödyntämisen vaikkapa lisäarvopalveluissa. [1]

Myös muissa lähteissä on pohdittu solupaikannusteknologian mahdollisuuksia, myös satelliittipaikannukseen yhdistettynä kuten 4TS Finlandin aloitteessa. Eräs nimitys teknologialle on UCPI (Unique Cell Point Identification). [98]

2.3 Kartat

Kansallisia karttatiedon tuottajia on lukuisia. Globaaleja karttayrityksiä on aiemmin ollut vain kaksi: Tele Atlas ja NAVTEQ. Nyt Tele Atlas on Tomtom ja NAVTEQ Nokian omistama, mutta karttoja nämä yritykset tarjoavat edelleen myös muille.

Google käyttää karttapalvelussaan useita eri karttatoimittajia, kuten Tele Atlas, AND, Europa Technologies, MapData Sciences, Zenrin jne. Vuonna 2009 Google otti käyttöön oman karttatietokannan karttapalvelussa Pohjois-Amerikan osalta. Oman karttatiedon avulla Google on voinut toteuttaa reitinopastuksen mobiilikarttasovellukseen ilman ylimääräisiä maksuja karttatoimittajalle. Nykyisin Googlen navigointipalvelu on saatavilla Android-puhelimiin myös Suomessa ja muualla Euroopassa. [151][152] Vuoden 2011 alkupuolella Googlen reitinopastuspalveluun lisättiin ominaisuus, jonka avulla reittiä voidaan muuttaa reaaliajassa liikennetilanteen mukaan [179].

Edellä mainitut globaalit karttatoimittajat ovat laajentaneet toimialuettaan viime vuosina ja tarjoavat perinteisen autonavigaatiossa sekä web-palveluissa käytettävien karttojen ja kiinnostavien kohteiden (POI) lisäksi mm. ajantasaista liikennetietoa, historiatietoa liikenteestä, reittejä jalankulkijoille, julkisen liikenteen aikatauluja, matkaoppaita, 3D-malleja kaupungeista sekä online-palveluja internetissä ja mobiililaitteille. [179]

2.4 Ajoneuvolaitteet

Paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden käyttäminen edellyttää ainakin ajoneuvoliikenteen osalta sitä, että palveluita voidaan käyttää myös ajoneuvossa matkan aikana. Tämän takia tarvitaan laitteisto, jota palvelut voivat käyttää alustanaan ja joka tarjoaa pääsyn palvelun sisältöön ja tarvittaessa käyttöliittymän palveluun tai sitä käyttävään järjestelmään. Palveluiden vaatima alusta ja käyttöliittymä voidaan tarjota eri tavoilla: osana mobiililaitetta, integroituna auton muuhun laitteistoon tehtaantuo- tuotantolinjoilla tai jälkiasennettuna laitteistona. Jälkiasennettua laitteistoa kutsutaan tässä telematiikka- alustaksi.

Ajoneuvovalmistajien ajoneuvotietokoneita ja niihin liittyviä palvelupaketteja on kuvailtu myös raportissa Palveluiden nykytila [126]. Tässä luvussa käsitellään aiheeseen liittyviä asioita, jotka ovat erityisen tärkeitä toteuttamisen kannalta. Erityisesti tarkastellaan tulevaisuuden kehitysnäkymiä ja kehitysasteella olevia ratkaisuja. Mobiililaitteisiin perehdytään luvussa 2.5.

2.4.1 Ajoneuvotietokone

Nykyaikaisessa autossa on kymmeniä tietokoneita hoitamassa mitä erilaisimpia tehtäviä. Moottorin toimintoja valvotaan ja niitä säädellään tietokoneen välityksellä, ja myös auton ilmastoinnin automatisointi vaatii taustalleen antureita ja niiden pohjalta päätelmiä tekevää älyä. Samoin toisen auton tai esteen läheisyydestä varoittavat tutkat ja pysäköintiavustajat perustuvat toimintansa tietokoneen laskentaan. Kaikki nämä ovat esimerkkejä sulautetusta tietotekniikasta, jota on sovellettu autoteollisuudessa jo pidemmän aikaa [135].

Langattomien tiedonsiirtotekniikoiden kehittyessä autolle tulee tapahtumaan sama, mikä muulle kodinelektronikalle on jo tapahtunut: se menee nettiin [153]. Auto pystyy kommunikoimaan tietokoneiden, älypuhelimien ja muiden elektroniikkalaitteiden kanssa ja tarjoamaan käyttäjälle samat sisällöt laitteesta riippumatta. Muiden muassa Elektrobitin auto-ohjelmistoliiketoiminnan johtaja ennustaa nettiyhteyden tuloon autoon olevan seuraava megatrendi. Jopa 90 prosentin autoteollisuuden innovaatioista sanotaan nykyisin liittyvän elektroniikkaan.

2.4.2 Autojen tieto- ja viihdejärjestelmät

Autojen tieto- ja viihdejärjestelmillä tarkoitetaan tässä auton valmistajan kiinteästi autoon integroituja, tehtaalla asennettavia järjestelmiä, jotka tarjoavat käyttäjille lähinnä erilaisia sovelluksia, kuten reitinopastus, kartat, kiinnostavien kohteiden haku, ajan- tasainen liikennetieto, musiikki- ja mediatoisto sekä liitynnät matkapuhelimeen ja kannettaviin mediasoittimiin. Nämä järjestelmät on yleensä erotettu auton turvallisuuskriit-

tisistä järjestelmistä. Lisäksi tieto- ja viihdejärjestelmän toimittaja on nykyisin usein eri kuin turvallisuuskriittisten järjestelmien toimittaja.

2.4.2.1 Microsoft Auto – Ford Sync

Microsoftin sulautettu ohjelmistoalusta [97] on melko laajasti käytössä mm. Fordin (SYNC), Fiatin (Ble&Me) sekä KIA:n (UVO) autojen tieto- ja viihdejärjestelmissä. Myös suomalainen Elektrobit on ollut mukana kehittämässä ratkaisuja Microsoftin alustalle Fiatille ja Fordille. Kunkin autonvalmistaja on toteuttanut omat käyttöliittymänsä ja osittain omat sovelluksensa Microsoftin alustan päälle.

FORD Sync

Fordin Sync [37] on nykyisin saatavilla vain Pohjois-Amerikan markkinoilla, mutta se on lähivuosina laajenemassa maailmanlaajuisiksi. Sync tarjoaa laajan tuen matkapuhelimen ja mediasoittimien yhdistämiseen auton järjestelmiin Bluetooth-tekniikkaa käyttäen. Muita Sync-järjestelmän ominaisuuksia ovat puhesynteesi ja puheen tunnistaminen, navigointi ja liikennetiedot, auton kunnan raportointi sekä hätäpuhelujen soittaminen. Järjestelmän käyttöliittymä on muokattavissa omien mieltymysten mukaiseksi, ja järjestelmän ohjelmistot ovat myös käyttäjän päivitettävissä.

Uudempien Ford-mallien Sync TDI mahdollistaa myös saumattoman yhteistyön Google Mapsin navigointiominaisuuksien kanssa. Käyttäjä voi suunnitella reittinsä Google Mapsissa tietokoneellaan ja siirtää sitten reitinmukaiset ohjeet autonsa Sync-järjestelmään. Sync TDI hyödyntää älypuhelimien nettiyhteyttä ja ottaa reitinlaskennassa huomioon vallitsevat liikennetiedot ja -häiriöt. [2]

Ford avasi Sync-alustan ohjelmistokehitysympäristönsä (SDK) aluksi vain muutamalle yhteistyökumppanilleen, mutta on mahdollisesti laajentamassa sitä myös muiden käyttöön ja siten saamassa laajan joukon potentiaalisia uusia sovelluksia.

2.4.2.2 Autonvalmistajien merkkikohtaiset järjestelmät

Perinteisesti autonvalmistajat ovat omien alihankkijoidensa kanssa toteuttaneet omat laite-, tiedonsiirto- ja ohjelmistoratkaisut ajoneuvoihin ja palveluihin tarvittaviin taustajärjestelmiin. Sovellukset (ohjelmistot) ja palvelut ovat yleensä tehtaalla asennettuja eikä niitä juuri ole voinut enää päivittää myöhemmin. Laajimmin käytössä on maailmanlaajuisesti ollut General Motorsin OnStar-palvelu, jonka ajoneuvolaitteen valmistaja on vuosien aikana vaihdellut. Nykyisen version ajoneuvolaitteen valmistajat ovat Continental ja LG Electronics. Myös Mercedes käyttää Continentalin ajoneuvolaitteita omassa mbrace-ajoneuvojärjestelmässään Yhdysvalloissa. Ruotsalainen WirelessCar on puolestaan sekä Volvon On Call -palvelun että nykyisin myös BMW:n ConnectedDriven takana (katso myös NGTP, luku 3.1.3).

2. Teknologia katsaus

2.4.2.3 GENIVI

GENIVI [48] kehittää avoimeen lähdekoodiin perustuvaa autojen viihdejärjestelmän alustaa. Yhteenliittymä on perustettu vuonna 2009. Perustajajäsenet ovat BMW Group, Wind River, Intel, GM, PSA, Delphi, Magneti-Marelli ja Visteon. Nykyisin mukana on myös laaja joukko autonvalmistajia, alihankkijoita ja kulutuselektroniikan valmistajia. GENIVI-yhteenliittymä aikoo käyttää Linux-pohjaista MeeGo-käyttöjärjestelmää autojen viihdejärjestelmissä. MeeGo on Nokian Maemon ja Intelin Moblinin pohjalta kehitetty yhdistelmä.

GENIVI tavoittelee avoimen koodin ohjelmistoratkaisuilla laajempaa kehittäjäjoukkoa, lisää sovelluksia ja vaihtoehtoisia tuotteita. Tämän uskotaan laskevan autonvalmistajien kustannuksia. Autojen viihdejärjestelmien käyttöliittymät tullaan rakentamaan GENIVIn alustan päälle valmistajakohtaisesti. Alustaan liittyviä sovelluksia ovat muun muassa navigointi, musiikki ja liitännät kannettaviin musiikkisoittimiin ja matkapuhelimiin. Jatkossa järjestelmät liitetään yhä enemmän internetiin langattomien verkkojen kautta. Sovellusten käytettävyyden ja turvallisuuden vuoksi autoihin ladattavien sovellusten tulee käydä läpi sertifiointiprosessi.

2.4.2.4 AutoLinQ

Continental [17] julkisti AutoLinQ™:n kesäkuussa 2009. AutoLinQ™ on avoin ajoneuvon viestintäalusta, joka käyttää Googlen Android-käyttöjärjestelmää. Järjestelmä yhdistää auton ja kannettavat mobiililaitteet, palvelut ja sovellukset sekä kodin viihdejärjestelmät yhteentoimivaksi kokonaisuudeksi. Tavoitteena on myös mahdollistaa Continentalin sertifioidun sovellusten lataaminen verkkokaupasta. Continental työstää parhaillaan prototyyppisovelluksia mm. Deutsche Telekom ja NAVTEQin kanssa.

2.4.3 Telematiikka-alusta

Markkinoilla on tarjolla useampiakin kaupallisia telematiikka-alustoja, jotka tarjoavat erilaisia liikenteeseen liittyviä palveluja yhdisteltyinä palvelupaketteina. Telematiikka-alustalle ei ole selkeää määritelmää, ja eri yhteyksissä sillä tarkoitetaan eri asioita. Telematiikka-alusta koostuu ajoneuvolaitteista (telematiikkalaite) ja taustajärjestelmästä sekä siihen liittyvästä palvelusta.

Ajoneuvolaite tai laitekokonaisuus suorittaa paikannuksen sekä muun palveluun liittyvän telematiikkatiedon keruun ja prosessoinnin ajoneuvossa ja välittää tietoa taustajärjestelmään. Se voi olla auton valmistajan kiinteästi asentama tai jälkiasennettu laite tai mobiililaite sovelluksesta riippuen. Ajoneuvolaitteessa voi olla käyttöliittymä tai se voi olla vain tiedonkeruulaite.

Tässä luvussa on esitelty muutamia erilaisia ajoneuvolaitteita. Mobiililaitteita käsitellään luvussa 2.5.

2.4.3.1 Ajoneuvon seurantalaitteet

Yleisimmin kalustonhallinta- ja kuljetustenseurantajärjestelmissä käytetään jälkiasennettuja satelliittipaikannukseen perustuvia ajoneuvon seurantalaitteita, jotka siirtävät tietoa taustajärjestelmiin yleensä matkapuhelinverkon kautta. Seurantalaitteessa voi olla myös ulkoisia liitäntöjä esimerkiksi ajoneuvon sytytysvirran kytkemisen tai kuljettajan ja liikkeen tunnistamiseen, ajoneuvon diagnostiikka- tai FMS-liityntään, digipiirturiin tai erilliseen käyttöliittymälaitteeseen. Ajoneuvolaitteessa voi olla käyttöliittymä, jonka avulla kuljettaja voi kommunikoida telematiikkalaitteen ja esimerkiksi kuljetuksia ohjaavan operaattorin kanssa. [80]

2.4.3.2 Avoin ajoneuvoalusta

EU on puolestaan määrittelemässä avointa ajoneuvoalustaa osana ITS Action Plania. ITS Action Plan [26] määritteli tavoitteen: ”Määritellään ITS-palvelujen ja -sovellusten tarjontaa varten **ajoneuvon sisäinen avoin järjestelmäalusta**, johon sisältyvät myös vakiorajapinnat. Tämän työn tulokset annetaan asianomaisten standardointielinten käsiteltäviksi. Toteutustavoite määrittelyjen valmistumiselle on vuosi 2011.”

ITS Action Planissa mainitaan ajoneuvojen yhteyksistä muuhun infrastruktuuriin seuraavaa:

”ITS-komponenttien tai -järjestelmien käytöstä säädetään useissa voimassa olevissa tai parhaillaan valmisteltavissa säädöksissä. Esimerkkeinä voidaan mainita vaarallisten aineiden ja elävien eläinten kuljetuksesta, digitaalisesta ajopiirturista, sähköisistä tiemaksujärjestelmistä ja eCall-järjestelmästä annetut säännökset. Näiden sovellusten yhdenmukaistaminen ja niiden yhdistäminen yhtenäiseen ja avoimeen järjestelmäarkkitehtuuriin voisi parantaa tehokkuutta ja käytettävyyttä ja vähentää kustannuksia. Se voisi myös parantaa järjestelmän laajennettavuutta ja mahdollistaisi tulevien uusien tai parannettujen sovellusten, kuten mukana kulkevien laitteiden sovellusten ja kehittyneitä GNSS-paikannus- ja -ajanmäärityspalveluja käyttävien sovellusten, helpon käyttöönoton (‘plug and play’).”

Yhteentoimivuuden takaamiseksi infrastruktuurijärjestelmien ja ajoneuvon välillä tätä Action Planissa kuvattua avointa järjestelmäarkkitehtuuria käytettäisiin ajoneuvon sisäisessä avoimessa järjestelmäalustassa. Action Plan esittelee myös modulaarisuuden etuja ja käyttöönottosuunnitelmia:

2. Teknologia katsaus

”Tämän modulaarisen lähestymistavan ansiosta järjestelmään voitaisiin myöhemmin lisätä uusia toimintoja, jotka liittyvät ajoneuvon turvallisuuteen ja turvalliseen käyttöliittymään, henkilökohtaiseen liikkuvuuteen, logistiikkatukeen ja multimodaalisten tietojen saantiin sekä mahdollisesti ajoneuvon sähköiseen tunnistamiseen. Alusta olisi otettava ensimmäiseksi käyttöön hyötyajoneuvoissa. Näistä sovelluksista saatava myönteinen palaute nopeuttaisi integroitujen älyliikenteen sovellusten käyttöönottoa yksityisajoneuvoissa, mikä puolestaan loisi Euroopan laajuiset markkinat ajoneuvoon asennettaville alkuperäis- ja tarviketuotteille ja niihin liittyville palveluille.”

Komissio on tilannut tutkimuksen ajoneuvon (kattaen sekä ammattiliikenteen raskaat ajoneuvot ja yksityiset henkilöautot) avoimesta järjestelmälustasta [29]. Tavoitteena on määrittellä vaatimukset avoimelle järjestelmälustalle, joka tukisi laajaa joukkoa nykyisiä ja tulevia ITS-sovelluksia. Osana tutkimusta kesäkuussa 2010 aiheesta järjestettiin työpaja Brysselissä, jossa tutkimusta esiteltiin lyhyesti.

Avoimen ajoneuvon sisäisen järjestelmälustan määrittely on hyvin alkuvaiheessa. Määrittely tulisi kattamaan teknisten määrittelyjen lisäksi ainakin liiketoimintamallit, sertifioinnit ja valvonnan. Työpajan esityksistä näkyy hyvin, kuinka hajanainen eri sovellusten kenttä on – järjestelmälustan määrittelyn rajausta tulee siis olemaan hankalaa.

2.4.3.3 Octo Telematics

Octo Telematics [111] on italialainen yritys, joka tarjoaa laajaa palvelukokonaisuutta itse kehittämänsä alustan päällä. Yrityksen kohderyhmänä ovat niin vakuutusyhtiöt, autonvalmistajat, viranomaiset kuin loppukäyttäjätkin.

Octo Telematicsin palveluvalikoimaan kuuluvat eCall-hätäkutsujärjestelmä, varkau dentunnistus, auton ”musta laatikko”, liikenteen hallinnan sovellukset (ajantasatietoja ajoneuvoista, floating car data; Italiassa on n. 500 000 tällaista ajoneuvoa), vakuutusmaksut (ajotavan ja -määrän mukaan), tiemaksut, huolto- ja korjauspalvelut sekä kaluston hallinta (fleet management).

Octo Telematicsin alustalla oli heinäkuussa 2010 noin 1 100 000 käyttäjää yrityksen omien internet-sivujen [111] mukaan. Suomessa Octo Telematicsin laitteita ja palvelua myy One-Pro Telematics [117] yhdessä Securitaksen kanssa.

2.4.3.4 NXP ATOP

NXP:n ATOP (Automotive Telematics On-board unit Platform) on paikannus- ja tietoliikenneteknologiaa yhdistelevä telematiikka-alusta, joka mahdollistaa automaattisen hätäkutsujärjestelmä eCallin sekä erilaisten liikenteen palveluiden toteuttamisen ajoneuvossa [108]. Paikannukseen ATOP käyttää GPS-satelliittipaikannusta, ja tietoliikenneyhteydet hoidetaan GSM-verkon yli GPRS:llä. Laitteiden yhdistäminen ajoneuvoon

tapahuu USB:n tai NFC:n välityksellä, ja myös CAN-väylän tietoja voidaan hyödyntää. Järjestelmän ja sen sovellusten päivitykset voidaan tehdä verkon ylitse.

Alustan keskeisimmät sovellusmahdollisuudet ovat automaattinen hätäkutsujärjestelmä, varastettujen ajoneuvojen seuranta, tienkäyttömaksut, ajomäärään perustuvat vaakuutusmaksut, kalustonhallinta sekä liikennetiedon kerääminen ja jakaminen.

2.4.4 Standardiliitynnät ajoneuvoväylään

Ajoneuvojen sisäisillä tiedonsiirtoväylillä (yleensä CAN-väylä) liikkuu paljon tietoja eri antureiden ja ohjausyksiköiden välillä. Eri ajoneuvovalmistajat käyttävät erilaisia tiedonesitystapoja ja tietosisältöjä ajoneuvoväylällään. Valmistajat ovat pitäneet nämä tiedot itsellään eivätkä anna niitä kolmansien osapuolten käyttöön. Ajoneuvon sisäinen tiedonsiirtoväylä pyritään pitämään erillisenä myös tietoturva- ja tuotevastuun vuoksi, eikä suoraan ajoneuvoväylään liittymistä sallita.

Ajoneuvoihin on kuitenkin saatu määriteltyä joitakin standardoituja liityntöjä, kuten raskaiden ajoneuvojen osalta FMS-standardiliityntä kuljetushallintasoventuksille sekä henkilö- ja pakettiautojen osalta OBD-liityntä autonhuoltoon ja katsastusta varten.

2.4.4.1 Raskaat ajoneuvot

Vuonna 2002 suurimmat raskaiden ajoneuvojen valmistajat sopivat yhteisen FMS-standardin [93], jonka avulla kolmannen osapuolen laitteet voivat turvallisesti liittyä ajoneuvon CAN-väylään. FMS-standardiin on lisätty tietojen etälataus vuonna 2009.

Koska FMS-liityntä on suunniteltu etupäässä kuorma-autojen kalustonhallintaa ja vastaavia sovelluksia varten, sitä kautta saatavat anturitiedot ovat moottoriin, voimansiirtoon ja ajonopeuteen liittyviä. FMS-liityntä toimii myös palomuurina eri valmistajien ajoneuvoväylien ja FMS-standardin mukaisen tiedonsiirron välillä. Valmistajien FMS-liitynnät eivät välttämättä sisällä kaikkia määrittelyn mukaisia tietoja, vaan ne voivat vaatia ns. lisäohjausyksikönn käyttöä. Standardi [61] määrittelee 17 parametria, jotka ovat saatavissa ajoneuvon alustaväylästä:

- jarrun tila (on/off)
- ajoneuvon nopeus (renkaista määritetty)
- vakionopeuden säätimen tila (on/off)
- kytkimen tila (on/off)
- voiman ulosoton tila (on/off)
- kaasupolkimen asento (0–100 %)
- polttoaineen kokonaiskulutus
- polttoaineen taso (0–100 %)
- moottorin kierrosnopeus
- akselin sijainti

2. Teknologia katsaus

- kuorma-autojen akselipaino
- moottorin kokonaiskäyttötunnit
- ajoneuvon tunnistusnumero (VIN)
- ohjelmiston tunniste
- matkamittari (korkearesoluutioinen)
- seuraava suunniteltu huolto
- kierrosnopeusanturin tila
- ajoneuvon nopeus moottorin kierrosnopeudesta laskettuna
- moottorin jäähdytysveden lämpötila
- käytetty FMS-standardi.

Linja-autojen valmistajilla on oma FMS-standardinsa [93], joka poikkeaa hieman kuorma-autojen vastaavasta.

2.4.4.2 Henkilö- ja pakettiautot

OBD-II [80] on ajoneuvon diagnostiikkaliittymä. Se tarjoaa tavan liittyä ajoneuvoon sähköisesti, ja parhaimmillaan sen kautta on mahdollista saada laajasti tietoa ajoneuvon kunnosta, huollon tarpeesta, vikatiedoista ja muista ajoneuvon tilaa kuvaavista suureista. Liitäntä löytyy eri muodoissaan kaikista uusista henkilö- ja pakettiautoista.

ODB-pistoketta käytetään mm. autojen katsastukseen liittyvässä pakokaasupäästöjen tarkastuksessa sekä autojen huoltokorjaamoilla vikakoodien lukemiseen. OBD-liitin löytyy kaikista vuosien 2001 (benssiini) ja 2004 (diesel) jälkeen myydyissä M1- ja N1-ajoneuvoluokan autoissa, koska muuten niitä ei olisi saanut myydä EU:n alueella. Liittimen paikka vaihtelee eri automerkkien välillä ja voi olla joskus hankala löytää. Liitin voi olla muovisen pikakannen alla tai jopa pikakiinnitettävän sulakerasian kannen alla. Joissakin autoissa liitin on ollut tuhkakupin takana. Yleisin paikka on kuitenkin ratin alapuolella.

OBD-II (Ajoneuvon diagnostiikkaliittymä, versio 2 tai OBD-2) määrittelee sanomarakenteen ja sisällön, tiedonsiirtoprotokollan. OBD-liittimestä saatavat tiedot ovat seuraavat [109]:

- vikakoodit ja anturitietoja vian havaitsemishetkeltä
- ajoneuvon yksilöintitiedot, esim. VIN (Vehicle Identification Number), auton valmistenumero
- moottorin ohjauksen antureiden datat, mm.:
 - moottorin kierrosluku
 - ajoneuvon nopeus
 - moottorin kuormitus
 - jäähdytysnesteen lämpötila
 - imuilman lämpötila

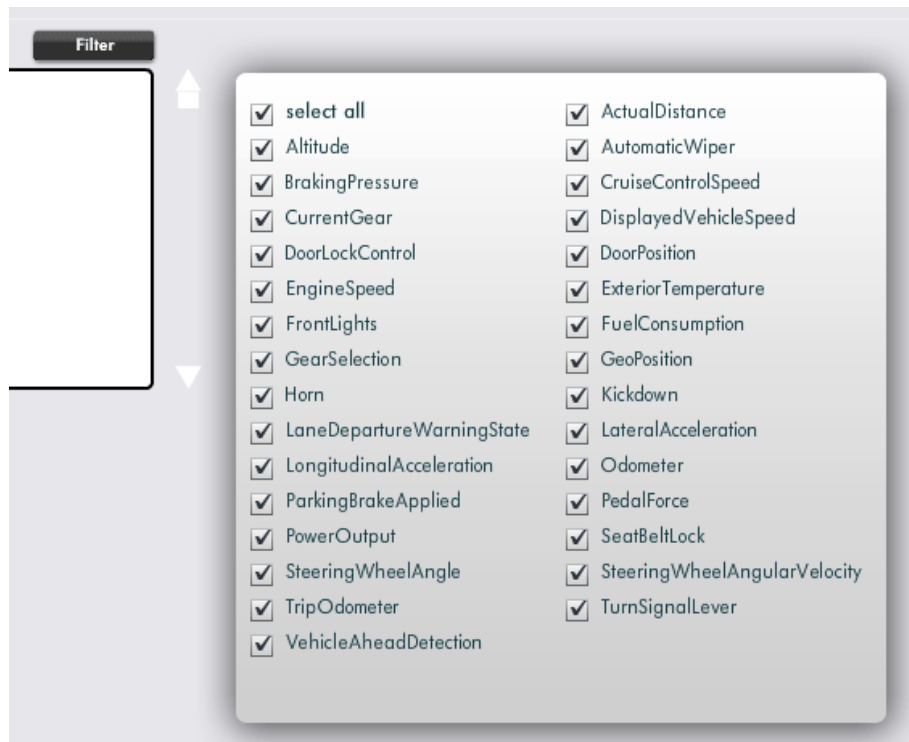
- kaasuläpän asento
- polttoaineen määrä.

OBD-liitynnässä on myös virransyöttö, joka mahdollistaa esimerkiksi tietojen lyhyen kantaman langattomalla tiedonsiirrolla autossa olevaan päätelaitteeseen (esim. älypuhelimeseen) helposti asennettavan pienen langattoman moduulin avulla. Tällaisen moduulin avulla OBD:sta saatavien tietojen avulla on toteutettu mm. älypuhelinsovelluksia, jotka tarjoavat reaaliaikaisia polttoaineen kulutus- ja päästötietoja (mm. Driveco, Econavigator ja lukuisia iPhone-sovelluksia).

Jos ajoneuvo on varustettu CAN-väylällä, siihen voidaan liittyä OBD:n kautta ja periaatteessa lukea myös muita ajoneuvon anturitietoja. Koska tällaisen lisätiedon tarjoamisesta ei ole olemassa standardia tai julkisia määrittelyjä, muiden anturitietojen lukeminen vaatii tiivistä yhteistyötä kyseisen ajoneuvon valmistajan kanssa.

Autonvalmistajalla on pääsy kaikkiin ajoneuvon anturitietoihin, ja valmistajat voivat hyödyntää niitä omissa sovelluksissaan. Ainakin toistaiseksi autonvalmistajat ovat pitäneet nämä tiedot itsellään eivätkä anna niitä kolmansien osapuolten käyttöön. Kesällä 2010 Volkswagen järjesti App my Ride -kilpailun [176], jossa etsittiin ideoita ja prototyyppi-Flash-sovelluksia tulevaisuuden auton tieto- ja viihdejärjestelmään. Autosta maantiellä ja kaupunkiajossa tallennettuja CAN-tietovirtoja annettiin sovellusten hyödynnettäväksi. Kuva 2 listaa tarjolla olleet tiedot. Periaatteessa näitä tietoja voitaisiin tulevaisuudessa tarjota myös kolmansien osapuolten toteuttamiin sovelluksiin, mikäli auton valmistajat päättäisivät avata nämä tiedot.

2. Teknologia katsaus



Kuva 2. VW App my Ride -kilpailussa tarjolla olleet auton CAN-tietovirrat [176].

2.4.5 Kuljettajan tukijärjestelmät (ADAS)

Autojen turvaratkaisujen kehitys on viime vuosina siirtynyt passiivisista turvalaitteista (esim. turvavyöt ja -tyynyt) aktiivisiin kuljettajan tukijärjestelmiin, joilla pyritään välttämään onnettomuuksien syntyminen. Auton ympäristöä havainnoidaan kamera-, tutka- ja lasertekniikoilla, kuljettajan vireyttä ja tarkkaavaisuuden suuntaa seurataan kehon liikkeistä ja auton liiketilan mittausta sekä itsediagnostiikka tulevat tarkemmiksi.

Ympäristöä havainnoivien antureiden avulla toteutetut kuljettajan tukijärjestelmät (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) ovat jo saatavilla erityisesti edustusautoluokassa. Kuljettajan tukijärjestelmiä otetaan käyttöön yhä enemmän myös edullisimmissa autoluokissa. Nämä järjestelmät kehittyvät ja yleistyvät koko ajan osittain EU:n asettamien määräysten (kuten esimerkiksi ESC:n tulo pakolliseksi) avustamana myös edullisimmissa automalleissa. [42]

ADAS-järjestelmien huomioiminen Euro NCAPin suorittamissa arvioinneissa lisää osaltaan myös järjestelmien näkyvyyttä ja ihmisten tietoisuutta niistä. Lokakuusta 2010 alkaen Euro NCAP -ohjelmaa laajennetaan onnettomuuksia ehkäisevien järjestelmien arvioinnilla. Ensimmäiset NCAP Advanced -palkinnot myönnettiin seuraaville teknologioille [25]:

- Audi Side Assist (katvealueen valvonta)
- BMW Assist Advanced eCall (automaattinen hätäpuhelu)
- Honda Collision Mitigation Braking System (CMBS) (automaattinen hätäjarrutus)
- Mercedes-Benz PRE-SAFE® and PRE-SAFE® Brake (automaattinen hätäjarrutus ja seurausten lieventäminen)
- Opel Eye (kaistalla pysymisen ja liikennemerkkien valvonta)
- Peugeot Connect SOS (automaattinen hätäpuhelu)
- Citroën Localized Emergency Call (automaattinen hätäpuhelu)
- Volkswagen Lane Assist (kaistalla pysymisen valvonta)
- Volvo City Safety (automaattinen hätäjarrutus ja jalankulkijoiden havaitseminen).

Kuljettajan tukijärjestelmät ovat perinteisesti olleet autonvalmistajien ja heidän alihankkijoidensa toteuttamia. Viime aikoina myös jälkiasennettavia tukijärjestelmiä ja -sovelluksia on tullut markkinoille, esimerkiksi:

- Mobileye FCW, LDW ja etäisyysvahti [100]
- Imaginise LDW, FCW ja HUD älypuhelimelle [60]
- Wikitude Drive älypuhelimelle, lisättyä todellisuutta (AR) käyttävä navigaattori [101].

Kuljettajien tukijärjestelmien muuttuessa yhä aktiivisemmiksi ollaan vähitellen lähestymässä tilannetta, jossa kuljettaja voi muuttua matkustajaksi auton ohjatessa itse itseään muun liikenteen seassa. Vuonna 2007 Darpa Urban Challenge -kisassa lukuisten antureiden ja tekoälyn ohjaamina autot ajoivat itsenäisesti liikennesääntöjen mukaisesti kisareitin kaupunkiolosuhteissa. Tuoreimpana esimerkkinä Google on testannut Kaliforniassa automaattisesti ajavia autoja, jotka käyttävät videokameroita, tutka-antureita ja laseretäisyysmittareita muun liikenteen havainnoimiseen.

Googlen mukaan [91] autoilla on toistaiseksi ajettu jo yli 225 000 kilometriä eri puolilla Yhdysvaltojen länsirannikkoa. Testiajoissa on painotettu turvallisuutta siten, että jokaisessa autossa on aina kuljettaja valmiina puuttumaan ohjaukseen, jos tilanne näyttää uhkaavalta. Lisäksi ajoissa on ollut mukana auton ohjelmiston käyttäytymistä tarkkaileva henkilö.

Näiden autonomisten autojen tulisi olla parempia kuljettajia kuin ihmisten ja toimia myös huonoissa olosuhteissa, ennen kuin ne voidaan ottaa käyttöön. Lisäksi kuluttajien tulisi olla valmiita luovuttamaan autolle sen hallinta – tällainen muutos vaatii aikaa. Autonomisen auton ominaisuuksia alkaa kuitenkin vähitellen tulla markkinoille uusissa autoissa. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi mukautuva vakionopeussäädin sekä kaistanpito- ja pysäköintiavustajat. [36]

Lähitulevaisuudessa ajoneuvoissa olevat tietokoneet vain varmistavat ja tarkistavat kuljettajan valintoja valvomalla ympäristöä ja kuljettajan vireystilaa. Vastuu ja hallinta pysyvät YK:n vuoden 1968 yleiskokouksen (Vienna Convention on Road Traffic) linja-

2. Teknologia katsaus

usten mukaisesti kuljettajalla. Euroopan komissio on vuonna 2010 julkistanut tarjouspyynnön [29], jossa yhtenä tehtävänä on selvittää automaattisen ajamisen ja YK:n linjasten 1968 tulkitsemista nykyiseen tilanteeseen ja mahdollista tarvetta uusille EU-asetuksille.

2.5 Mobiililaitteet

Mobiililaitteita, erityisesti datayhteydellä varustettuja henkilökohtaisia navigointilaitteita ja älypuhelimia, ja niihin liittyviä sovelluksia ja palveluja kaupataan yhä enemmän palvelupakettina laitteen myynnin yhteydessä tai käyttöjärjestelmäkohtaisten sovelluskauppojen kautta. Laittevalmistajat haluavat varmistaa laadukkaan käyttäjäkokemuksen ja saada samalla osan sovelluskaupan ja palvelujen tuotosta hallitsemalla koko palveluketjua päätelaitteista, internet-yhteydestä ja paikkatiedon tarjoamisesta aina sovellusten myyntiin.

2.5.1 Henkilökohtainen navigointilaitte

Navigointilaitteiden markkinoilla älypuhelimet ovat valtaamassa alaa henkilökohtaisilta navigointilaitteilta, koska Nokia ja Google ovat alkaneet tarjota reitinopastuspalveluja ilmaiseksi. PND (Personal Navigation Devices) -laitteet ovat kuitenkin osaltaan kehityksessä myös älypuhelimien suuntaan, kun niihin on jo saatavissa langaton datayhteys ja erilaisia palvelupaketteja. Raja navigointilaitteiden ja älypuhelimien välillä alkaa siis hämärtyä.

PND-laitteet tarjoavat kuitenkin toistaiseksi paremmin autoympäristöön sopivan käyttöliittymän lähinnä suuremman näyttönsä ansiosta. Muutamat PND-laittevalmistajat ovat päässeet kiinteään yhteistyöhön autonvalmistajien kanssa, ja edullisemman hintaluokan automalleissa saattaa hyvinkin olla optiona esimerkiksi TomTomin valmistama PND-pohjainen autonavigaattori, joka on integroitu auton käyttöliittymään.

Datayhteydellä varustettujen PND-laitteiden kautta pääasiassa Keski-Euroopassa tarjottavat palvelupaketit sisältävät perinteisen ajantasaisen liikennetiedon, liikennekameroiden ja karttapäivitysten, lisäksi mm. varoituksia vaarallisista tienkohdista, paikallisen kohdehaun (Google local search), säättietoja sekä polttoaineen hintatietoja. [168]

2.5.2 Älypuhelimet

Matkapuhelinten tärkeimmät toiminnot ovat niiden käyttönotosta lähtien olleet puheluiden puhuminen ja tekstiviestien lähettäminen. Tekniikan kehittyessä tarpeet ovat kasvaneet tehokkaampaa tiedonsiirtoa vaativilla toiminnoilla, kuten sähköpostien lukemisella ja lähettämällä, internetin selailulla ja musiikin sekä videoiden lataamisella. Matkapuhelin on tämän lisäksi muuttunut myös navigointilaitteen ja digitaalikameran kor-

vikkeeksi. Näitä monipuolisia toimintoja ja nettiyhteyden tarjoavia kännyköitä kutsutaankin älypuhelimiksi.

2.5.2.1 Valmistajien puhelinmallit

Suomessa tunnetuimpia älypuhelimiksi luokiteltavia matkapuhelimia olivat pitkään Nokian Communicator-sarjan puhelimet, joista ensimmäinen ilmestyi vuonna 1996. Varsinaisesti älypuhelimet löivät itsensä läpi vasta vuonna 2007, jolloin ilmestyivät Nokian N95 sekä Applen ensimmäinen matkapuhelin iPhone.

iPhone oli ensimmäinen suuren suosion saanut kosketusnäyttöpuhelin, ja sen julkaisun jälkeen valtaosa älypuhelimista on ollut kosketusnäytöllä varustettuja. Nokian ja Applen lisäksi tämän hetken suurimpia älypuhelinvalmistajia ovat Samsung, LG, Sony Ericsson ja HTC. Yhdysvalloissa suosiossa ovat myös Motorola ja Research in Motion (RIM).

Erään suuren markkinatutkimusyhtiön laskelmien mukaan vuoden 2011 tammi–maaliskuussa Nokia oli edelleen maailmanlaajuisesti suurin matkapuhelinvalmistaja puhelinten määrässä mitattuna (108 miljoonaa), mutta Samsung oli jo hyvänä kakkosena 69 miljoonalla puhelimellaan [106]. Kolmanneksi eniten puhelimia myi LG (24 miljoonaa) ja neljänneksi eniten Apple (17 miljoonaa). Suhteellisesti Nokian osuus myydyistä puhelimista oli siis 25,1 prosenttia vuoden takaiseen 30,6 prosenttiin verrattuna.

Aalto-yliopiston tutkimuksen [132] mukaan Nokian asema Suomen matkapuhelinmarkkinoilla oli vuoden 2009 lokakuussa vielä erittäin vahva. Noin 89 prosentilla suomalaisista matkapuhelinkäyttäjistä oli käytössään Nokian valmistama matkapuhelin. Toiseksi suosituin puhelinvalmistaja oli Samsung vajaan 6 prosentin osuudellaan. Tutkimuksessa tarkasteltiin kaikkia käytössä olevia puhelinmalleja lukuun ottamatta Applen iPhonea, jonka myyntilukuja ei saatu tutkimusta varten. Mobiilimainosyhtiö AdMobin mukaan Suomessa oli huhtikuussa 2010 käytössä noin 40 000 iPhone-puhelinta [63]. Tutkimuksen suosituimmat puhelimet ovat halvemman hintaluokan puhelimia, mutta monessa niissäkin on 2G-datayhteydet. Noin 10–15 prosentissa puhelimista on nopeammat 3G- ja WLAN-yhteydet.

Älypuhelinmarkkinoiden osalta sekä markkinatutkimusyhtiö Canalys [13] että IDC [59] arvioivat Nokian osuuden noin kolmasosaksi koko markkinoista heinä–syyskuussa 2010. Canalys arvioi Applen markkinaosuudeksi samana ajanjaksona 17 prosenttia ja Research In Motionin osuudeksi puolestaan 12 prosenttia. Älypuhelinmarkkinat kasvoivat merkittävimmin niin kutsutuissa BRIIC-maissa eli Brasiliassa, Venäjällä, Intiassa, Indonesiassa ja Kiinassa.

Tammi–maaliskuussa 2011 Nokian osuus älypuhelinmarkkinoista oli pudonnut jo vajaan neljäsosaan, ja Applen markkinaosuus oli noussut hieman vajaan 19 prosenttiin. [105] Samsung ja HTC olivat nousseet Android-käyttöjärjestelmän suosion siivittämänä neljänneksi ja viidenneksi suurimmiksi älypuhelinvalmistajiksi.

2. Teknologia katsaus

2.5.2.2 Käyttöjärjestelmät

Älypuhelimissa käytetään montaa eri käyttöjärjestelmää valmistajasta ja puhelinmallista riippuen. Yleisimmät käyttöjärjestelmät vuoden 2011 alussa on listattu alla sattumanvaraisessa järjestyksessä:

- iOS
- Symbian
- MeeGo (entinen Maemo)
- Android
- Microsoft Windows Mobile / Windows Phone 7
- HP webOS
- BlackBerry
- Samsung Bada.

Nokian jatkosuunnitelmat käyttöjärjestelmien suhteen ovat kolmijakoiset. Halvimman hintaluokan puhelimet tulevat jatkossa käyttämään Symbian S40 -alustaa, ja keskihintaiset laitteet rakentuvat vielä muutaman vuoden ajan yhdistetyn Symbian-käyttöjärjestelmän pohjalle. Älypuhelimissaan Nokia tulee jatkossa käyttämään Microsoftin Windows Phone -käyttöjärjestelmää. Ensimmäisiä Windows Phone -puhelimia odotetaan markkinoille vuoden 2011 loppupuolella.

Android-käyttöjärjestelmää käyttävät älypuhelimet nousivat vuoden 2011 tammi-maaliskuussa myydyimmiksi älypuhelimiksi 36 prosentin markkinaosuudellaan. Symbian-käyttöjärjestelmä oli samana ajanjaksona enää reilussa neljänneksessä älypuhelimia. [96]

Microsoftin uudelle Windows Phone 7 -käyttöjärjestelmälle ei nähty kovin ruusuisia tulevaisuudennäkymiä vuoden 2010 loppupuolella [92]. Tämän jälkeen kuitenkin Nokia ilmoitti helmikuussa 2011 siirtyvänsä käyttämään Microsoftin käyttöjärjestelmää älypuhelimissaan, mikä voi tehdä Windows Phonestakin varteenotettavan kilpailijan puhelin-ten toiminta-alustana.

2.5.2.3 Älypuhelin yleispäätelaitteena

Yksi näkemys ihmisten matkapuhelinten käyttötottumuksista esitettiin Nokia World -tapahtumassa syksyllä 2010 [49]. Tämän mukaan älypuhelinia käytetään seuraaviin tarkoituksiin:

- joka kolmas selaa nettiä
- joka neljäs pelaa pelejä
- joka viides käyttää sähköpostia
- joka kuudes käyttää sosiaalisia verkkoja
- joka yhdeksäs käyttää karttoja ja navigointia
- joka kolmas hoitaa työasioita.

Eriytyisen nopeasti juuri tällä hetkellä suosiotaan kasvattavat videoiden katselu ja pelien pelaaminen.

Matkapuhelimen käyttö navigointilaitteena kasvoi vuoden 2010 ensimmäisellä puoliskolla 44 prosenttia edelliseen vuoteen verrattuna [6]. Maailmanlaajuisesti navigointipalvelua kännykässään käytti noin 44 miljoonaa ihmistä. Pääsyyksi tähän arvellaan sitä, että GPS-paikannusmahdollisuuden omaavien puhelimien saatavuuden parantuminen sekä houkuttelevat hinnoittelumallit. Nokian ja Googlen muutettua omat navigointipalvelunsa ilmaiseksi tarjoavat monet operaattorit navigointia paketoituna ääni- ja datapaketien yhteydessä. Navigointipalvelun muokkaaminen käyttäjän mieltymysten mukaiseksi erilaisilla lisäpalveluilla ja -osilla koetaan myös tärkeäksi keinoksi erottautua massasta ja luoda palveluista liiketoimintaa.

Nokian Ovi Maps -navigointipalvelu kasvattaa suosiotaan jatkuvasti, ja rohkeimmat veikkaavat henkilökohtaisten navigointilaitteiden jo menettäneen pelin suhteessa älypuheliiniin.

2.5.3 Kannettavat internet-päätteet

Kannettavat internet-päätteet (engl. mobile internet device, MID) ovat kuluttajille tarkoitettuja kämmentietokoneita, joiden keskeisimpänä ominaisuutena on langaton yhteys internetiin. MID-laitteiden tarkka määrittelyminen on vaikeaa, mutta yleisimmin ne mielletään kokonsa puolesta sijoittuvan älypuhelimien ja miniläppäreiden välimaastoon. Viime aikoina on alettu puhua myös taulu- tai tablet-tietokoneista, tableteista ja padeista. [66]

Taulutietokoneet ovat juuri tällä hetkellä tämän laiteryhmän merkittävimpiä ja kiinnostavimpia edustajia. Apple julkaisi iPad-taulutietokoneensa tammikuussa 2010, ja sen jälkeen sitä on myyty miljoonia kappaletta. Vuonna 2010 iPadeja myytiin noin 15 miljoonaa kappaletta. [45] Vuoden 2011 myynniksi arvioidaan noin 20 miljoonaa laitetta. [147]

Monet muut valmistajat ovat tuomassa omia tablet-tietokoneitaan markkinoille kilpailemaan iPadin luomista markkinoista. Samsung julkaisi syksyllä 2010 oman Galaxy Tab -laitteensa, ja HP julkaisi samoihin aikoihin ensisijaisesti yrityskäyttöön tarkoitettun Slate-tabletin. Myös Toshiba julkaisi Folio-nimisen taulutietokoneen vuoden 2010 lopussa. Nokiankin on huhuttu suunnittelevan tablet-markkinoille tulemistä.

2.5.4 Mobiililaitte osana ajoneuvoa

Markkinatutkimusyhtiö Frost & Sullivan [145] näkee älypuhelimien tai muun mobiililaitteen tietojen tuomisen auton tietojärjestelmään ja sen näytöille kasvupotentiaalin suhteen lupaavimmaksi kehityssuunnaksi. Mobiililaitteilla täydennettyä auton järjestelmää kutsutaan hybridiksi telematiikkajärjestelmäksi.

2. Teknologia katsaus

Näiden järjestelmien osalta on odotettavissa nopea siirtyminen avoimiin arkkitehtuureihin ja neutraaleihin, valmistajista riippumattomiin tiedonsiirtoprotokolliin. Avointen ja neutraalien ratkaisujen etuja ovat riippumattomuus laitteista ja tiedon esitysmuodosta.

Yhtenä vaikuttavana tekijänä avoimiin ratkaisuihin siirtymisen taustalla on uusien autojen ja elektroniikkalaitteiden merkittävästi erilainen kehitystahti: auton kehityskaaren kesto on neljästä viiteen vuotta, kun se elektroniikkalaitteella on noin vuosi.

2.5.4.1 Nokia Terminal Mode

Nokia ja CE4A-työryhmä (Consumer Electronics for Automotive) ovat avanneet Terminal Mode -tekniikan [165] yleiseen käyttöön ja ehdottaneet sitä vallitsevaksi teollisuuden (de facto) standardiksi, jonka avulla matkapuhelin voidaan integroida entistä paremmin osaksi auton omaa järjestelmää.

CE4A-työryhmä edesauttaa aktiivista mobiililaitteiden käyttöliittymien yhtenäistämistä. Työryhmässä on mukana Audi, BMW, Daimler, Porsche ja Volkswagen. Nokian lisäksi yhteistyötä tekevät mm. Alpine Electronics, Continental, Fiat, Harman Becker, Magneti Marelli sekä Valmet Automotive yhdistääkseen autojen tieto- ja viihdejärjestelmät matkapuhelimien sekä niiden sovellusten kanssa. Terminal Mode -tekniikka on kaikkien auto- ja mobiililaittevalmistajien vapaassa käytössä, ja erityisesti mobiililaittevalmistajia pyritään saamaan lisää teknologian taakse.

Terminal Mode integroi älypuhelimien auton omaan tieto- ja viihdejärjestelmään. Kun laite on kytketty, laajaa valikoimaa älypuhelimien ominaisuuksia, palveluita ja sovelluksia, kuten navigointi- ja musiikkipalveluita, voidaan käyttää auton oman näytön ja audiojärjestelmän kautta ja kytkettyä laitetta voidaan ohjata autoon integroitujen ohjainten avulla.

Terminal Moden kehittäminen on vasta alkuvaiheessa. Kehitetyssä ensimmäisessä Terminal Moden versiossa on hyödynnetty pääosin valmiita standardeja (esim. UPnP, VNC, USB, Bluetooth). Vaikka CE4A-työryhmässä ovat saksalaiset autonvalmistajat mukana, auton kehitysaika on niin pitkä, että kestää ennen kuin Terminal Mode HUD on autossa, joka tulee linjalta. Jälkiasennettaviin auton viihdejärjestelmiin Terminal Mode voi tulla aikaisemmin.



Kuva 3. Terminal Mode -arkkitehtuuri [142].

Terminal Moden tavoitteena on tarjota älypuhelinien kautta uusia ja helposti verkosta (useista eri sovelluskaupoista) ladattavia sovelluksia autoihin sekä kuljettajille että matkustajille. Kuljettajan keskittymisen häirinnän estäminen on keskeistä. Matkustajille tarjottaviin mediapalveluihin on laajemmat mahdollisuudet.

Puhelimen sovellusten pääsy auton CAN-dataan on mainittu Terminal Moden yhteydessä, mutta se tulee varmasti olemaan rajattu ja auton valmistajan kanssa erikseen sovittava asia. Nokiaa kiinnostaisi ainakin (myös tunneleissa toimivan) auton paikkatiedon saaminen auton järjestelmästä puhelimeen.

Terminal Moden versio 1.1. julkaistiin kehittäjille helmikuussa 2011. Se sisältää uusina asioina mm. TM-sertifiointiprosessin määrittelyt, ohjeistusta sovelluskehittäjille sekä määrittelyt ajoneuvon diagnostiikka- ja GPS-tietojen välittämiseen ajoneuvon ja mobiililaitteen välillä. Myös TM-sertifiointiprosessin tarkempi määrittely on meneillään. TM-sertifioinnilla pyritään takaamaan laitteiden käytettävyys, yhteentoimivuus ja

2. Teknologia katsaus

turvallisuus (kuljettajan häiriintymisen estäminen), lisätä näkyvyyttä TM-logon avulla ja luoda mekanismit laki- ja tuotevastuuasioiden hallintaan. Erilliset sertifiointiohjelmat tullaan muodostamaan kulutuselektronikkalaitteille (esim. mobiililaitteet), ajoneuvolaitteille ja sovelluksille (sisältäen sekä laitevalmistajan että kolmansien osapuolten toteuttamat sovellukset).

Terminal Mode -konsortio, the Car Connectivity Consortium, aloitti toimintansa keväällä 2011 [23]. Konsortion tehtävänä on TM-määrittelyjen kehittämisen lisäksi hahmotella teknologian roadmap tuleville vuosille, luoda referenssitoteutus, määrittellä sovellusten sertifiointiprosessi ja markkinoida Terminal Modea. Konsortioon voi osallistua erilaisilla jäsenyystasoilla, joiden hinta ja vaikutusmahdollisuudet vaihtelevat. Liiketoimintamallit ja rahanjako autonvalmistajien ja sovelluskehittäjien välillä on myös täysin auki. Terminal Mode ei todennäköisesti onnistu vain yhden suuren matkapuhelinvalmistajan tukemana – joko Google tai Apple tulisi siis saada mukaan.

2.5.4.2 Nomadic Device Forum (NDF)

NDF eli Nomadic Device Forum [107] perustettiin EU:n rahoittaman AIDE-projektin (Adaptive Integrated Driver-vehicle interfAcE) yhteydessä vuonna 2005. NDF pyrkii edistämään mukana kuljetettavien laitteiden integrointia ajoneuvojen tieto- ja viestintäjärjestelmiin eurooppalaisten periaatteiden (ESoP) mukaisesti. Vuonna 2008 AIDE-projektin päättyttyä NDF siirtyi eSafety Forumin alaisuuteen.

Vuonna 2009 julkaistussa NDF-loppuraportissa [139] on esitetty ratkaisuja kuljettajien mobiililaitteiden käyttöön liittyviin ongelmiin. Koska kunnollinen ohjeistus mobiililaitteiden asennuspaikasta autoon puuttuu, NDF ehdottaa mobiililaitteiden ohjeisiin ja myöhemmin auton ohjekirjoihin täydennyksiä.

Raportissa ehdotetaan myös, että tulevaisuudessa autoissa olisi standardoitu NAVIFix-asennuspaikka, jonka autonvalmistaja voisi toteuttaa kuhunkin automalliin parhaalla mahdollisella tavalla ottaen huomioon näkyvyyden, ergonomian, turvatyyny jne. NAVIFix-standardi sisältäisi myös elektromekaanisen liitynnän auton ja nomadisen laitteen välille. Tavoitteena on, että NAVIFix-standardiratkaisut olisivat uusissa autoissa vuodesta 2015 alkaen. Lisäksi tarvitaan sertifiointiprosessi ESoP:n vaatimusten ja ohjeiden noudattamisen valvontaan.

Myös ITS Action Plan määritteli tavoitteen vuodelle 2010: luodaan ajoneuvossa olevia turvallisia käyttöliittymiä ja mukana kulkevien laitteiden integrointia koskeva sääntelykehys turvallisia ja tehokkaita ajoneuvoihin asennettavia tieto- ja viestintäjärjestelmiä koskevien eurooppalaisten periaatteiden (ESoP) pohjalta.

Nomadic Device Forumissa on tähän asti ollut edustettuna vain navigointilaittevalmistajia. Myös muiden laiteryhmien edustajia tarvittaisiin (matkapuhelin- ja mediasoitinvalmistajat) mukaan, muuten yhteisen standardin määrittely ei ole mahdollista.

2.5.4.3 Muut integrointiratkaisut

Myös taulutietokoneiden integroimista autoihin suunnitellaan. Muiden muassa Peugeot on esitellyt konseptiauton, jossa taulutietokone on integroitu ajoneuvon keskikonsoliin [54]. Taulutietokoneiden yhdistäminen ajoneuvon järjestelmiin on sidoksissa älypuhelin- ja ajoneuvojen integraatioon, sillä sekä tableteissa että puhelimissa käytetään pitkälti samoja käyttöjärjestelmiä.

Autonvalmistajat ovat alkaneet kiinnittää huomiota myös älypuhelin- ja taulutietokoneiden yhdistämiseen ajoneuvon järjestelmiin jälkikäteen Mercedes-Benz on laajentamassa oman Media Interface -rajapintansa toiminnallisuutta tarjoamalla jälkiasennettavaa kaapelia, jolla älypuhelimien valikoidut toiminnot voi saada käyttöön auton tietojen viihdejärjestelmän kautta [138].

2.6 Tiedonsiirto

Tässä luvussa käsitellään pidemmän välimatkan yli tapahtuvaan tiedonsiirtoon liittyviä teknologioita. Pääpaino on eri matkapuhelinverkkoteknologioissa GSM:stä 4G:hen, mutta myös mm. liikennetietojen välittämiseen käytettävää RDS-TMC-teknologiaa tarkastellaan.

2.6.1 GSM

GSM on toisen sukupolven matkapuhelinverkkoteknologia, joka on edelleen laajasti käytössä ympäri maailmaa. Ensimmäisen sukupolven teknologioista GSM eroaa siinä, että sekä niin signaalintiviestit kuin äänikin siirtyvät siinä digitaalisessa muodossa. Tämä digitaalisuus helpottaa myös tiedonsiirtoa verkossa. GSM-verkkojen tiedonsiirtoratkaisuja ovat mm. GPRS- ja EDGE-tekniikat. Yleisimmät taajuusalueet GSM-verkoille ovat 900 MHz:n ja 1 800 MHz:n kaistat, jos niitä ei ole varattu muuhun käyttöön.

2.6.2 3G

Kolmannen sukupolven (3G) matkapuhelinverkkostandardit vaativat mahdollisuutta ääni- ja datayhteyden yhtäaikaiseen käyttöön sekä tiedonsiirtoon vähintään 200 kilobitin tiedonsiirtonopeudella. Tunnetuimmat 3G-tekniikat ovat UMTS (käytössä erityisesti Euroopassa) sekä CDMA2000 (käytössä erityisesti Pohjois-Amerikassa).

Uudemmat 3G-tekniikat (ns. 3.xG) tarjoavat käyttäjille jopa useiden megabitin sekuntinopeuksia mahdollistaen näin langattoman laajakaistayhteyden suuremmilla nopeuksilla.

2.6.3 4G

Virallisesti 4G-tekniikaksi luokiteltavilta (eli IMT-Advanced-standardin vaatimukset täyttäviltä) tiedonsiirtoteknologioilta vaaditaan vähintään 100 megabitin tiedonsiirtonopeutta, alle 10 millisekunnin latenssia sekä 100 megahertsin kaistanleveyksiä. Virallisiksi 4G-tekniikoiksi valittiin lokakuussa 2010 LTE:n seuraaja LTE-Advanced sekä WiMAXin seuraaja WirelessMAN-Advanced [112].

Mikään nykyisin käytössä olevista jo 4G:ksi kutsuttavista teknologioista (mm. LTE ja WiMAX) ei virallisesti täytä näitä vaatimuksia. Silti niitä käsitellään tässä raportissa 4G-teknologioina, koska niiden suorituskyky on kuitenkin merkittävästä 3G-teknologioita parempi ja monelta osin jo hyvin lähellä virallisia 4G-vaatimuksia. Myös alan standardeista vastaava järjestö ITU myöntää, että myös näistä teknologioista voidaan käyttää nimitystä 4G [62].

2.6.3.1 @450

Muutama vuosi sitten FLASH-OFDM-tekniikkaa pidettiin yhtenä lupaavista neljännen sukupolven matkapuhelinverkon toteuttamiskeinoista. Suomessa @450-nimellä kulkeva 450 megahertsin entistä NMT-taajuutta hyödyntävä teknologia on ollut käytössä pari vuotta, ja sitä käytetään muun muassa ELY-keskusten hallinnoimien tienvarsilaitteiden tiedonsiirrossa sekä VR:n pitkänmatkan junissa tietoliikenneyhteytenä.

Toukokuussa 2010 @450-verkkoa ylläpitänyt Digita ilmoitti kuitenkin luopuvansa verkosta sen kannattamattomuuden takia, ja ilmoituksen jälkeen verkolle etsittiin uutta ylläpitäjää. Keväällä 2011 Datame osti @450-verkon, ja yritys suunnittelee aloittavansa @450-laajakaistaliittymien myyntiä [171].

Liikenne- ja viestintäministeriö on kehitellyt myös vaihtoehtoja 450 megahertsin taajuusalueen jatkokäytölle. Yhtenä näistä on alueen muuttaminen teknologianeutraaliksi, jolloin sen käyttö voitaisiin sallia FLASH-OFDM-laitteiden lisäksi myös LTE-tekniikkaa käyttäville laitteille. [81]

2.6.3.2 WiMAX

WiMAX on toinen neljännen sukupolven keskeisimmistä langattomista laajakaistateknologioista. Siinä nopeat langattomat yhteydet muodostetaan osin lisensoituja ja osin lisensoimattomia taajuuksia käyttäen. Vuonna 2010 täysin IP-pohjaisten WiMAX-verkkojen tiedonsiirtonopeudet käyttäjän suuntaan ovat parhaimmillaan hieman reilut 10 Mbit/s. WiMAX-standardin kehitelty versio tulee tuplaamaan tämän nopeuden, mutta virallisen 4G-määritelmän vaatimaan 100 megabitin nopeuteen tekniikka ei vielä pysty [115]. Lisäksi ongelmana on nopeuksien merkittävä hidastuminen peittoalueen reunoilla.

2.6.3.3 LTE

LTE on GSM- ja UMTS-teknologioiden seuraaja, joka on toinen neljännen sukupolven merkittävimmistä langattomista laajakaistateknologioista. LTE-verkot ovat puhtaasti IP-pohjaisia, mikä yksinkertaistaa tiedonsiirtoa verkossa. LTE-tekniikka on myös hyvin yhteensopiva nykyisten 3G-verkkojen kanssa, joten sen käyttöönottokynnys on siltä osin WiMAXia matalampi.

Suomessa LTE-verkoilla on käytössä kaksi taajuusaluetta: 1,8 GHz ja 2,6 GHz. Tällä hetkellä markkinoilla olevat päätelaitteet toimivat vain 2,6 GHz:n taajuudella, mutta useampaa taajuusaluetta hyödyntäviä laitteita odotetaan markkinoille vuoden 2011 aikana [39].

Ruotsissa LTE-verkot ovat olleet käytössä hieman kauemmin. Telia aikoo ulottaa 4G-verkkonsa Ruotsissa yli 200 paikkakunnalle vuoden 2011 loppuun mennessä. Telian verkko oli maailman ensimmäinen kaupallinen LTE-tekniikkaa tukeva 4G-verkko. [140] Telenor ja Tele2 [173] puolestaan avasivat marraskuussa 2010 omat 4G-verkkonsa kolmessa ruotsalaisessa kaupungissa. Vuoden 2011 aikana verkko laajenee kattamaan noin sata paikkakuntaa Ruotsissa.

Haja-asutusalueet ovat perinteisesti olleet hankalia mobiilien datayhteyksien suhteen. Nokia Siemens Networks eli NSN [89] on lisännyt LTE-tukiasemaansa tuen 800 megahertsin verkoille, jotta 4G-verkot saadaan kattaviksi myös haja-asutusalueilla. Suomessa DNA:n, Elisan ja TeliaSoneran tulee aloittaa LTE-tekniikkaa tukevien verkkojen rakentaminen vuoden 2012 alkuun mennessä. TeliaSonera avasi ensimmäiset kaupalliset LTE-verkkonsa Helsingissä ja Turussa joulukuussa 2010 [81]. Laajaa LTE-peittoa tulaa TeliaSoneran arvion mukaan näkemään Suomessa noin vuonna 2015.

Syksyllä 2010 Nokia Siemens Networks ilmoitti saaneensa jo parikymmentä tilausta LTE-tekniikkaa käyttävien 4G-verkkojen rakentamisesta [146]. Neljännen sukupolven matkaviestintäverkoissa NSN:n pahimpia kilpailijoita ovat ruotsalainen Ericsson ja kiinalainen Huawei. NSN:n asiakkaina ovat TeliaSoneran lisäksi teleoperaattorit T-Mobile ja Telenor.

Myös Yhdysvalloissa kaupallisten LTE-verkkojen avaaminen lähti käyntiin vuoden 2010 aikana. Verizon [57] suunnitteli avaavansa vuoden 2010 loppuun mennessä verkkoja yli kolmessakymmenessä kohteessa painottuen suuriin kaupunkeihin. Toinen suuri yhdysvaltalainen operaattori AT&T [95] puolestaan on ilmoittanut ottavansa LTE-verkkoja käyttöön vuoden 2011 kesän aikana.

LTE-verkkojen kaupallinen käyttöönotto on vasta alkamassa, mutta standardoinnissa ollaan lähestymässä ”virallista” 4G-tekniikkaa, joka täyttää ITU:n (International Telecommunication Union) 4G:lle asettamat vaatimukset. Tämä LTE-Advanced-nimellä kulkeva teknologia tuo käyttäjille jopa 1,2 gigabitin datayhteydet [114]. Neljännen sukupolven tiedonsiirtoteknologioiden kilpailussa LTE näyttää ainakin toistaiseksi olevan

2. Teknologia katsaus

etulyöntiasemassa. WiMAXiin verrattuna käytännön testeissä [113] LTE on osoittautunut kymmeniä kertoja nopeammaksi.

2.6.4 RDS-TMC ja TPEG

RDS-TMC on laajalti käytössä Euroopassa liikenteen häiriöiden välittämisessä autonavigaattoreihin. TMC-viesti välitetään FM-radioteitse. PND-laitteisiin tarvitaan yleensä erillinen radioantenni RDS-TMC-vastaanottoa varten. Suomessa TMC-palvelu siirtyi vuonna 2007 Destialle (nykyisin Mediamobile Nordic), ja se on käyttäjilleen maksullinen. TMC-palvelu maksetaan kerralla laitteen oston yhteydessä. [150]

TPEG-protokolla [167] on RDS-TMC:n seuraaja ja mahdollistaa kieliriippumattoman ja laajemman tietosisällön, kuten pysäköintitiedot, joukkoliikenneaikataulut, sään ja uutiset. TPEG1:n standardisointi on valmis ja TPEG2-versiota valmistellaan. TPEG-sisältöä välitetään digitaalisen siirtotien, esimerkiksi Internetin (GPRS, 3G, WiFi), digitaalisen radion (DAB) tai television (DVB-T/C), kautta.

2.7 Lyhyen kantaman tiedonsiirto

Lyhyen kantaman tiedonsiirrolla tarkoitetaan tässä teknologioita, joiden kantama mitataan pikemminkin senteissä ja metreissä kuin kilometreissä. Tähän joukkoon kuuluvat muiden muassa Bluetooth, DSRC, WLAN sekä NFC.

2.7.1 Bluetooth

Bluetooth on lyhyen kantaman langaton tiedonsiirtoteknologia, joka on laajasti käytössä erilaisissa laitteissa. Bluetooth on maailmanlaajuinen standardi, joka kehittyy jatkuvasti. Bluetoothin kehittämisestä vastaava Bluetooth Special Interest Group (SIG) uskoo uuden tekniikan löytyvän viiden vuoden päästä noin puolesta markkinoiden langattomista laitteista.

Bluetoothin uusimpaan versioon, joka hyväksyttiin kesällä 2010, on lisätty vähän virtaa kuluttava ominaisuus [71]. Nimeä Bluetooth 4.0 kantava uusin versio mahdollistaa tekniikkaa käyttävien laitteiden merkittävästi aiempaa vähäisemmän virrankulutuksen; kulutus voi parhaimmillaan olla jopa vain kymmenesosa entisestä. Tämä mahdollistaa sen, että jotkin laitteet voivat toimia vuosikausia hyvinkin pienellä akulla.

Autoissa [10] Bluetooth on jo melko laajasti käytössä puhelinten yhdistämiseen auton äänentoistojärjestelmien kanssa. Vuonna 2016 Bluetooth-tekniikan ennustetaan olevan jo 90 prosentissa myytävistä uusista autoista.

2.7.2 DSRC / WAVE

DSRC / WAVE (Dedicated Short Range Communication / Wireless Access in a Vehicular Environment) on kehitetty erityisesti ajoneuvojen väliseen (V2V) sekä ajoneuvon ja tieinfrastruktuurin (V2I) väliseen aikakriittiseen tiedonsiirtoon. Se perustuu IEEE:n 802.11p-standardiin. Euroopassa DSRC toimii taajuusalueella 5875–5905 MHz. DSRC:tä hyödyntäviä kooperatiivisia sovelluksia erityisesti liikenteen turvallisuuden parantamiseksi ollaan kehittämässä voimakkaasti, mutta laitteiden käyttöönotto ja rahoitus on vielä auki. Suomessa Viestintävirasto myöntää taajuudelle määräaikaista käyttöoikeuksia esimerkiksi tutkimus- tai testikäyttöön.

2.7.3 WLAN

WLAN (Wireless Local Area Network) on langaton lähiverkkoteknologia, josta käytetään yleisesti myös kaupallista nimitystä WiFi. WLAN-tekniologian ennustetaan yleistyvän voimakkaasti älypuhelimissa, kannettavissa tietokoneissa, internet-päätelaitteissa, autoissa ja e-kirjojen lukulaitteissa [144]. WLAN-tukiasemia asennetaan nykyään uusiin autoihin jo tehtaalla (esim. Ford ja Audi). Tämä mahdollistaa erilaisten internet-päätelaitteiden käyttämisen autossa samaan tapaan kuin kotona.

2.7.4 NFC

NFC (Near Field Communication) on lyhyen kantaman tiedonsiirtotekniikka, joka mahdollistaa tietojen siirtämisen enimmillään noin 10 senttimetrin etäisyydeltä. NFC perustuu RFID-tekniikkaan, jota käytetään erityisesti automaattiseen tunnistamiseen. NFC:tä voidaan käyttää ilman kosketusta tapahtuvaan maksamiseen julkisessa liikenteessä tai yleisemminkin sekä myös tietojen lukemiseen tiedotteista tai esineistä (esimerkiksi julkisen liikenteen aikatauluja tai tarkempia tuotetietoja). NFC-tekniikalla varustettua laitetta voidaan käyttää myös avaimena esimerkiksi hotellissa.

NFC on suunniteltu erityisesti matkapuhelimessa käytettäväksi, ja tekniikka onkin yrittänyt tehdä läpimurtoa jo useamman vuoden ajan. Nokialla oli 2000-luvun puolivälissä NFC-sirun sisältävä kännykkämalli, mutta se ei saavuttanut tuolloin vielä suurta suosiota sovelluskohteiden puuttumisen takia.

NFC-tekniikka on kuitenkin yrittämässä uutta läpimurtoa. Nokian syksyllä 2010 julkistetussa C7-puhelimessa on sisäänrakennettuna NFC-siru, mutta ohjelmistotukea sille ei vielä julkaisuversiossa ollut [15]. NFC:n hyödyntämisen mahdollistavan ohjelmistopäivityksen ilmoitettiin ilmestyvän vuoden 2011 aikana.

Nokia ilmoitti myös kesällä 2010, että sen kaikissa puhelimissa vuodesta 2011 eteenpäin tulee olemaan NFC-siru sisäänrakennettuna [15]. Tämä väite ei ole pitänyt täysin paikkansa, mutta ainakin yhdessä uudessa Nokian puhelinmallissa tuo siru ja tekniikka

2. Teknologia katsaus

siis jo ovat. Myös Applen on huhuttu suunnittelevan NFC-tekniikan sisällyttämistä iPhone-puhelimensa tulevaan versioon, mutta tästä ei ole vielä mitään varmuutta. Myös Googlen Nexus S -puhelinmalli sisältää NFC-sirun [123].

2.8 Ajoneuvojen välinen kommunikointi

Ajoneuvot eivät vielä tavallisessa liikenteessä kommunikoi keskenään eivätkä juuri tieinfrastruktuurinkaan kanssa, mutta tutkimus- ja kehitysmaailmassa kaikenlaisia vuorovaikutteisia järjestelmiä on testattu jo useiden vuosien ajan. Ajoneuvojen ja tieinfrastruktuurin väliseen tiedonvaihtoon ja viestintään perustuvien vuorovaikutteisten järjestelmien (cooperative systems) kehittäminen edistyy, mutta paljon asioita on vielä kesken.

Vuorovaikutteiset järjestelmät vaativat tietyn, sovelluksesta riippuvan penetraatioasteen, jotta järjestelmästä tai sovelluksesta olisi hyötyä. Merkittävä penetraation saavuttaminen autojen tehdasasennetuille järjestelmille vaatii autokannan uusiutumisenopeudesta riippumatta vähintään kymmenen vuotta.

Yhdysvalloissa IntelliDrive-hanke [4] on ottanut DSRC-tiedonsiirron rinnalle myös mobiiliverkot sekä mobiili- ja jälkiasenteiset laitteet, jotta riittävä laitteiden penetraatioaste voitaisiin saavuttaa nopeammin.

Myös Euroopassa odotetaan käytännön kenttäkokeiden (FOT, Field Operational Test) tuloksia näiden järjestelmien vaikutuksista ja käyttöönoton mahdollisuuksista.

Euroopan unionin älyliikenteen toimintasuunnitelmassa ITS Action Planissa [26] hahmotellaan vuorovaikutteisten järjestelmien tulevaisuudennäkymiä seuraavasti: vuosina 2010–2013 tullaan kehittämään ja arvioimaan vuorovaikutteisia järjestelmiä yhdenmukaistetun lähestymistavan määrittämiseksi sekä arvioimaan eri käyttöönottostrategioita unohtamatta investointeja älykkääseen infrastruktuuriin. Standardien osalta eurooppalaisille standardointielimille on annettu vuosiksi 2009–2014 toimeksianto kehittää yhdenmukaistetut standardit älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönottoa varten, etenkin vuorovaikutteisille järjestelmille.

Ennen FOT-projektien tuloksia (2013) ei vuorovaikutteisten järjestelmien käyttöönottoon liittyviä ongelmia tulla ratkaisemaan. Yksi suurimmista ongelmista on kustannuksista sopiminen eri tahojen kesken. Tästä johtuen ennen vuotta 2020 ei järjestelmiä myöskään tule olemaan laajasti markkinoilla.

2.9 Laitteiden käyttäminen

Autojen järjestelmien, viihde-elektroniikkatuotteiden sekä internetin ja sen palveluiden yhdistyminen autoon luo merkittäviä haasteita turvallisuuden suhteen. Keskeisessä roolissa tässä on kuljettajan huomiokyky, sen säilyminen ja mahdollisten häiriöiden minimoiminen.

Puhelimen käyttäminen tai kohteen syöttäminen navigointilaitteeseen ajaessa heikentää kuljettajan huomiokykyä ja on riski liikenneturvallisuuden kannalta. Tämän vuoksi monessa maassa ajaessa mobiililaitteen käyttäminen tai matkapuhelimeen puhuminen ilman hands free -laitetta on kielletty laissa. Eri maiden lainsäädännöt eroavat tämän suhteen merkittävästi, ja jonkinlaista yhdenmukaista linjausta ollaan ajamassa ainakin EU:n sisällä. Joissain maissa esimerkiksi matkapuhelinta ja navigointilaitetta koskevat erilaiset lakipykälät, minkä seurauksena navigointilaitteen käyttö puhelimenä on lain mukaan sallittua, vaikka puhelimen käyttö ja siihen puhuminen on kielletty. Mobiililaitteiden käyttöä koskeva lainsäädäntö kaipaa siis yhdenmukaistamista.

Erilaiset puheentunnistukseen perustuvat ohjausmenetelmät pyrkivät vähentämään kuljettajan huomiokyvyn heikkenemistä. Kuitenkin myös pelkkä puhelimeen puhuminen tai ääniohjauksen käyttäminen voi häiritä havainnointikykyä.

Yksi ongelma on kuljettajan ja matkustajien palveluiden erottaminen toisistaan. Kuljettajalla tulisi siis olla käytössään vain sellaiset palvelut, jotka eivät häiritse ajosuoritusta, kun taas matkustajilla olisi mahdollisuus käyttää koko auton tieto- ja viihdejärjestelmän palveluita. Tällainen palveluiden käytön erottaminen on kuitenkin vaikeaa sekä mobiililaitteissa että autoon integroiduissa etuistuinten järjestelmissä ilman autonvalmistajien tukea.

Yhtenä esimerkkinä autonvalmistajan mahdollisuuksista on Mercedes-Benzin kehittämä SplitView-näyttö, joka näyttää samalla näytöllä kahta eri kuvaa riippuen katselijan katselukulmasta: esimerkiksi kuljettajalle näytetään navigaattoria ja etuistuimen matkustajalle videota. Vastaavia tuotteita muun muassa Dual View -nimellä on tulossa myös muilta valmistajilta. [58]

Fordin Sync-järjestelmän uusimmassa versiossa on myös ääniohjausmahdollisuus [102]. Tämä on hyvin keskeinen tekijä järjestelmän turvallista käyttöä ajatellen. Tuoreimman päivityksen jälkeen järjestelmä tunnistaa noin 10 000 eri englannin kielen sanaa ja vapaamman puhetyylin. Lisäksi eri toimintojen käyttämistä (mm. navigointi, radiokanavan valitseminen) on yksinkertaistettu. Myös General Motorsin ja Saabin autoissa käytettävään OnStar-järjestelmään on tulossa mahdollisuus ääniohjaukseen esimerkiksi tekstiviestien ja sosiaalisen median statuspäivitysten kirjoittamiseen [35].

Ääniohjauksen lisäksi Ford suunnitteli tuovansa vuoden 2011 Focus-malleihinsa myös kosketuskäyttöliittymän MyFord Touchin muodossa [3]. MyFord Touchissa kojetaulun keskellä on kosketusnäyttö, jolla voi ohjata auton eri toimintoja ja käyttää siihen yhdistettyjä palveluja.

Tulevaisuudessa Fordin Sync ja Touch saattavat mahdollistaa tekstiviestien lukemisen ääneen kuljettajalle, jos puhelinvalmistajat lähtevät kehitystyöhön mukaan. Lisäksi Fordin järjestelmiin on tulossa ”älä häiritse” -nappi, jota painamalla kuljettaja voi estää kaikki tulevat puhelut tai tekstiviestit mutta joka mahdollistaa kuitenkin puheluiden soittamisen ja puhelimen datayhteyden käyttämisen tiedonsiirtoon. [161]

2. Teknologia katsaus

Yhdysvalloissa SafeDrivingSystems [143] on kehittänyt jälkiasennettavan kuljettajien matkapuhelimen käyttöä valvovan Key2SafeDriving-järjestelmän, joka koostuu matkapuhelimeen asennettavasta ohjelmasta ja auton OBD-liittimeen asennettavasta Bluetooth-yksiköstä. Puhelimen sovellus voidaan asettaa estämään esimerkiksi tekstiviestit ja tulevat puhelut silloin, kun auto on käynnissä, mikä tunnistetaan OBD-liittimen moduulin avulla. Puhelimen ohjelma voi ohjata tulevat puhelut vastaajaan tai lähettää soitajalle automaattisen vastaustekstiviestin. Järjestelmä suojataan pin-koodin avulla, jotta esimerkiksi perheen nuoret kuljettajat eivät voi muuttaa asetuksia. Järjestelmä tukee useita eri älypuhelinmalleja.

Liikenneturvan vuonna 2009 julkaistun kyselytutkimuksen [136] mukaan 73 prosenttia autoilijoista, joilla on matkapuhelin, kertoo puhuvansa joskus puhelimeen ajon aikana. Hands free -laitetta aina puhuessaan käyttävien osuus oli vuonna 2008 tutkimuksen mukaan 27 prosenttia, kun vuonna 2003 hands free -laitetta koskevan lainsäädännön astuttua voimaan vastaava osuus oli 62 prosenttia.

Erilaisten mobiililaitteiden käyttäminen ei ole vaaratonta jalankulkijallekaan. Astonin yliopiston tutkimusten mukaan [164] kännyköiden käyttäjiltä jää huomaamatta mahdollisista vaaroista joka viides. Esimerkiksi Lontoossa kuolee tai loukkaantuu joka päivä kaksi kännykkää kävellessään käyttänyttä teini-ikäistä.

3. Palveluiden toteuttaminen

Tässä luvussa kuvataan lyhyesti aiemmissa paikannukseen tai liikenteeseen liittyvissä hankkeissa ja toteutuksissa kehitettyjä toiminnallisia arkkitehtuureja kussakin hankkeessa esitetyllä tavalla. Lisäksi tarkastellaan palveluiden kehittämiseen liittyviä merkittäviä asioita, kuten tiedon esittämistä ja palvelukeskeistä arkkitehtuuria. Lopuksi pohditaan, miten nämä asiat tulisi huomioida monipalvelumallia kehitettäessä.

3.1 Toiminnalliset arkkitehtuurit

Toiminnallisissa arkkitehtuureissa pääosassa ovat yleensä toimijat ja heidän tehtävänsä järjestelmässä. Lisäksi keskeisiä ovat eri toimijoiden väliset roolit ja vastuunjaot. Alla esitellään erilaisia järjestelmiä ja erilaisia tapoja esittää toimijoita, tehtäviä ja näiden välisiä suhteita.

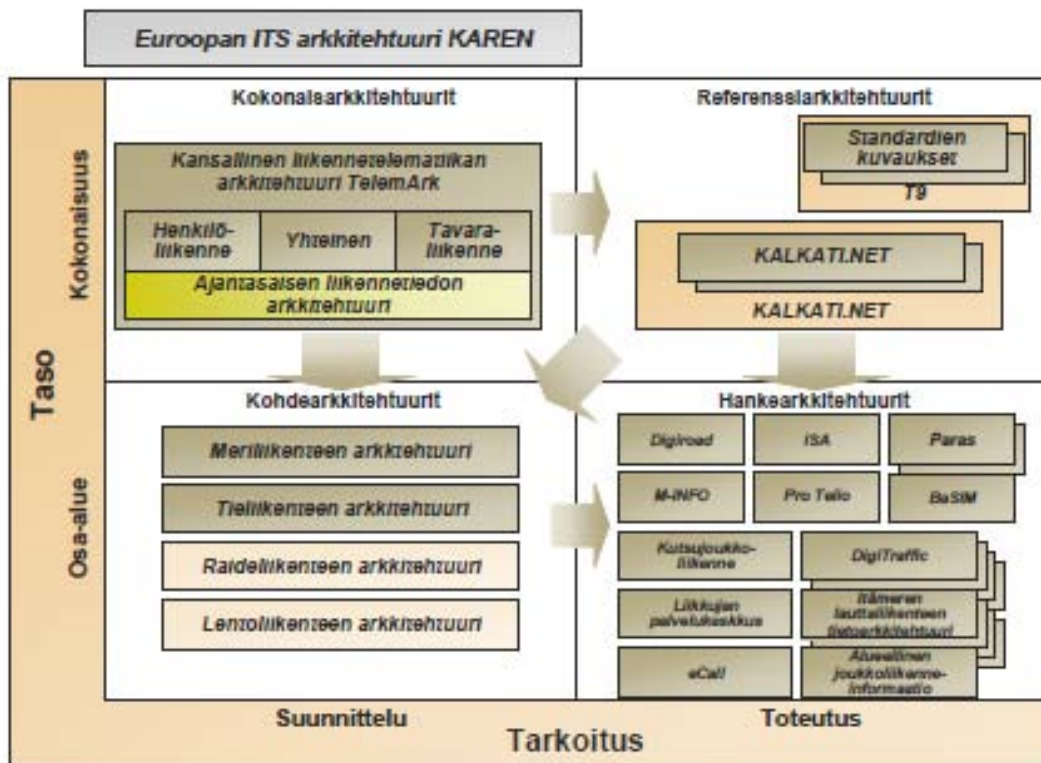
3.1.1 Ajantasaisen liikennetiedon arkkitehtuuri

Vuonna 2005 julkaistu arkkitehtuuri [154] kuvaa ajantasaiseen liikennetietoon pohjautuvien palveluiden mahdollisia arvoketjuja sekä näiden palveluiden toteuttamisen potentiaalisia vaikutuksia. Tyypillisen toiminnallisen arkkitehtuurin tavoin siinä myös esitetään selkeästi eri toimijoiden tehtäviä ja vastuita.

Arkkitehtuurissa on laadittu kuvaukset liikenneverkon ja joukkoliikenteen sekä matkakaketjun suunnittelun prosesseista liikkujan näkökulmasta. Painopiste prosessikuvauksissa on ollut ajantasaisen tiedon hyödyntämisessä sekä tietomallin luomisessa kaikille prosesseissa tarvittaville muuttuville ja staattisille tiedoille.

Arkkitehtuuria kehitettäessä keskeisimmäksi kohteeksi jatkoa ajatellen koettiin liikenteeseen liittyvien tietojen loogiset tietovarastot ja niiden toteuttaminen joko keskitettyinä tai hajautettuina. Jatkotoimenpiteiksi suositeltiin älyliikenteen standardointityön tiivistä seuraamista, älyliikenteen EU-hankkeisiin osallistumista ja niiden tulosten hyödyntämistä sekä panostamista internet-teknologioiden osaamisen kehittämiseen.

3. Palveluiden toteuttaminen



Kuva 4. Ajantasaisen liikennetiedon arkkitehtuurin suhde kansalliseen liikennetelematiikan kokonaisarkkitehtuuriin [154].

Kuva 4 esittää ajantasaiselle liikennetiedon arkkitehtuurille suunniteltua roolia valtakunnallisessa älyliikenteen kokonaisarkkitehtuurissa. Sen ajateltiin toimivan ylemmän tason yleismäärittelynä ajantasaiseen tietoon liittyen eri liikennemuotojen kohdearkkitehtuureille. Arkkitehtuurin laatimisen jälkeen kansallisen tason arkkitehtuurityö on kuitenkin ollut vähäistä.

3.1.2 Kansallinen joukkoliikenteen paikannusarkkitehtuuri

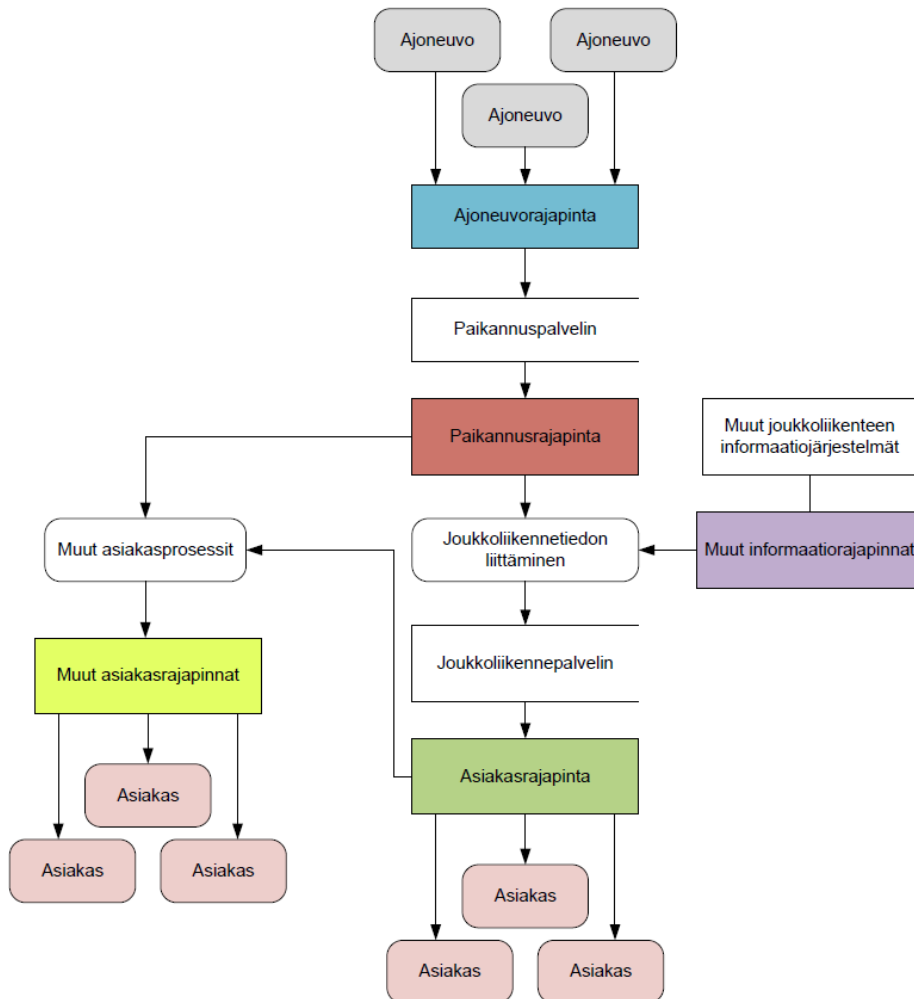
Vuonna 2008 laadittu kansallinen joukkoliikenteen paikannusarkkitehtuuri [67] kuvaa joukkoliikenteen tietopalveluihin liittyvät toimijat ja niiden rajapinnat (Kuva 5). Arkkitehtuuriraportissa kuvataan myös esimerkkitoetus paikannustiedon hyödyntämisestä joukkoliikenteessä entisen Helsingin kaupungin liikennelaitoksen paikannuspilottiin liittyen.

Pilotissa paikannettiin joukkoliikennevälineitä ja hyödynnettiin näin saatua tietoa mm. joukkoliikenteen liikennevaloetuksien kehittämisessä. Ajoneuvorajapinnan läpi kulkevien ajoneuvoviestien vastaanottaminen aloitetaan ajoneuvon tunnistamisella. Ajoneuvolaitteen tunniste on mukana ensimmäisessä paikannusviestissä; tämän jälkeen aletaan vastaanottaa kyseisen ajoneuvon paikannustietoa.

Paikannusviestien lisäksi ajoneuvosta voidaan lähettää muitakin informaatioviestejä, kuten tieto ajoneuvon kirjautumisesta tietyille ajettavalle linjalle. Paikannuspalvelin lisää vastaanottamiinsa ajoneuvoviesteihin ajoneuvon alussa lähettämän tunnusteen, jotta jokainen rivi voidaan tunnistaa tietyn ajoneuvon lähettämäksi. Nämä tiedot muodostavat paikannusrajapinnan.

Paikannusrajapintaan liittyvä joukkoliikennepalvelin tarjoaa rajapinnasta sekä muilta joukkoliikenteen informaatiojärjestelmiltä vastaanottamiensa tietojen perusteella mm. joukkoliikenteen liikennevaloetuspalvelua, ajoneuvojen reaaliaikaista seuranta netin kautta sekä rajapintoja erilaisille palveluille, jotka tarvitsevat reaaliaikaista paikannustietoa joukkoliikennevälineistä.

Kaikki arkkitehtuurissa kuvatut viestit pohjautuvat XML-kuvauskieleen. Viestien rakenne ja esimerkkejä viesteistä on esitetty arkkitehtuurin kuvauksen yhteydessä.

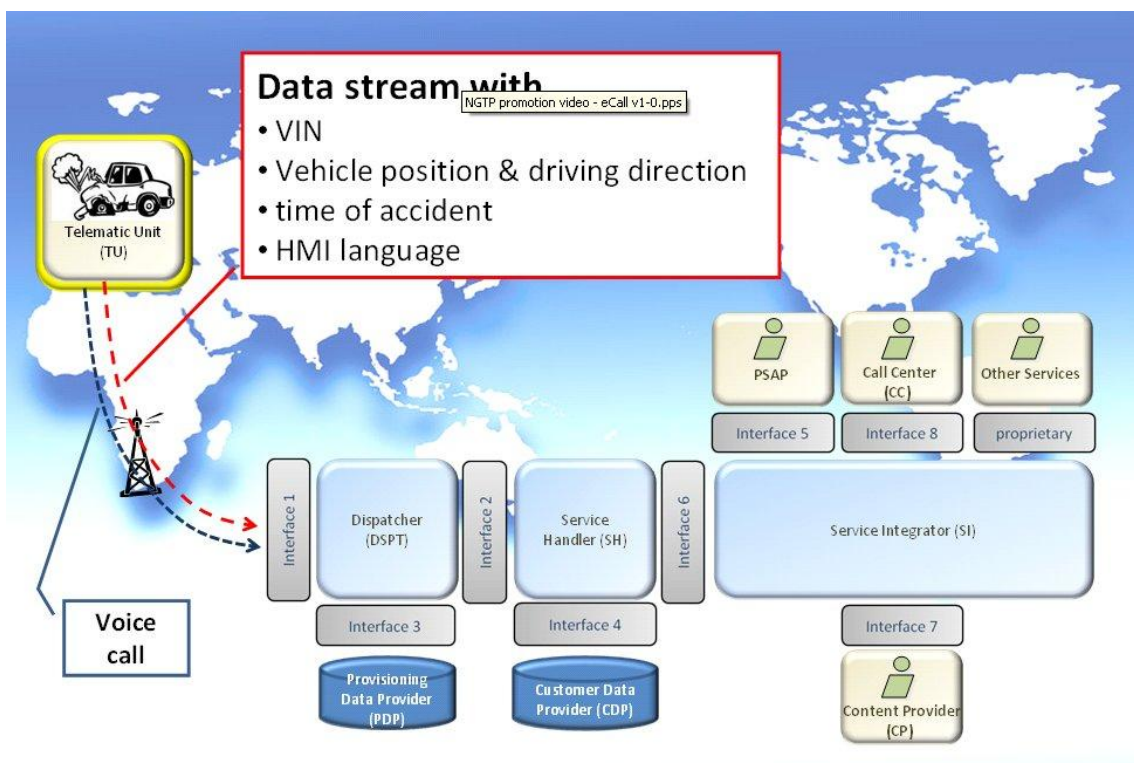


Kuva 5. Suomen kansallisen joukkoliikenteen paikannusarkkitehtuurin yleiskuvas [67].

3. Palveluiden toteuttaminen

3.1.3 NGTP (Next Generation Telematics Pattern)

NGTP-foorumin [104] tavoitteena on kehittää avoin teknologiariippumaton langattomien palvelujen arkkitehtuuri autoihin ja mobiililaitteisiin hyödyntäen avoimia rajapintoja. Sen jäseninä ovat BMW, NAVTEQ, WirelessCar, ja Ygomi. NGTP sisältää myös eCall-toiminnallisuuden. NGTP:n versio 2.0 on julkistettu syksyllä 2010. Versio 2.0 ei määrittele standardia tai protokollaa vaan toimintamallin, joka on avoin ja joustava uusille vaatimuksille. Nykyinen toimintamalli pohjautuu edelleen äänipuheluun perustuviin palveluihin, mutta jatkossa web-pohjaiset palvelut tullaan ottamaan huomioon.

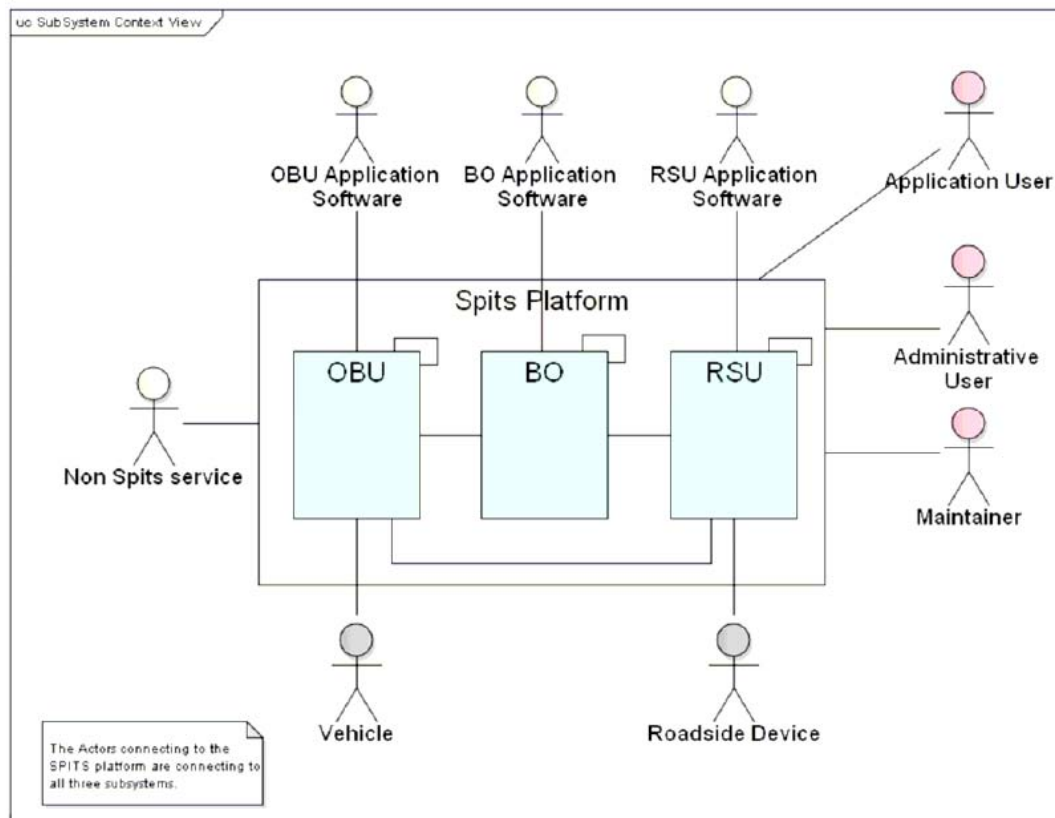


Kuva 6. NGTP-arkkitehtuuri ja eCall-tiedon kulku ajoneuvosta eteenpäin [104].

3.1.4 SPITS-alustan arkkitehtuuri

SPITS (Strategic Platform for Intelligent Traffic Systems) [178] on hollantilainen projekti, joka pyrkii kehittämään älyliikenteen ratkaisuja, jotka edistävät turvallista liikumista. Projektissa on mukana yhteensä 13 kumppania ja Hollannin talousministeriö. Kumppaneina ovat muuten muassa Logica, NXP, TNO, TomTom sekä neljä hollantilaista yliopistoa.

Projektin tavoitteena on määrittää avoin, skaalattava ajoneuvoalusta tulevaisuuden järjestelmille. Alustan tulisi olla päivitettävissä, jotta teknologian nopeaan kehitykseen voitaisiin reagoida ja pitää näin ajoneuvon järjestelmät ajan tasalla. Ajoneuvoalustan lisäksi projektissa pyritään myös kehittämään ratkaisu erilaisten palveluiden lataamiseen ja hallitsemiseen.



Kuva 7. SPITS-alustan järjestelmätason kuvaus [160].

Kuva 7 esittää SPITS-alustan rakenteen järjestelmätasolla alustaan liittyvine toimijoinen. Alusta itse koostuu ajoneuvo-osasta (OBU, on-board unit), tienvarsiosasta (RSU, road side unit) sekä taustajärjestelmästä (BO, back-office). Näistä ajoneuvo-osa on yhteydessä ajoneuvon järjestelmiin ja tienvarsiosa kommunikoi tien varressa olevien laitteiden kanssa. Taustajärjestelmä vastaa eri osien yhteentoimivuudesta ja koko alustan yleisestä toiminnasta. [160]

3.1.5 COMeSafety-projektin ITS-tietoliikennearkkitehtuuri

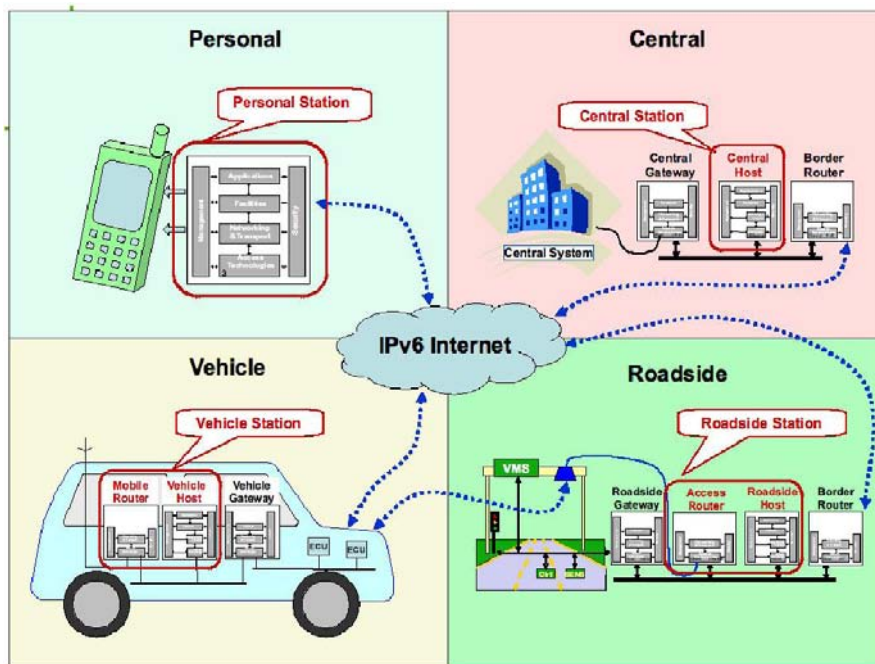
COMeSafety-projektissa määriteltiin eurooppalainen älyliikenteen tietoliikennearkkitehtuuri [16] vuorovaikutteisille järjestelmille (co-operative systems). COMeSafety hanke kokosi tietoa useasta eri EU-projektista, ja arkkitehtuurikuvauksen versio 3.0

3. Palveluiden toteuttaminen

julkaistiin vuoden 2010 alussa. Siinä määritellään neljä pääkomponenttia, jotka kommunikoivat keskenään erilaisten tietoverkkojen kautta (Kuva 8):

- ajoneuvo, jossa on asennettuna tiedonkäsittely- ja tiedonsiirtojärjestelmät (myös mobiililaite kytkeytyneenä auton järjestelmiin on ajoneuvolaite)
- tienvarsijärjestelmä (esim. muuttuvat liikennemerkkit tai liikennevalot tiedonsiirrolla)
- keskus (esim. liikennekeskus tai ajoneuvokaluston ohjauskeskus)
- henkilökohtainen laite (esim. älypuhelin tai henkilökohtainen navigointilaite).

Arkkitehtuurikuvauksessa on myös kuvaus yleiseurooppalaisista vuorovaikutteisista älyliikenteen palveluista, jotka on jaoteltu liikenneturvallisuus- ja liikenteensujuvuussovelluksiin sekä lisäarvopalveluihin.



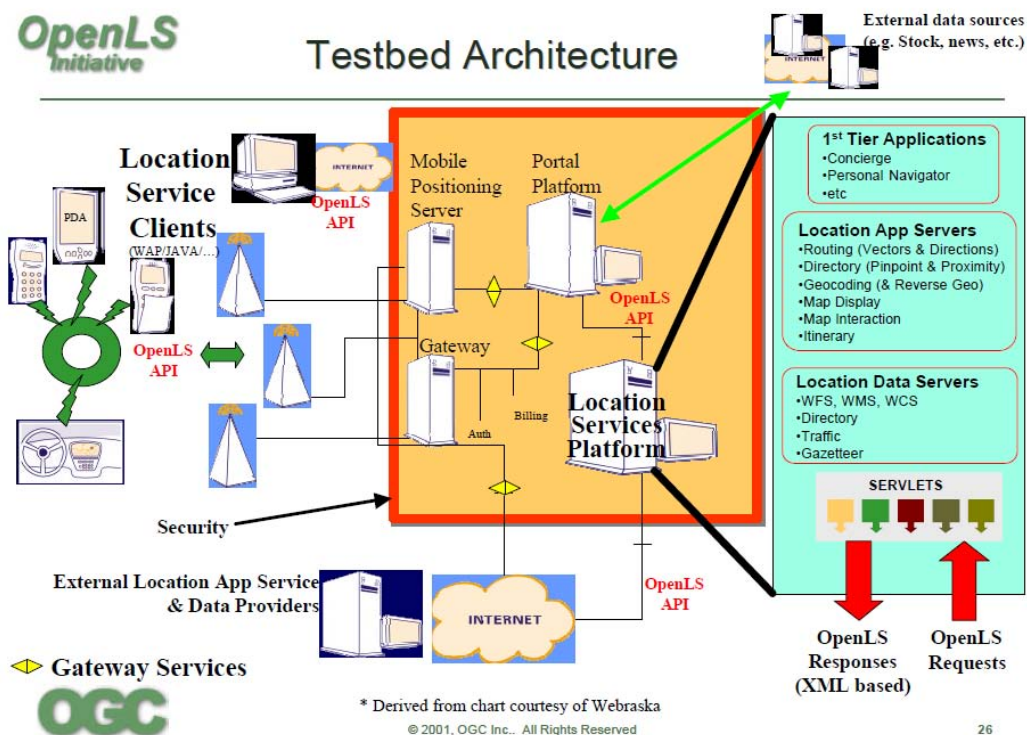
3.1.6 Open Geospatial Consortium Web Services

OGC (Open Geospatial Consortium) [166] on kansainvälinen standardointiorganisaatio, joka määrittelee avoimia standardeja GIS-tietokantojen ja karttojen tietojen hakemiseen ja käyttämiseen internet-selaimissa ja erilaisissa sovelluksissa. OGC Web Services on

määritelty avoimia internet-standardeja hyödyntäen (mm. HTTP, URL, MIME, XML, SOAP):

- OpenGIS Web Map Service (WMS) määrittelee operaatiot karttojen luomiseen ja esittämiseen (esim. jpeg-kuvana) eri tietolähteistä.
- OpenGIS Web Feature Service (WFS) määrittelee käytännöt GML (Geography Markup Language) -koodatun paikkatiedon hakemiseen ja muuttamiseen.
- OpenGIS Web Coverage Service (WCS) määrittelee tietyn alueen paikkatiedon haun kuvana ja meta-tietona.
- Catalogue Services for the Web (CSW) määrittelee kysely- ja hakutoiminnot tiedon, palvelujen ja resurssien rajapintojen etsimiseen palvelimelta.

Laajasti käytössä olevia GIS-tiedon esitysmuotoja on muitakin. Esimerkiksi Digiroad-aineisto toimitetaan ESRI shapefile -muodossa. Google Maps puolestaan on laajasti käytössä oleva karttojen esityspalvelu, joka ei käytä OGC:n määrittelemiä standardeja. Googlen kehittämä KML-kieli [73] sen sijaan on otettu OGC:n standardien joukkoon, ja KML:n ja GML:n (Geography Markup Language) välillä tullaan tekemään harmonisointia.



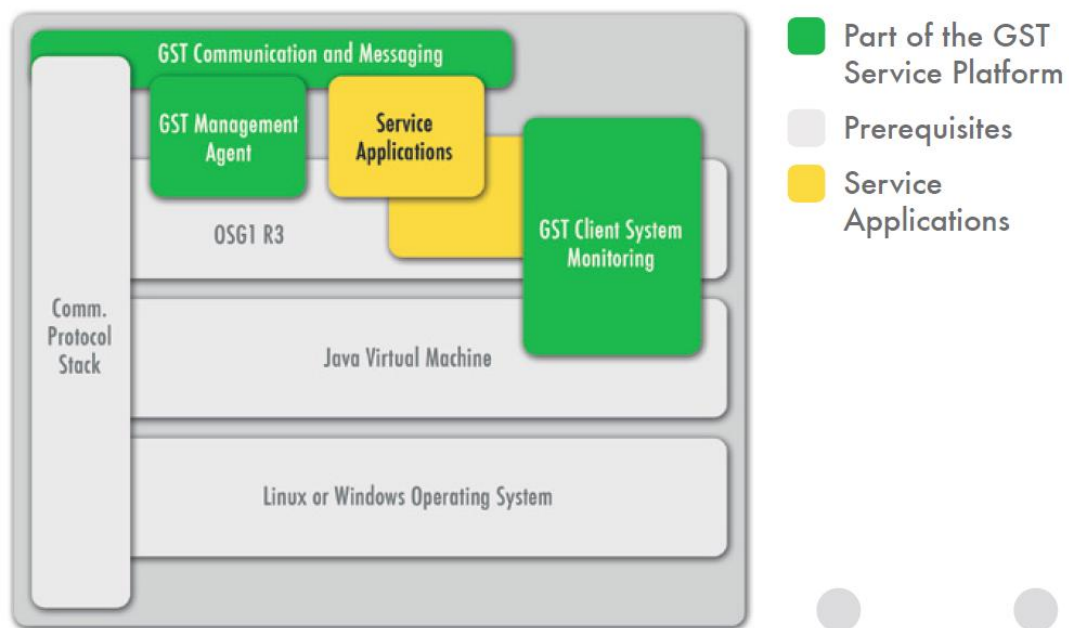
Kuva 9. OpenGIS Location Service -arkkitehtuuri (OpenLS) paikkasidonnaisten palvelujen tuottamiselle [166].

3. Palveluiden toteuttaminen

3.1.7 GST-palvelualustan arkkitehtuuri

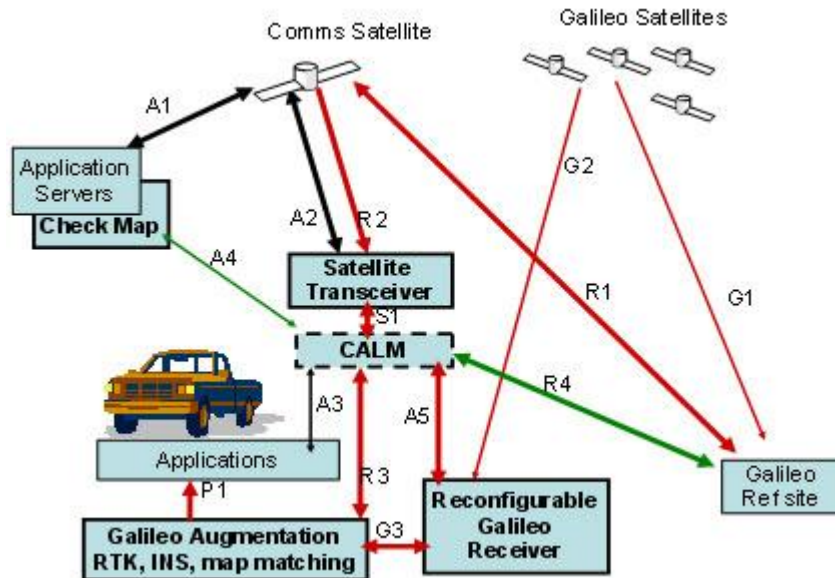
GST-projekti kehitti vuosien 2004–2007 aikana avointa palvelualusta-arkkitehtuuria [24] ajoneuvojen telematiikkapalveluille. GST-hankkeessa kehitettyjä ratkaisuja hyödynnettiin myöhemmin CVIS-projektissa, josta ne ovat osittain päätyneet myös CO-MeSafety-arkkitehtuuriin. GST-palvelualusta (Kuva 10) on riippumaton käytetystä ohjelmistoalustasta.

GST Service Platform



Kuva 10. GST Forumin palvelualustan arkkitehtuuri [24].

3.1.8 SISTER-arkkitehtuuri



Kuva 11. SISTER-hankkeeseen liittyvät järjestelmät ja niiden keskinäiset suhteet [155].

Euroopan komission tukema SISTER-hanke [155] pyrki edistämään perinteisen ja satelliittien välityksellä tapahtuvan tietoliikenteen yhdistämistä GALILEO-satelliittien paikannustietoihin tieliikenteen sovellusten vauhdittamiseksi. Hankkeessa oli mukana älyliikenteen sovellusten arvoketjun keskeisiä toimijoita liikenteen ja avaruusteknologian aloilta sekä palvelutuottajien puolelta.

Hankkeessa haettiin vastauksia siihen, millaisia sovelluksia satelliittitietoliikenne mahdollistaa sekä mikä lisäarvo sillä on GALILEO-paikannukseen pohjautuville kaupallisille palveluille. GALILEO-sovellusten teknisiä ja liiketoiminnallisia vaatimuksia arvioitiin yksityiskohtaisesti, ja niiden pohjalta pyrittiin kehittämään uusia vaatimuksia satelliittitietoliikenteelle tai uusille satelliittijärjestelmille.

3.2 Palveluiden kehittäminen

Tietokoneella tai mobiililaitteilla käytettävien palveluiden kehittämiseen on tarjolla suuri määrä erilaisia tekniikoita, teknologioita ja ohjelmistoja. Tässä luvussa käsitellään muutamaa palveluiden kehittämisen kannalta keskeistä aihepiiriä. Tällaisia ovat palvelukeskeiset arkkitehtuurit sekä tiedon saatavuus ja sen esittäminen.

3. Palveluiden toteuttaminen

3.2.1 Palvelukeskeinen arkkitehtuuri

Palvelukeskeinen arkkitehtuuri (Service-Oriented Architecture, SOA) [12] on palveluihin perustuvan tietoteknisen lähestymistavan perusrakenteiden kuvaus. Tietotekniikassa kehitettävien ohjelmistojen ja järjestelmien osien ja kokonaisuuden kuvaaminen järjestelmällisesti on ensisijaisen tärkeää toimivien, helpommin ylläpidettävien ja laajennettavien toteutusten aikaansaamiseksi.

Palvelukeskeiset arkkitehtuurit tarjoavat liiketoimintalähtöisen, joustavan lähestymistavan liiketoimintaprosesseja tukevien sovellusten toteuttamiseksi. Tässä yhteydessä palveluksi mielletään uudelleen käytettävissä oleva ohjelmistokomponentti, jota palvelun käyttäjät hyödyntävät. Keskeisenä osana palvelukeskeisiä arkkitehtuureja ovat palveluhakemistot. Palveluntarjoajat julkaisevat kehittämänsä palvelut palveluhakemistossa, josta palveluiden käyttäjät voivat etsiä niitä eri kriteereillä ja käyttää niistä omiin tarpeisiinsa sopivia.

Palvelukeskeinen arkkitehtuuri on konseptitason malli, joka pitää käytännössä toteuttaa valituilla teknologioilla. Nykyään verkkopalvelut (web services) ovat tunnetuimpia SOA-mallia hyödyntäviä teknologioita. Verkkopalveluiden rajapinnat noudattavat alan yhteisiä standardeja: Palveluiden julkaisemiseen käytetään UDDI-standardia, ja palveluiden rajapinnat kuvataan WSDL-kielellä. Palvelun käyttäjät kutsuvat palveluita SOAP-standardin mukaisilla viesteillä. Näitä tiedon esittämiseen ja käsittelemiseen liittyviä standardeja tarkastellaan tarkemmin luvussa 3.2.3

Palveluiden kehittäminen SOA-mallin mukaan mahdollistaa niiden hyödyntämisen toisten palveluiden osina ja madaltaa näin osaltaan kynnystä uusien palveluiden kehittämiseksi. Markkinoille pyrkivän uuden palveluntarjoajan ei tarvitse rakentaa koko palvelua tyhjästä, vaan se voi hyödyntää jo olemassa olevia palveluita ja yhdistää niitä uudella ja innovatiivisella tavalla.

3.2.2 Tiedon saatavuus

Tiedon saatavuus on olennainen tekijä uusien paikkasidonnaisten palveluiden kehittämiseksi. Julkiset tahot tuottavat paljon tietoa, joka voi toimia näiden palveluiden rakennusaineena. Tällaista tietoa ovat esimerkiksi julkisen liikenteen aikataulut sekä liikenneviranomaisten liikenteestä keräämät tiedot.

Liikenne ja viestintäministeriön vuonna 2010 julkaisema raportti Julkinen data: johdatus tietovarantojen avaamiseen [133] pyrkii kuvaamaan yleisellä tasolla ja käytännönläheisesti prosessin, jolla julkisia tietovarantoja saataisiin avattua laajempaa käyttöä varten.

Raportissa julkishallinnon datan maksuttoman jakamisen todetaan hyödyttävän kokonaisedullisesti niin suomalaista liike-elämää, kansalaistoimintaa kuin hallinnon tehostamistakin. Nykyisen mallin osalta valtaosan tuloista todetaan muodostuvan tulonsiir-

roista eri hallinnonalojen kesken, joten datan maksuton avaaminen olisi Suomelle kokonaistaloudellisesti parempi vaihtoehto.

Käytännön toimenpiteenä raportissa suositellaan julkisten datavarastojen katalogien kehittämistä erillisen poikkihallinnollisten clearing house -organisaatioiden tukemana. Lisäksi tulisi määritellä ja julkaista tiedot suomalaisten datavarantojen sisällöstä sekä niiden hallinnointi- ja kehittämisvastuista. Tietojärjestelmiä kehitettäessä puolestaan tulisi huomioida käytettävän ja tuotettavan uuden datan avoimuus jo suunnitteluvaiheessa.

Julkisia datavarastoja on jo tuotu maailmalla yleiseen käyttöön useammassakin valtiossa. Näkyvimmin tätä tietoa tarjoavat Yhdysvaltojen ja Ison-Britannian julkisen tiedon sivustot data.gov [19] ja data.gov.uk [18]. Sivustoilta löytyy tietoja eri hallinnonaloilta liikenteestä ja terveydestä ympäristöön, elintarvikkeisiin ja elinkeinotoimintaan. Tiedot on saatavissa monessa eri muodossa, mukaan lukien XML- ja taulukko- tai tekstitiedostot. Huhtikuussa 2011 Yhdysvaltojen data.gov-sivustolla oli saatavissa 3 270 eri tietojoukkoa ja Ison-Britannian vastaavalla sivustolla tietojoukkoja oli tarjolla yli 5 400 kappaletta.

Ainakin 16 valtiota tarjoaa julkisia tietovarastojaan avoimeen käyttöön tarkoitusta varten perustetulla nettisivustolla. Suomessa tällainen sivusto on osoitteessa data.suomi.fi [5]. Sivustolta löytyy niin valtion kuin kuntienkin hallinnoimia tietoja.

Hyvänä tuoreena esimerkkinä julkisen tiedon avaamisesta loppukäyttäjille ja mahdollisille uusien palveluiden kehittäjille Suomessa ovat toimineet pääkaupunkiseudun kirjastot. Kirjastojen noin 680 000 aineistokappaleen kuvailutiedot on julkaistu [69] kone-luettavassa XML-muodossa halukkaiden hyödyntäjien vapaasti käytettäväksi.

3.2.3 Tiedon esittäminen ja käsitteleminen

Tiedon tehokas ja järjestelmällinen hyödyntäminen edellyttää, että tieto on esitetty yhteisesti sovitussa muodossa. Tämä luku esittelee lyhyesti muutamia palveluihin liittyvään tiedon esittämiseen ja käsittelemiseen liittyviä standardeja.

3.2.3.1 XML

XML-kuvauskieli (Extensible Markup Language) [32] on yksinkertainen ja joustava tekstimuotoinen tapa esittää dataa koneluettavassa muodossa. Se koostuu joukosta sääntöjä, jotka ohjaavat sitä, miten dataa sisältävät tiedostot tulee muodostaa, jotta ne ovat luettavissa eri rajapinnoissa.

3. Palveluiden toteuttaminen

XML-tiedostot muodostuvat *tageista*, joiden väliin sijoitetaan esitettävää dataa tekstimuodossa. Yksinkertaistettu esimerkki tavasta esittää tietoa XML-muodossa on esitetty ohessa (Kuva 12). Nykyään XML-pohjaisia kieliä on lukuisia, muiden muassa uutissyötteissä käytetty RSS sekä verkkopalveluissa hyödynnettävä SOAP.

```
<liikennetilanne>
    Ruuhkaa
</liikennetilanne>
<aika>
    14.32
</aika>
<päivämäärä>
    20/2/2010
</päivämäärä>
```

Kuva 12. Yksinkertaistettu esimerkki XML-tiedoston rakenteesta.

3.2.3.2 UDDI

UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) [170] on maailmanlaajuinen protokollastandardi, jonka avulla yritykset voivat dynaamisesti julkaista, etsiä ja käyttää verkkopalveluita (web services) palvelukeskeisessä arkkitehtuurissa. Tätä tarkoitusta varten UDDI-hakemiston tietomalli sisältää erilaisia tietotyyppejä.

Tällaisia tietotyyppejä ovat kuvaus palvelun liiketoiminnallisesta käyttötarkoituksesta, palvelun julkaisesta yrityksestä sekä palvelun teknisistä yksityiskohdista mukaan lukien viittaukset palvelun ohjelmointirajapintoihin. Näiden lisäksi tietomalli sisältää muuta palvelua kuvaavaa metatietoa sekä tietoja UDDI-hakemistossa olevien palveluiden suhteista.

UDDI-protokollan hyödyntämisen aktiivinen ajanjakso ajoittui 2000-luvun ensimmäiselle puoliskolle. Sen jälkeen protokollan kehittäminen on lopetettu, ja sen tukea ohjelmistoympäristöissä on vähitellen karsittu. UDDIa voi kuitenkin edelleen hyödyntää web services -toteutuksia suunniteltaessa.

3.2.3.3 WSDL

WSDL (Web Services Description Language) [177] on XML-muotoinen esitystapa, jolla kuvataan verkkopalveluita alku- ja loppupisteinä eli *portteina*. Portit ja niiden välillä kulkevat viestit kuvataan WSDL-kuvauksissa abstraktilla tasolla, jotta kuvauksia voidaan käyttää uudestaan eri portti- ja viestityyppien yhteydessä.

Verkkopalveluiden tarjoaminen internetissä toteutetaan usein WSDL-kielellä yhdessä SOAP-protokollan kanssa. Palveluun yhteyden muodostava asiakas voi lukea WSDL-tiedostosta palvelun tarjoamat toiminnot ja mahdollisesti tarvittavat erityiset datatyypit. Varsinaisen palvelun toimintojen kutsuminen suoritetaan sitten SOAP-protokollan mukaisella viestillä.

3.2.3.4 SOAP

SOAP [159] on XML-pohjainen tilaton, yksisuuntainen viestinvälitysprotokolla. Sen avulla voidaan vaihtaa rakenteellista ja tekstimuotoista tietoa hajautetussa verkkoympäristössä. Se tarjoaa viestien välittämisen perusmekanismit, ja sitä hyödynnetään usein verkkopalveluita toteutettaessa.

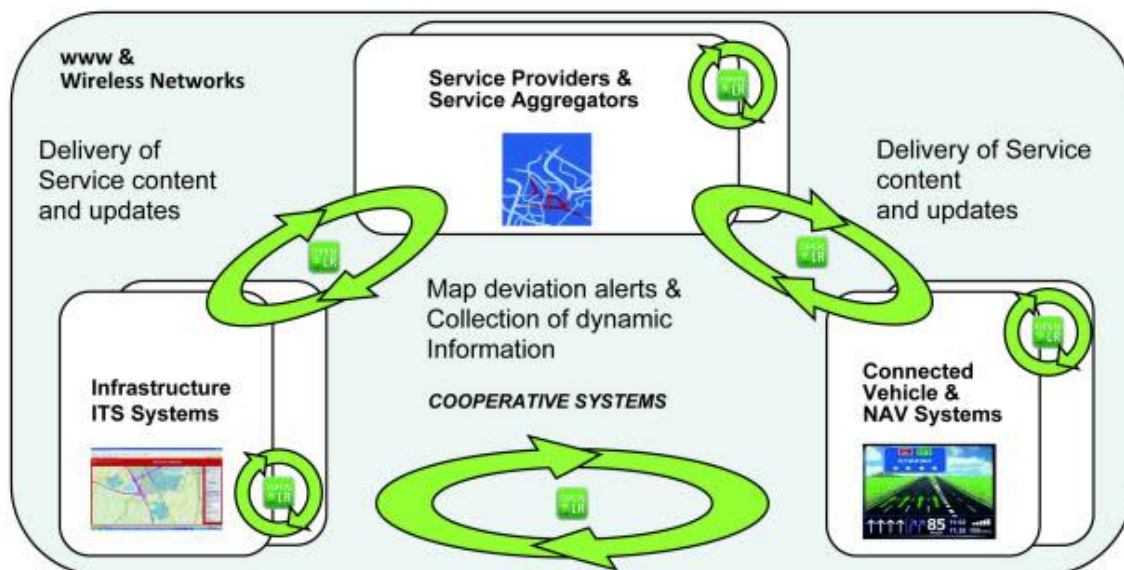
3.2.3.5 Datex II

Datex [20] on XML-pohjainen eurooppalainen standardi liikenteeseen liittyvän tiedon välitykseen liikenteen ohjauskeskusten, liikennekeskusten ja palveluntarjoajien välillä. Standardin toinen versio (Datex II) laajentaa käyttäjäjoukkoa edelleen kattamaan ajantasaisen liikenteen ja liikkumiseen liittyvän tiedon välittämiseen.

3.2.3.6 OpenLR

OpenLR [118] on avoin ja maksuton standardi kartasta riippumattoman paikkatiedon pakkaamiseen, siirtämiseen ja purkamiseen tarvittavista menetelmistä ja tietomuodoista. Sen on kehittänyt TomTom, ja sen edellytyksinä on paikkakoordinaattien esittäminen WGS 84 -muodossa. Standardia käytettäessä reittien pituudet on ilmoitettava metreinä ja kaikille reiteille on määriteltävä ”toiminnallinen tieluokka”.

3. Palveluiden toteuttaminen



Kuva 13. Järjestelmien yhteistoimintamalli standardoidun paikkatiedon esitystavan ollessa käytössä [118].

TomTom yrittää saada OpenLR:n käyttöön Datex-standardin mukaisessa liikenteen tiedotuksessa Euroopassa, jossa nykyisin laajasti käytettävää TMC-paikannusnimistöä ollaan korvaamassa laajemmalla menetelmällä. Kilpaileva järjestelmä AGORA-C vaatii OpenLR:stä poiketen lisensoinnin.

3.3 Uuden palvelumallin kehittäminen

Uuden palvelumallin kehittämisen kannalta tässä luvussa käsitellyt asiat liittyen erilaisiin arkkitehtuureihin, palveluiden kehittämiseen sekä tiedon saatavuuteen, esittämiseen ja käsittelemiseen nostavat esiin monia huomioitavia kohtia.

Yksi merkittävimmistä asioista koskee olemassa olevan datan ja sen saatavuuden tärkeyttä uusien palveluiden kehittämisessä. Mitä enemmän dataa on saatavissa, sitä monipuolisempia palveluita palveluntarjoajat voivat kehittää. Tämä kuitenkin vaatii tarkat tiedot käytettävissä olevasta datasta, sen rakenteesta, käyttöehdoista ja rajapinnoista; tarvitaan siis kattavia metatietoja.

Lisäksi uusia palveluita voidaan kehittää yhdistämällä olemassa olevia palveluita innovatiivisesti. Tämä helpottuu huomattavasti, jos noudatetaan palvelukeskeistä arkkitehtuuria. Nykyisten tietolähteiden ja palveluiden hyödyntäminen edellyttää tarkasti määritellyt, avoimet rajapinnat palveluiden ja tietovarastojen välillä.

Asiakkaiden saamiseksi palvelut on saatava käyttäjien tietoon. Tässä yhtenä ratkaisuna voisi olla web services -tyylinen palveluhakemisto, jonne palveluntarjoajat julkaisevat palvelunsa ja josta käyttäjät voivat etsiä niitä omien kriteeriensä mukaan. Vaihtoeht-

tona voisi olla perinteinen asiakas–tuottaja-malli, jossa palvelut etsitään ja tilataan erikseen jokaiselta palveluntarjoajalta. Mobiilimaailmassa keskitetyt sovelluskaupat tuntuvat kuitenkin olevan vallitseva trendi: käyttäjät haluavat valinnanvaraa ja mahdollisuuden vertailla kilpailevia tuotteita helposti.

Autoteollisuudesta tuttu palveluiden paketointi (bundling) on varteenotettava vaihtoehto palveluiden myymiseen käyttäjille. Uuden palvelumallin liiketoimintaedellytyksiä käsitellään tarkemmin raportissa Paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden liiketoimintamallit [175].

4. Palveluiden käyttäminen

Paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden käyttämiseen liittyy monia yleisestikin teknologian hyödyntämiseen yhdistettäviä kysymyksiä. Miten palvelun käyttäjä tunnistetaan, ja miten varmistetaan käyttäjien yksityisyyden säilyminen? Tämä luku käsittelee muutamia keskeisiä teknologiasidonnaisia palveluiden käyttämiseen liittyviä ongelmia.

4.1 Käyttäjän tunnistaminen

Käyttäjän tunnistaminen on erityisesti paikkasidonnaisten viranomaispalvelujen kannalta ehdoton vaatimus. Kaupallisten palveluiden osalta tunnistamista tarvitaan maksamista ja asiakkuudenhallintaa varten. Tunnistaminen mahdollistaa myös lisäarvopalveluiden sisällön muokkaamisen kunkin käyttäjän henkilökohtaisten mieltymysten mukaisesti.

Teknisesti tunnistamiseen on monia eri vaihtoehtoja. Yksi vaihtoehto on esimerkiksi Belgiassa käytössä oleva sirulla varustettu henkilökohtainen älykortti [21], joka on lainsäädännössä määrätty pakolliseksi jokaiselle kansalaiselle. Tällaisen kortin käyttäminen tunnistamiseen vaatisi ajoneuvoon tai päätelaitteeseen kortinlukijan, eikä se tämän vuoksi ole mobiililaitteilla käytettävien palveluiden tunnistamiseen soveltuva menetelmä.

Mobiililaitteille sopiva tunnistamismenetelmä on esimerkiksi laitteen SIM-korttiin liitettävä mobiilivarmenne. Mobiilivarmenne [99] toimii sähköisenä henkilöllisyystodistuksena kirjauduttaessa erilaisiin sähköisiin palveluihin, ja sitä voi käyttää myös sähköisenä allekirjoituksena. Suomessa mobiilivarmenne toimii jo lähes kaikissa matkapuhelimissa, kunhan käyttäjä hankkii varmenteellisen SIM-kortin operaattoriltaan ja luo itselleen yhden tunnusluvun varmenteen käyttöä varten.

Ihmiset tyypillisesti suhtautuvat henkilötietoihinsa suojelevasti ja haluavat usein liikkua netissä ilman, että heidän tekemisiään yhdistetään heihin itseensä. Tämän vuoksi kaupallisia lisäarvopalveluita tulisikin voida käyttää ja niistä maksaa myös anonymisti.

Yksi erityisesti tienkäyttömaksujen maksamiseen ehdotettu ratkaisu [119] perustuu älykortteihin, jotka eivät vaadi kosketuspintaa. Tällaisia älykortteja on jo käytössä esimerkiksi joukkoliikenteessä ja pysäköintipalveluissa. Älykortilla maksaminen on sekä

online- että offline-ympäristössä toimiva ratkaisu pieniin maksutoimenpiteisiin. Soveltaminen liikenteen palveluihin vaatii kuitenkin vielä paljon jatkokehitystä.

Mobiiliin maksamiseen liittyen suomalainen yritys BookIT on kehittänyt tunnistamisen menetelmän [56], jonka avulla matkapuhelimen käyttäjä voi käyttää puhelintaan maksuvälineenä riippumatta käytetystä puhelimesta tai operaattorista. Kyseistä menetelmää kutsutaan älytekstiviestiksi, ja siinä käyttäjä voi maksaa palveluista vastaamalla yhdellä merkillä hänelle lähetettyyn tekstiviestiin maksutilanteessa.

Ratkaisu perustuu täysin perinteisiin tekstiviesteihin, joten se ei edellytä lisäohjelmistojen eikä lisälaitteiden asentamista puhelimeen. SIM-korttiin liitettävästä mobiilivarmen teesta poiketen älytekstiviestijärjestelmässä käyttäjän tunnistus tehdään pilvipalveluna siten, että jokaisesta maksutapahtumasta luodaan oma sormenjälki, joka on uniikki ja jota ei voi väärentää.

Paikkasidonnaiset palvelut rakentuvat käyttäjän sijaintitiedon pohjalle. Kun palvelua varten kerätään tietoa käyttäjästä ja siitä missä hän on minäkin ajanhetkenä, pinnalle nousee heti kysymys käyttäjän yksityisyydestä ja sen suojasta. Kuinka kauan kerättyjä sijaintitietoja tulisi säilyttää? Jotkut palvelut voivat vaatia historiatietoja hyvinkin pitkältä ajalta toimiakseen parhaalla mahdollisella tavalla.

4.2 Yksityisyys

Tässä luvussa käsitellään yksityisyyteen liittyviä teknologiakysymyksiä, kuten tiedon suojaamista ja salaamista. Yksityisyyteen liittyviä kysymyksiä liiketoimintaedellytysten kannalta käsitellään tarkemmin raportissa Paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden liiketoimintamallit [175].

Lähtökohtana liikenteen paikkasidonnaisissa palveluissa tulee olla, että asiakkaalla on täysi valta päättää omien tietojensa käytöstä ja säilyttämisestä. Tämä päätäntävalta ei koske viranomaispalveluiden yhteydessä kerättäviä tietoja. Näitä omia tietoja ovat niin käyttäjän palveluun syöttämät henkilökohtaiset tiedot kuin sijaintitiedot käyttäjän liikkeistä ja liikkumisesta.

Yhä monipuolisempia ja henkilökohtaisempia palveluita mahdollistava teknologian kehittyminen aiheuttaa uusia uhkia ihmisten yksityisyydelle. Monet iPhone-sovellukset keräävät tutkimuksen [77] mukaan puhelimen käyttöjärjestelmästä sarjanumeron, joka mahdollistaa laitteen tunnistamisen ja yksilöimisen. Näin sovellusten kehittäjät voivat kerätä tietoa käyttäjän puhelimenkäyttötottumuksista tämän tietämättä.

Paikannuksen yleistymisen matkapuhelimissa on uusien mahdollisuuksien lisäksi tuonut mukanaan omat ongelmansa. Esimerkiksi netissä jaettu matkapuhelimen sijaintitieto yhdistettynä aikaan voi paljastaa, että käyttäjä onkin ollut eri paikassa kuin missä hänen olisi pitänyt olla [131]. Tästä voi aiheutua kiusallisia tilanteita. Liian auliisti jaettu sijaintitieto voi myös toimia houkuttimena varkaille, jotka etsivät asuntoja, joiden asukkaat eivät ole paikalla.

4. Palveluiden käyttäminen

Asiantuntijat ovat esittäneet huolensa siitä, että nykyään on liian vaikea tietää, minkälaisia tietoja käyttäjistä tallennetaan, miten kauan niitä säilytetään ja kenelle tietoja mahdollisesti jaetaan. Vastuullisuutta penätään erityisesti yrityksiltä, jotka käsittelevät pankki- ja luottokorttitietoja. [131]

Paikkasidonnaisten palveluiden tarpeisiin kerätään sijaintitietoa ja myös käyttäjät yksilöivää tietoa erityisesti viranomaispalveluiden tapauksessa. Nämä tiedot yhdistämällä on mahdollista seurata henkilön liikkumista ja mieltymyksiä tavalla, joka rikkoo yksityisyydensuojaa. Tämän vuoksi tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, kuka tietoihin pääsee käsiksi. Sijainti- ja asiakastietojen kohdalla on pohdittava pääsynhallintaa, ja oikeudet tietojen katselemiseen tulee määritellä tarkasti ja yksiselitteisesti.

4.3 Verkkovierailu eli roaming

Paikkasidonnaisista palveluista olisi hyötyä myös oman maan rajojen ulkopuolella. Ne vaativat kuitenkin usein datan siirtämistä matkapuhelinverkossa. Langattoman mobiilidatan kansainvälisen käytön yhtenä suurimmista esteistä on tähän asti ollut operaattorien perimät suuret roaming- eli verkkovierailumaksut, kun dataa on liittymän kautta siirretty muualla kuin operaattorin omassa verkossa [64].

Euroopan unionin sisällä tilanteeseen on kuitenkin tullut selvyttä, kun Euroopan neuvosto ja parlamentti hyväksyivät verkkovierailua koskevan asetuksen 544/2009 [27], joka rajaa yksittäisen liittymän käyttäjältä perittävän kuukausimaksun datayhteyden käytöstä vierasverkossa enintään 50 euroon. Käyttäjän on myös voitava valita maksun yläraja itse, ja hänelle on tarjottava mahdollisuus luopua rajan käytöstä kokonaan. Lisäksi asetus velvoittaa operaattoreita varoittamaan liittymän käyttäjiä, kun heidän datan käyttönsä on saavuttanut 80 prosenttia liittymälle asetetusta ylärajasta.

5. Roadmap 2010–2020

Tässä luvussa luodaan nykytilanteen, markkinatutkimusten ja tunnettujen tutkimus- ja kehitysprojektien pohjalta pitkän aikavälin näkymä paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden ja niihin liittyvän teknologian kehittymisestä seuraavien kymmenen vuoden aikana. Kehitysnäkymiä tarkastellaan niin teknologian edistymisen kuin toisaalta markkinarakenteiden muuttumisen kannalta. Näkymiä pyritään katsomaan kymmenen vuoden aikajänteellä vuoteen 2020 asti. On kuitenkin syytä huomata, että teknologiavetoisella alalla jo viiden vuoden kehityksen ennustaminen on haastavaa.

Internet on kasvattanut vaikutustaan ihmisten elämässä. Pankkipalvelut ovat siirtyneet verkkoon lähes kokonaan, ja myös monia viranomaispalveluita voi jo käyttää netin kautta. Maailmanlaajuisen internetin käyttöä selvittäneen tutkimuksen mukaan suomalaiset kokevat tärkeimmiksi nettipalveluiksi sähköpostin sekä yhteisöpalvelut [162].

Internetiä käytetään yhä enemmän myös mobiililaitteilla. Tutkimusyhtiö Gartner [46] näkee mobiilipalveluiden seuraavien vuosien isoina trendeinä uudet palveluinnovaatiot sekä kontekstittietoiset palvelut. Nopeat mobiiliyhteydet ja palveluiden paikka- ja kontekstittietoisuus nostetaan keskeisiksi asioiksi myös Tekesin GIGA-ohjelmassa laaditussa roadmapissa [141].

5.1 Paikannusmenetelmät

Satelliittipaikannuksen kehittyminen etenee hitaasti. GALILEOn aikataulujen on arvioitu lykkäytyvän virallisestikin [124] ainakin vuosiin 2014–2015, ja järjestelmä olisi kokonaan valmis vasta vuosina 2019–2020. Myös GPS:n päivityshanke on myöhässä. GLONASS on kuitenkin tuomassa uusia mahdollisuuksia, ja se on lisännyt erityisesti käytössä olevien satelliittien saatavuutta ratkaisuisissa, jotka hyödyntävät sekä GPS:ää että GLONASSia.

GPS:n modernisointi ja GALILEO tuovat tarkempaa ja paremmin saatavilla olevaa satelliittipaikannusta alkaen vuosina 2016–2018. Siinä vaiheessa päätelaitteissa olevat vastaanottimet pystyvät jo yhdistämään eri satelliittipaikannusjärjestelmien signaaleja. Tässä ajassa ICT-ala ehtii kehittämään myös uusia ratkaisuja paikannustarpeisiin. Sisäti-

5. Roadmap 2010–2020

lapaikannus ja ajoneuvojen paikannus tunneleissa tai parkkitaloissa vaatii joka tapauksessa satelliittipaikannuksen lisäksi useamman eri paikannusmenetelmän yhdistelmää.

Frost & Sullivanin katsauksessa Pohjois-Amerikan LBS-markkinoihin [41] ennustetaan lähitulevaisuudessa GPS:n pysyvän keskeisenä paikannusteknologiana, mutta matkapuhelinverkon solupaikannusta (Cell-ID) tullaan hyödyntämään laajemmalle peruspuhelinien käyttäjäkunnalle sovelluksissa, jotka eivät tarvitse tarkkaa paikannusta. Langatonta lähiverkkopaikannusta hyödynnetään yhä enemmän.

Paikannusmenetelmistä erityisesti A-GPS:n ja muiden hybridimenetelmien nähdään tulevaisuudessa olevan keskeisessä asemassa, kun GPS:llä varustettujen matkapuhelinien määrän arvioidaan kasvavan yli 400 miljoonaan vuoteen 2014 mennessä [7]. GPS-paikannusmahdollisuus on nykyään kaikissa uusissa älypuhelimissa, joten puhelinien nopean uusiutumisen vuoksi jo muutaman vuoden kuluttua lähes kaikissa käytössä olevissa älypuhelimissa tulee olemaan GPS-ominaisuus.

5.2 Päätelaitteet

Päätelaitteiden suhteen merkittävin trendi on kiihtyvä konvergoituminen autojen tietojen ja viihdejärjestelmien, henkilökohtaisten navigointilaitteiden, älypuhelinien ja pienten tietokoneiden kesken. Älypuhelinien ja taulutietokoneiden integrointi auton tietojen ja viihdejärjestelmiin lisääntyy ja älypuhelimet valtaavat jalansijaa henkilökohtaisilta navigointilaitteilta. Navigointilaitteet puolestaan ovat osaltaan laajentamassa toimintojaan älypuhelinien reviirille, ja taulutietokoneet yrittävät taiteilla muiden laitteiden välillä itselleen sopivinta käyttötarkoitusta ja käyttäjäryhmää etsien.

Eräät tutkimuslaitokset arvioivat perinteisten pöytäkoneiden ja kannettavien tietokoneiden aikakauden olevan jo takanapäin [65]. Tutkimusyritys IDC:n mukaan vuonna 2011 jo yli puolella internetin käyttäjistä on päätelaitteenaan joko älypuhelin tai taulutietokone. Myös päätelaitteiden välinen kommunikointi ja sisältöjen jakaminen nähdään kasvaviksi trendeiksi [141].

5.2.1 Autojen tietojen ja viihdejärjestelmät

GENIVI-yhteenliittymän tekemän haastattelututkimuksen [47] mukaan AutoLinQ:lla nähtiin hyvät mahdollisuudet kasvuun, mutta lähinnä reitinopastuksen ja vastaavien sovellusten alustana. Tutkimuksen mukaan MS Auto on nykyisin laajasti käytössä autojen tietojen ja viihdealustana. Sen osuuden arvioidaan kuitenkin olevan hiipumassa, kun avoimet alustat alkavat saada jalansijaa vuodesta 2015 alkaen.

Vuosien 2015–2017 aikana avoin Linux-pohjainen ohjelmistoympäristö (jollainen myös tutkimuksen teettäneen GENIVIn ympäristö on) tulisi GENIVIn mukaan kiilata ohi Microsoftin ratkaisusta. Samassa tutkimuksessa suurin osa vastaajista arvioi Terminal Moden hyvin potentiaalisesti tulevaisuuden älypuhelimien liityntäratkaisuksi.

Kaikki vastaajat pitivät autonvalmistajien sertifiointia autoissa käytettävissä sovelluskaupoissa tarpeellisena.

Ruotsalainen Saab suunnittelee tuovansa autoihinsa Googlen Android-käyttöjärjestelmään perustuvan tieto- ja viihdejärjestelmän [55]. Erikoisuutena tässä toteutuksessa on kehittäjille tarjottavan ajoneuvotiedon suuri määrä: tietoa on tarkoitus toimittaa yli 500:lta ajoneuvon anturilta ilman tarvetta erilliselle jälkiasennettavalle lisälaitteelle.

Internet on tulossa autoihin Euroopassa lähinnä mobiiliverkkojen (3G) kautta. WLAN-tukiasemia on jo tarjolla edustusautoluokassa. Ensimmäiset sovellukset autoissa keskittyvät tieto- ja viihdepalveluihin (infotainment) ja internetistä ladattavaan sisältöön, esimerkiksi palvelimelta suoritettavaan navigaatioon (off-board navigation) ja ajantasaiseen liikennetietoon, internet-radioon sekä mediavirtajakeluun (streaming). Näitä sovelluksia nähdään autoissa vuoteen 2014 mennessä.

Viime vuosina nopeasti kasvanut sovellusten lataaminen älypuhelimiin ajaa myös autoteollisuutta tähän suuntaan. Autoteollisuuden visio tulevaisuudesta kuvaa auton yhtenä keskeisenä sovellusalustana netistä ladattavien sovellusten ja pilvipalvelujen käyttämiseen. Myös sähköautojen tulo markkinoille lisää autonvalmistajien omien (tai yhdessä partnereiden kanssa kehitettävien) telemaattisten palvelujen kehittämistä. Autojen etämonitorointi ja toimintojen etäohjaus (esim. latauksen tila, ilmastointi, jne.) ja muiden palvelujen (esim. latauspisteiden haku) integrointi autoon ja mobiililaitteeseen tulee välttämättömäksi.

5.2.2 Henkilökohtaiset navigointilaitteet

Tutkimusyhtiö Berg Insight [110] ennusti vuoden 2010 lopussa, että myytyjen kannettavien henkilökohtaisten navigointilaitteiden lukumäärä saavuttaa huippunsa vuonna 2011, jolloin niitä myytäisiin 42 miljoonaa. Vuoden 2010 myyntiluvuksi tutkimusyhtiö arvioi noin 40 miljoonaa laitetta. Ennusteen mukaan kannettavia navigointilaitteita myytäisiin vuonna 2015 kuitenkin enää 30 miljoonaa kappaletta, joka on 25 prosenttia tämänhetkistä vähemmän.

Analyttikoiden mukaan syy kannettavien navigointilaitteiden myynnin odotetulle laskulle on älypuhelinien suosion nousu. Kun tähän lisätään Nokian ja Googlen päätökset alkaa tarjota navigointipalvelujaan ilmaiseksi älypuhelinien käyttäjille, autonavigointimarkkinoiden voidaan todeta olevan suurten muutosten edessä. Navigointilaitteiden valmistajat pyrkivät vastaamaan haasteeseen tarjoamalla entistä parempia reaaliaikaisia liikennetietoja ja integroimalla laitteitaan autonvalmistajien ajoneuvoihin.

5.2.3 Älypuhelimet

Arviot älypuhelinien osuudesta maailmanlaajuisista matkapuhelinmarkkinoista vuonna 2010 vaihtelivat 15 ja 25 prosentin välillä. Vuoteen 2014 mennessä tämän osuuden arvioidaan nousevan noin 40 prosenttiin. Pohjois-Amerikassa ja Läntisessä Euroopassa älypuhelinien osuus kaikista matkapuhelimista voi nousta jopa 80 prosenttiin. Tätä oletusta tukee brittiläisen teleoperaattori Vodafonen [88] arvio, jonka mukaan vuonna 2012 noin puolet sen asiakkaista käyttää jo älypuhelinia tavallisen matkapuhelimen sijaan.

Gartner [87] arvioi, että vuonna 2013 noin 60 prosentissa matkapuhelimia on kosketusnäyttö. Älypuhelinien käyttöjärjestelmien osalta Gartnerin arvio on, että vuonna 2014 Symbian ja Android ovat tasoissa noin 27 prosentin osuuksillaan ja Applen iOS käyttöjärjestelmän osuus on noin 16 prosenttia eli nykyistä hieman pienempi. Lisäksi NFC-teknologian arvioidaan tulevan saataville useampiin laitteisiin ja näin mahdollistavan erilaiset RFID-sovellukset. Yksi todennäköisimmistä sovelluksista on matkapuhelimen käyttäminen maksuvälineenä.

Matkapuhelinien käyttö muuhun kuin puhumiseen ja tekstiviestien lähettämiseen lisääntyy myös Yhdysvalloissa merkittävää vauhtia. Pew-tutkimuslaitoksen tutkimuksessa [157] matkapuhelimen omistajista 38 prosenttia on käyttänyt puhelintaan joskus netin selaamiseen, kun vuotta aiemmin vastaava osuus oli 25 prosenttia. Netinkäyttö kännykällä painottuu vahvasti nuorempaan väestöön: 65 prosenttia 18–29-vuotiaista on käyttänyt puhelimellaan nettiä.

Taulukko 1. Kännykänkäyttö eri EU-maissa eri tarkoituksiin prosentteina vuonna 2008 [31].

	Käyttää kännykkää	Käyttää maksullisia tietopalveluja	Käyttää nettiä	Lukee sähköposteja	Katsoo TV:tä tai videoita	Käyttää maksuvälineenä	Käyttää navigointiin, muut LBS
Suomi	97	4	16	12	2	5	10
Ruotsi	95	1	16	10	2	7	8
Iso-Britannia	93	2	11	6	1	2	3
Italia	90	2	4	5	1	1	2
EU (27)	87	3	6	5	1	1	2
Saksa	86	3	4	2	N/A	1	2
Ranska	83	5	6	6	2	1	3

Taulukko 1 kuvaa Eurostatin [31] tilastoja EU-asukkaiden kännykänkäytöstä vuonna 2008. Suomalaiset ovat EU:n aktiivisimpia matkapuhelimen käyttäjiä: lähes koko väestö käyttää niitä. Koko EU:n alueella kännykänkäyttäjien osuus jää alle 90 prosenttiin. Sekä Suomessa että Ruotsissa kännykkää käytetään paljon myös internetin selaamiseen: molemmissa maissa 16 prosenttia ihmisistä ilmoittaa käyttävänsä puhelimella nettiä. Myös navigointi ja muut paikkasidonnaiset palvelut ovat suosituimpia Suomessa ja Ruotsissa: Suomessa puhelimellaan navigointia ja muita LBS-palveluita käyttää kymmenesosa

väestöstä ja Ruotsissakin lähes saman verran. Koko EU:ssa nettiä puhelimella käyttää kuusi prosenttia ja navigointia ja muita paikkasidonnaisia palveluita kaksi prosenttia ihmisistä.

Vuoden 2010 tammi–syyskuussa tehdyn tutkimuksen [70] perusteella suomalaiset yritykset eivät osaa vielä hyödyntää älypuhelimia tehokkaasti. Tutkimuksen mukaan 60 prosenttia yrityksiin hankittavista puhelimista on älypuhelimia ja 41 prosentilla työntekijöistä on mahdollisuus käyttää sähköpostia puhelimeltaan.

Syksyllä 2010 Android-käyttöjärjestelmää käyttävien älypuhelimien määrän ennustettiin kasvavan Symbian-puhelinten määrää suuremmaksi jo vuoden 2011 aikana, jos Androidin suosio jatkaisi kasvuaan senhetkisen tilanteen mukaisesti [68]. Symbian-puhelinten osuuden arvioitiin jopa puolittuvan vuoden 2010 luvuista [171]. Tässä yhtenä tekijänä oli varmasti Nokian ilmoitus helmikuussa 2011 siirtyä jatkossa käyttämään älypuhelimissaan käyttöjärjestelmänä Microsoftin Windows Phonea.

Yhdysvaltojen markkinoilla [9] Android nousi jo helmikuussa 2011 älypuhelinten suosituimmaksi käyttöjärjestelmäksi 33 prosentin markkinaosuudellaan ohi RIM:n ja Applen käyttöjärjestelmien. Maailmanlaajuisestikin Android-älypuhelimet nousivat vuoden 2011 tammi–maaliskuussa myydyimmiksi älypuhelimiksi 36 prosentin markkinaosuudellaan. Symbian-puhelimia oli samana ajanjaksona myydyistä enää reilu neljännes. [96]

Älypuhelinten ja muidenkin päätelaitteiden osalta puhutaan yhä enemmän ekosysteemeistä ja niiden merkityksestä laitteiden suosiolle. Ekosysteemillä tarkoitetaan tässä yhteydessä kaikkea päätelaitteiden käyttämiseen liittyvää käyttöjärjestelmistä sovelluksiin ja laitteiden käyttäjistä sovelluskehittäjiin. Toimiva ekosysteemi houkuttelee paljon sovellusten ja palveluiden kehittäjiä, mikä puolestaan lisää ekosysteemin kiinnostavuutta käyttäjien silmissä.

5.2.4 Taulutietokoneet

Vuonna 2010 taulutietokoneita myytiin vajaat 20 miljoonaa kappaletta – näistä noin 15 miljoonaa oli Applen iPad-laitteita. Myynnille ennustetaan vuodeksi 2011 huimaa kasvua, sillä arviot myydyistä laitteista vaihtelevat 55 ja 70 miljoonan kappaleen välillä [74]. Vuoteen 2014 asti Gartner arvioi myynnin kasvavan joka vuosi noin 50 miljoonalla taulutietokoneella. Tutkimusyhtiö IDC [65] on arvioissaan hieman varovaisempi, mutta senkin mukaan taulutietokoneiden myynti kasvaa vuonna 2011 noin 42 miljoonaa kappaleeseen.

Taulutietokoneiden käyttöjärjestelmissä Androidin arvellaan nousevan merkittäväksi iPadin iOS:n haastajaksi, kunhan muiden valmistajien taulutietokoneita alkaa tulla markkinoille. Rohkeimmissa arvioissa on esitetty, että vuonna 2011 markkinoille saataisi tulla jopa toista sataa uutta taulutietokonetta, joista valtaosa perustuisi Googlen Android-käyttöjärjestelmään.

5. Roadmap 2010–2020

Vuonna 2015 taulutietokonemarkkinat nähdään käyttöjärjestelmien osalta kahden kaupaksi [44]. Applen markkinaosuudeksi arvioidaan 47 prosenttia, kun taas Android-käyttöjärjestelmää käyttäviä laitteita olisi markkinoilla myydyistä 40 prosenttia. Tätä asetelmaa voi kuitenkin vielä sekoittaa Microsoft, jonka seuraavan Windows-version on huhuttu olevan suunniteltu erityisesti taulutietokoneita varten.

5.3 Tiedonsiirto

Taulukko 2 esittää langattomien laajakaistaliittymien määrät Saksassa, Ranskassa, Suomessa ja Ruotsissa vuosina 2005–2008 Eurostatin tilastojen mukaan. Kaikilta neljältä vuodelta tietoja on vain Saksasta, ja niistä nähdään, että langattomien laajakaistaliittymien määrä on siellä noussut yli 450 prosenttia vuodesta 2005. Sekä Saksassa että Ranskassa oli vuoden 2008 lopussa reilu miljoona langatonta laajakaistaliittymää, kun Suomessa niitä oli tuolloin 487 000. Suomessakin kasvua oli vuodesta 2007 vuoteen 2008 yli 240 prosenttia.

Taulukko 2. Langattomat laajakaistaliittymät tuhansina eri EU-maissa vuosina 2005–2008 [31].

	2008	2007	2006	2005
Saksa	13600	9200	4900	2400
Ranska	11439	5885	2700	N/A
Suomi	487	142	N/A	N/A
Ruotsi	N/A	2258	1214	N/A

Väestölukuun suhteutettuna Suomessa oli vuoden 2008 lopussa siis yksi langaton laajakaistaliittymä noin 11:tä asukasta kohden. Ruotsissa tämä vastaava suhde oli vuonna 2007 yksi liittymä neljää asukasta, Saksassa yksi kuutta asukasta ja Ranskassa yksi liittymä 5,6 asukasta kohden.

Viestintäviraston tiedoista [174] löytyvät Suomen langattomien laajakaistaliittymien määrät myös vuosille 2009 ja 2010. Vuonna 2009 liittymiä oli reilut 870 000, kun taas vuonna 2010 niitä oli jo yli 1,6 miljoonaa. Vuodesta 2008 eteenpäin langattomien laajakaistaliittymien määrä Suomessa on siis noin kaksinkertaistunut vuosittain.

Mobiilien laajakaistayhteyksien käyttö on yleistymässä muuallakin maailmassa. Nokia Siemens Networksin teettämän tutkimuksen [163] mukaan noin puolet ihmisistä käyttää jo langattomia laajakaistayhteyksiä. Noin neljäsosa näistä käyttää yhteyksiä älypuhelimilla tai muilla vastaavilla pienillä älypöydillä. Liki 60 prosenttia tutkimukseen vastanneista on kiinnostuneita nopeista liikkuvista laajakaistayhteyksistä, ja vajaa kolmannes olisi valmis maksamaan tästä nopeudesta ylimääräistä.

Älypuhelinien suosion kasvamisen myötä myös langattoman tiedonsiirron määrä kasvaa merkittävästi. TeliaSonera [79] arvioi mobiililaitteiden datakäytön asettuvan noin

300–400 megatavuun kuukaudessa. Kesäkuussa 2011 TeliaSoneran tiedonsiirron hinnoittelumalli poikkesi Elisasta ja DNA:sta siten, että käyttäjälle annettiin sovittuun datamäärään asti verkon täysi nopeus käyttöön. Elisalla ja DNA:lla hinnoittelut perustuvat puolestaan liittymän maksiminopeuteen.

Yhdysvalloissa tiettyyn siirrettyyn datamäärään pohjautuvat hinnoittelumallit ovat tällä hetkellä suosittuja operaattorien keskuudessa. Ainakin Verizon [14] harkitsee kuitenkin neljännen sukupolven LTE-verkoille maksiminopeuteen perustuvaa hinnoittelumallia.

Tutkimusyhtiö Ovum on esittänyt arvioita eri matkapuhelinverkkoteknologioiden kehittämisestä eri maissa vuoteen 2014 mennessä. Suomessa [120] mobiililiittymistä 58 prosentin arvioidaan käyttävän nykyistä nopeampia 3G-yhteyksiä (HSPA) ja noin 10 prosentin 4G-yhteyksiä (LTE + WiMAX). Yhteensä siis noin 68 prosenttia liittymistä mahdollistaa vaativampienkin palvelujen käyttämisen langattoman laajakaistan ylitse. 2G-yhteyksien osuuden arvioidaan 2014 olevan vain hieman reilut kuusi prosenttia.

Isossa-Britanniassa [121] puolestaan jopa 71 prosenttia liittymistä on vuonna 2014 arvion mukaan nykyistä nopeampia 3G-yhteyksiä ja vain noin 6 prosenttia 4G-yhteyksiä. Yhteensä 77 prosenttia liittymistä mahdollistaa siis nopeat datayhteydet. Hitaampia 2G-yhteyksiä on vuonna 2014 vain reilu kolme prosenttia kaikista mobiiliyhteyksistä.

Yhdysvalloissa [122] nykyistä nopeampia 3G-yhteyksiä tai 4G-yhteyksiä arvioidaan olevan yhteensä noin 75 prosenttia kaikista mobiililiittymistä. Yhdysvaltojen markkinoilla tilanne 4G-teknologioiden suhteen on hieman Euroopasta poikkeava, sillä siellä LTE:llä on vielä kilpailijoita (mm. WiMAX). LTE-teknologiaa hyödyntävien liittymien osuuden arvioidaan vuonna 2014 olevan 10 prosentin molemmin puolin. 2G-yhteyksiin nojaa tuolloin vielä 12 prosenttia liittymistä, mikä on selvästi Suomea ja Isoa-Britanniaa enemmän.

Alan toimijat ja asiantuntijat arvioivat LTE-teknologian olevan WiMAXia vahvemmillä, kun ajatellaan parasta vaihtoehtoa neljännen sukupolven langattomaksi teknologiaksi. Monet mobiilioperaattorit [148] arvioivat LTE-verkkomarkkinoiden lähtevän nopeaan nousuun vuonna 2011. LTE-teknologian osuuden on arvioitu kasvavan 70–80 prosenttiin maailman neljännen sukupolven matkapuhelinverkoista.

Päätelaitteiden osalta 4G-teknologiaa tukevien puhelinten yleistymisen arvioidaan hitaanpuoleiseksi. Gartner [86] arvioi LTE-verkkoja tukevien matkapuhelinten osuuden jäävän alle viiteen prosenttiin koko markkinoista vuoteen 2014 asti. Puhelinvalmistajista ainakin HTC ja Samsung ovat jo aloittaneet 4G-tekniikkaa käyttävien puhelinten myymisen, ja muiden valmistajien odotetaan seuraavan niiden jalanjalkia [127].

4G-teknologia on tulossa vauhdilla Suomeenkin. TeliaSonera [85] aloitti LTE-verkkonsa kaupalliset palvelut Helsingissä ja Turussa vuoden 2010 lopussa. Vuoden 2011 suunnitelmissa on peittävyuden laajentaminen Kehä I:sen sisäpuolisen alueen kat-

5. Roadmap 2010–2020

tavaksi. TeliaSonera arvioi Suomessa olevan laajemmin kattavaa verkkopeittoa vuonna 2015.

Matkapuhelinoperaattori Elisakin [84] aikoo rakentaa ja avata ensimmäisen 4G-verkkonsa käyttäjille vuoden 2011 aikana. Samanlaiset aiheet ovat myös kolmannella suurella operaattorilla DNA:lla [83]. Molemmat parantavat laajennuksen yhteydessä matkapuhelinverkon 3G-kattavuutta ja modernisoivat vanhaa GSM-verkkoa.

Kymenlaaksossa Finnetiin kuuluvien puhelinyhtiöiden omistama Datame [34] aikoi tarjota valtakunnallista 4G-laajakaistaa jo vuoden 2010 aikana. Datamen suunnittelema ratkaisu tulisi pohjautumaan WiMAX-tekniikkaan, jonka taajuuksiin operaattori on saanut ainoana käyttöoikeudet. Keväällä 2011 Datame osti lisäksi @450-verkon, ja yritys suunnittelee aloittavansa myös @450-laajakaistaliittymien myyntiä.

Tulevaisuudessa on myös mahdollista, että mobiililaitteet hyödyntävät saumattomasti 3G- ja 4G-verkkoja sekä WLAN-verkkoja niin, että datayhteys ei katkea siirryttäessä matkapuhelinverkosta langattomaan lähiverkkoon tai päinvastoin [76].

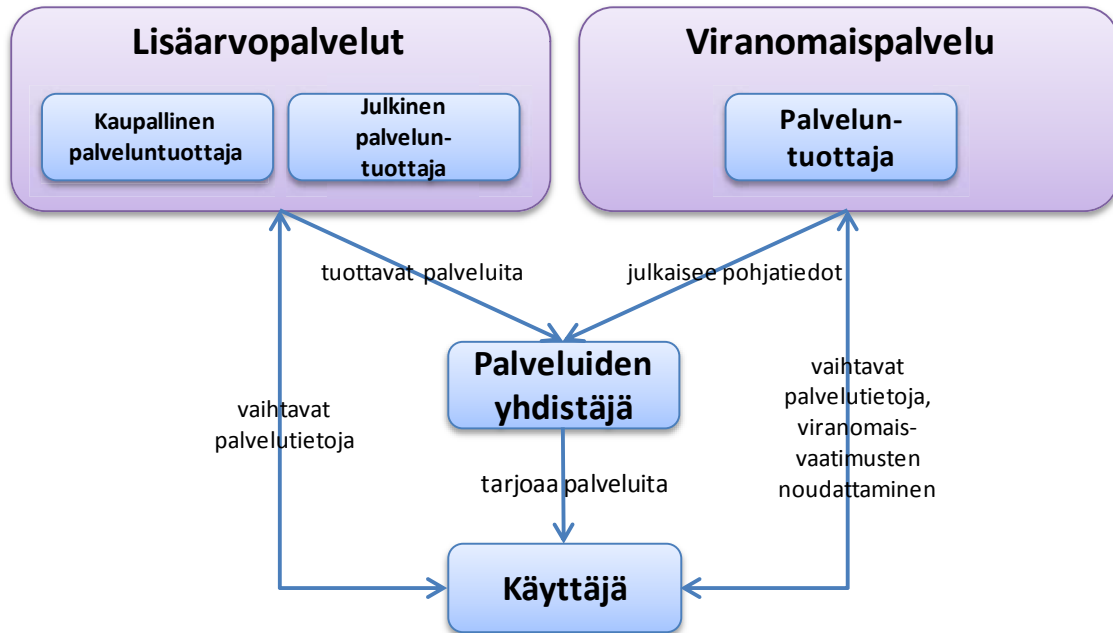
5.4 Paikkasidonnaiset palvelut

Paikkasidonnaisten palvelujen käyttäjämäärien arvioidaan nousevan vuoden 2009 vakaasta sadasta miljoonasta lähes miljardiin vuoteen 2015 mennessä. Operaattorit eri puolilla maailmaa ovat avaamassa verkkojaan ja niiden tarjoamia paikkatietoja palveluiden ja sovellusten kehittäjille. Ainakin Orange ja Vodafone ovat ilmoittaneet siirtyvänsä tällaiseen avoimempaan toimintamalliin. Matkapuhelinalan toimijoiden sovelluskaupat ovat osaltaan lisänneet kiinnostusta mielenkiintoisten paikkasidonnaisten palvelujen kehittämiseen.

Myös matkapuhelinvalmistaja Nokia haluaa paikannuksesta palveluiden perustan [129]. Kartat ja sijainti muodostavat Nokian visiossa ankkurin, jolle uusia palveluita on hyvä rakentaa. Nokia näkee myös mobiilimainonnan tulevaisuuden ansaintakohteeksi.

Berg Insight -tutkimusyhtiön [8] mukaan noin joka kolmannes matkapuhelimen käyttäjästä käyttää jotain paikkasidonnaisia palveluja vuonna 2015. Sosiaalisen verkostoitumisen sovellukset kasvanevat vahvimmin. Yleinen tietoisuus langattomasta netistä, sen sovelluksista ja sovelluskaupoista mahdollistaa palvelujen ja sovellusten laajemman yleistymisen tulevina vuosina. Tätä kehitystä tukevat myös operaattorien kiinteähintaiset hinnoittelumallit langattomien datayhteyksien suhteen.

Hinnoittelumalleissa on kuitenkin eroavaisuuksia operaattorista riippuen. Esimerkiksi Suomessa kesäkuussa 2011 TeliaSonera tarjoaa langattoman laajakaistan käyttäjälle verkon koko nopeuden käyttöön tiettyyn sovittuun datamäärään asti. Tätä sovittua kattoa siirretylle datamäärälle voi tarvittaessa kasvattaa lisämaksuilla. Elisa ja DNA puolestaan hinnoittelevat langattomat laajakaistansa käyttäjälle tarjottavan nopeuden mukaan.



Kuva 14. GSC-hankkeen mukaan hahmoteltu malli toimijoista ja niiden suhteista.

ERTICON GSC-projekti (GNSS-enabled Services Convergence) [51] pyrkii osoittamaan ja havainnollistamaan satelliittipaikannusjärjestelmien potentiaalinen markkinoiden vetävänä voimana. Satelliittipaikannusjärjestelmistä erityishuomio kiinnitetään eurooppalaisiin EGNOS- ja GALILEO-järjestelmiin.

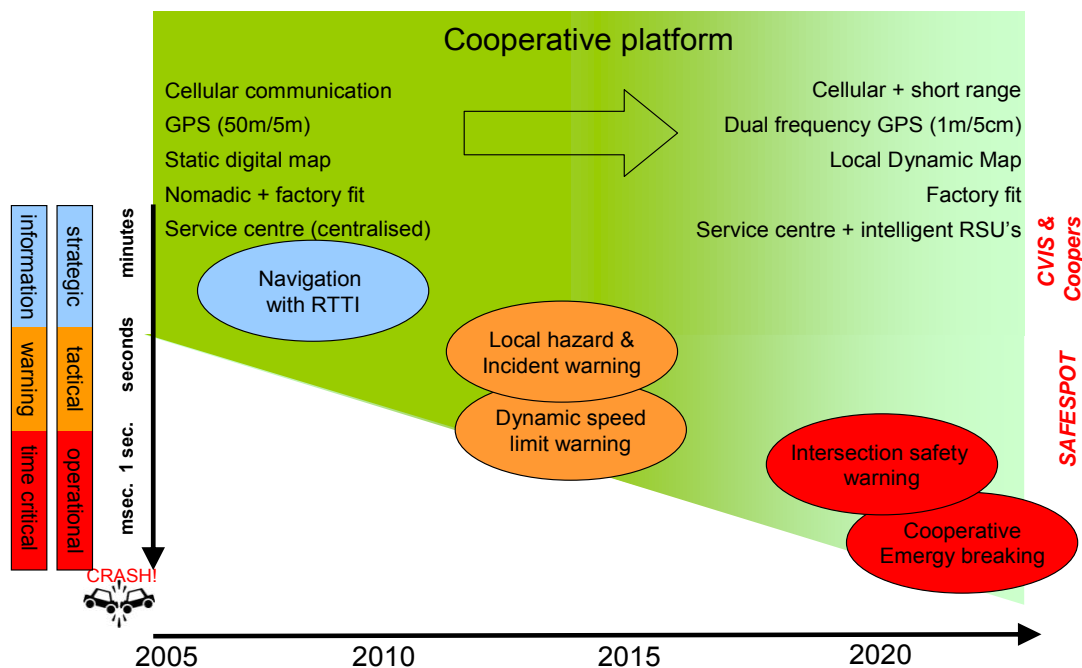
Projekti alkoi maaliskuussa 2009 ja se päättyy kesäkuussa 2011. Hanke keskittyy monipalvelualustan teknisen määrittämisen ja arvioinnin sijaan palveluiden käyttöönoton toteuttamiskelpoisuuden arvioimiseen markkinoiden näkökulmasta. EGNOS- ja GALILEO-lähettimien saaminen massamarkkinatuotteeksi edellyttää, että niistä tulee vakiokomponentteja halvoissa loppukäyttäjille suunnitelluissa laitteissa. Loppukäyttäjän tulisi voida valita älyliikenne- ja lisäarvopalveluista haluamansa siten, että niiden käyttämiseen riittää yksi laite ja yksi sopimus. Yritysten pitäisi pystyä tarjoamaan palveluita rinnakkain ilman pelkoa häiriöistä tai tulonmenetyksistä.

Projektissa käytettävä malli toimijoista ja niiden suhteista on kehittynyt aiemmissa tiemaksu- (RCI ja CESARE) ja telematiikkaprojekteissa (CVIS ja GST) käytettyjen mallien pohjalta. Sen keskeisessä osassa on palveluiden yhdistäjä, joka tarjoaa sekä viranomais- että lisäarvopalveluntuottajien palveluita käyttäjälle. Mallissa maksujavoivat periä joko palveluntuottaja tai palveluiden yhdistäjä. GSC:n mallista yleistetyssä versiossa (Kuva 14) viranomaispalveluna voi olla tiemaksujen lisäksi jokin muukin palvelu (esimerkiksi eCall tai digitaalinen ajopiirturi).

5.4.1 Kuljettajan tukijärjestelmät ja liikenneturvallisuuteen liittyvät palvelut

Ajoneuvojen ja tieinfrastruktuurin väliseen tiedonvaihtoon ja viestintään perustuvien vuorovaikutteisten järjestelmien (co-operative systems) kehittäminen edistyy, mutta paljon asioita on vielä kesken. Vuorovaikutteiset järjestelmät vaativat tietyn sovelluksesta riippuvan penetraatioasteen, jotta järjestelmästä tai sovelluksesta olisi hyötyä.

ii



Kuva 15. Vuorovaikutteisten järjestelmien roadmap SAFESPOT-hankkeesta [33].

Yhdysvalloissa IntelliDrive on ottanut DSRC-kommunikaation rinnalle myös mobiili-verkot sekä mobiili- ja jälkiasenteiset laitteet, jotta riittävä laitteiden penetraatioaste saavutettaisiin nopeammin. Samansuuntaisia ajatuksia on myös Euroopassa. SAFESPOT-hankkeen tuloksissa (Kuva 15) ensimmäisten vuorovaikutteisten sovellusten ennustetaan perustuvan 3G-verkkojen kautta toteutettuihin varoittaviin sovelluksiin, ja vasta 2020 markkinoille alkaa tulla aikakriittisiä turvallisuussovelluksia, jotka käyttävät 5,9 GHz:n DSRC-teknologiaa.

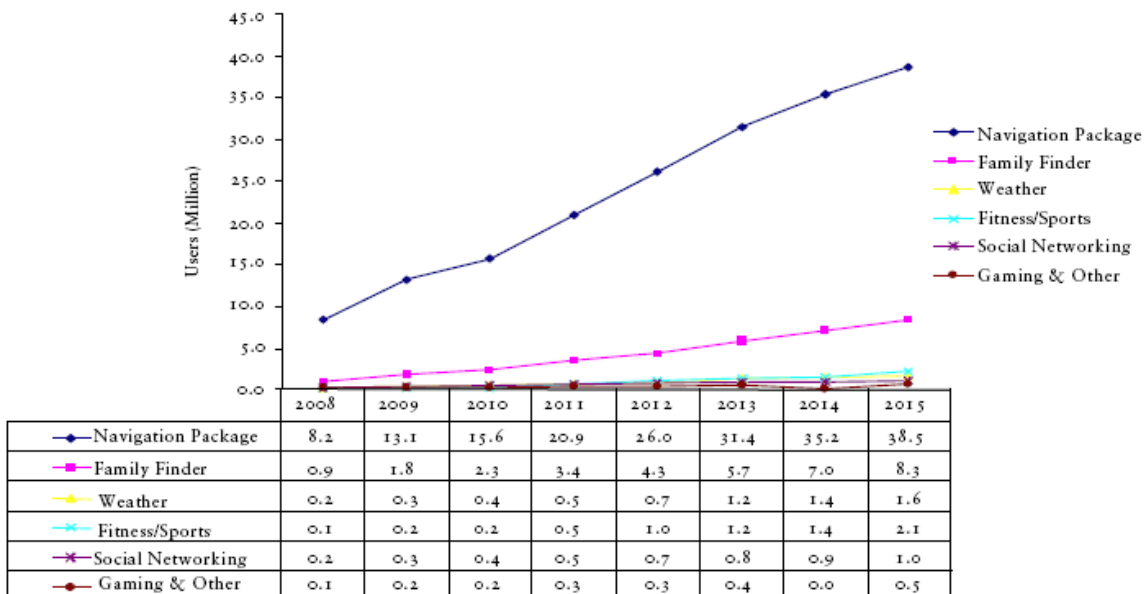
5.4.2 Navigointi ja reitinopastus

Navigoinnin ja reitinopastuksen sekä niihin yhdistettävien lisäpalveluiden arvioidaan kasvattavan suosiotaan entisestään vuoteen 2013 mennessä. Navigointipaketin käyttäjämäärien ennustetaan nousevan Yhdysvalloissa jopa 40 miljoonaan nykyisestä reilusta 10 miljoonasta (Kuva 16).

Navigointisovelluksissa Nokian ja Googlen siirtyminen ilmaisiin kartta- ja reitinopastuspalveluihin asettaa uusia paineita tuottavien liiketoimintamallien löytämiselle. Ratkaisuja tähän on haettu erilaisista palvelupaketeista sekä mainoksista [8]. Sopivan liiketoimintamallin löytäminen kuitenkin kestää vielä jonkin aikaa.

Nokian navigointisovelluksille vuoden 2010 toinen neljännes eli ajanjakso huhtikuusta kesäkuun loppuun oli menestyksenkäs [90]. Nokian navigaatio-sovellukset saivat noin 17 miljoonaa uutta käyttäjää. Käyttäjämäärän kasvu oli perinteisiin navigointilaitteisiin verrattuna huomattavaa; navigointilaitteita myytiin vastaavana ajanjaksona hieman vajaan 8 miljoonaa kappaletta.

Consumer LBS Market: Carrier Channel User Forecasts by Application Category (U.S.), 2008-2015



Note: All figures are rounded; the base year is 2009. Source: Frost & Sullivan

Kuva 16. Arvio erilaisten paikkasidonnaisten palveluiden käyttäjämääristä Yhdysvalloissa [41].

5. Roadmap 2010–2020

Pahinta kilpailijaansa Googlea Nokia on kampittanut tehokkuudella ja laajuudella. Kesäkuussa 2011 Googlella oli kartat noin pariinkymmeneen maahan, Nokialla 70 maahan. Googlen kartat ovat olleet bittimuodossa, jolloin jokainen zoomaus on lähettänyt uuden kartan verkon kautta. Nokian kartta on vektorimuotoinen ja zoomailu tapahtuu puhelimen sisällä. Näin operaattorin verkko rasittuu vähemmän ja käyttäjän rahat säästävät. Myös Google Maps Navigation on siirtynyt uusimmassa versiossa vektorimuotoisten karttojen käyttöön varmasti osittain edellä mainituista syistä johtuen.

Nokian omistama Navteq alkoi mallintaa Euroopan kaupunkien katuja kolmiulotteisesti vuoden 2010 marraskuussa [130]. Mallinnustyö alkaa Lontoosta, ja Suomen katujen mallintaminen on tarkoitus aloittaa vuoden 2012 loppuun mennessä. Nokia pyrkii täten luomaan kilpailevan vaihtoehdon Googlen vastaavalle Street View -palvelulle.

6. Yhteenveto

Tieto- ja tietoliikenne- sekä paikannusteknologian kehittyminen yhdessä mobiilien internetyhteyksien ja päätelaitteiden yleistymisen kanssa ovat rakentaneet vahvan pohjan erilaisten paikkasidonnaisten palveluiden synnylle. Älypuhelimien määrä on räjähdysmäisessä kasvussa Euroopassa ja Yhdysvalloissa, ja niiden hyödyntämiä nopean tiedon siirron mahdollistavia kolmannen ja neljännen sukupolven matkapuhelinverkkoja rakennetaan jatkuvasti lisää.

Teknologia kehittyy vauhdilla myös ajoneuvoissa. Autonvalmistajilla on ajoneuvoihinsa tarjolla monipuolisia palveluita viihdesovelluksista navigointi- ja huoltopalveluihin. Palveluiden sisältöjä toimitetaan käyttäjälle auton omien järjestelmien ja näyttöjen kautta, mutta myös erillisiä ajoneuvolaitteita on edelleen käytössä.

Älypuhelinien suosion kasvu on kuitenkin huomioitu myös ajoneuvoteollisuudessa. Erilaisia menetelmiä älypuhelimien yhdistämiseksi autoon ja sen järjestelmiin on kehitetty, mutta yhtä yleisesti käytettyä standardia ei ole vielä muodostunut. Nokia yhdessä useiden autonvalmistajien kanssa kehittää parhaillaan Terminal Mode -teknologiaa, joka pyrkii tarjoamaan standardiratkaisun tähän laitteiden integroimiseen ajoneuvojärjestelmiin.

Paikannusteknologioiden osalta avainasioita ovat monipuolisuus ja hybridimenetelmät. Perinteinen GPS-paikannusjärjestelmä on saamassa kilpailijoita niin Euroopassa kuin Aasiassakin. Venäjän GLONASS-järjestelmä on jo käytössä, ja se tulee laajenemaan entisestään seuraavien vuosien aikana tarjoten suurempaa satelliittikattavuutta ja sitä kautta tarkempaa paikannusta. Euroopan unionin kehittämä GALILEO-järjestelmä näyttää myöhästyvän alkuperäisestä aikataulustaan, mutta senkin odotetaan tällä hetkellä olevan täydessä toiminnassa vuoteen 2020 mennessä. Samanlaisella aikataululla maailmanlaajuista paikannusta tulee jatkossa tarjoamaan myös Kiinan kehittämä COMPASS-järjestelmä.

Kattavampaa ja tarkempaa paikannustietoa saadaan tulevaisuudessa myös hyödyntämällä useampaa paikannusmenetelmää samalla laitteella. Nämä hybridit paikannusmenetelmät voivat eri satelliittijärjestelmien lisäksi hyödyntää myös matkapuhelimen verkkopaikannuksen tietoa. Tällaisia avusteisia paikannusmenetelmiä käytetään jo laa-

6. Yhteenveto

jasti matkapuhelimissa GPS-paikannuksen tukena, mutta jatkossa avusteisuuden on suunniteltu olevan riippumaton käytettävästä satelliitti-paikannusteknologiasta. Satelliittipaikannuksen lisäksi myös lähiverkkopaikannuksen sekä muiden sisätilapaikannusteknologioiden odotetaan kehittyvän merkittävästi.

Tietoliikenneteknologiassa suunta on kohti nopeita langattomia tiedonsiirtoyhteyksiä, jotka mahdollistavat internetin ja sen palveluiden käytön ajasta ja paikasta riippumatta. Langattomia laajakaistaliittymiä oli Suomessa vuoden 2010 lopussa jo 1,6 miljoonaa, mikä oli miltei tuplasti enemmän kuin edellisenä vuonna. Ensimmäisiä kaupallisia neljännen sukupolven matkapuhelinverkkoja on jo käytössä Suomessakin, tosin niitä voi toistaiseksi käyttää lähinnä tietokoneeseen kiinnitettävällä modeemilla. 4G-teknologiaa tukevia älypuhelimia on jo markkinoilla ainakin Yhdysvalloissa, ja vähitellen niitä on tulossa myyntiin myös Suomessa. Nopeat, mukana kulkevat nettiyhteydet ovat siis tulleet jäädäkseen Suomeenkin.

Jatkuvasti päällä oleva nettiyhteys ja laitteen keräämä tieto sijainnistaan muodostaa myös selkeän uhan käyttäjän yksityisyydelle. Tätä paikkasidonnaisten palveluiden käytön yhteydessä kerättyä paikkatietoa voidaan periaatteessa käyttää sen varsinaisen käyttötarkoituksen lisäksi hyvinkin moninaiisiin tarkoituksiin. Navigointilaitteiden käyttäjien reittitietoja kerätään liikenteen sujuvuustietojen parantamiseksi, ja älypuhelinien käyttäjien paikkatietoja on kerätty jopa käyttäjien sitä tietämättä. Paikkatietojen käyttäminen toissijaisiin tarkoituksiin ei sinänsä ole tuomittavaa – käyttäjälle tulisi kuitenkin aina kertoa selkeästi, mihin kaikkeen häntä itseään koskevia tietoja käytetään. Ihmiset ovat kuitenkin selkeästi valmiita luovuttamaan paikkatietojaan myös ulkopuolisille tahoille. Paikkasidonnaisten palveluiden kasvava suosio on tästä vahvin todiste.

Paikkasidonnaisiin liikenteen palveluihin liittyen on vuosien aikana eri hankkeissa kehitetty lukuisia erilaisia arkkitehtuureja. Monet näistä arkkitehtuureista ovat kuitenkin jääneet hankkeen loppumisen jälkeen pölyttymään arkistoon, eikä niiden kehittämistä ole jatkettu eikä niitä ole sovellettu missään kyseisen hankkeen ulkopuolisessa yhteydessä. Yksi syy tähän voi olla monen arkkitehtuurin kapeakatseinen ja tekninen lähestymistapa – hankkeessa on keskitetty ensisijaisesti järjestelmän käytännön toimivuuteen arvioimatta riittävän kriittisesti sitä, onko kehitettävällä järjestelmällä laajempaa liiketoiminnallista houkuttelevuutta.

Arkkitehtuurit ovat kuitenkin tärkeitä tietojärjestelmiä ja niitä käytäviä palveluita suunniteltaessa. Oleellista on erityisesti tiedon esittäminen sellaisessa muodossa, että tietoa voidaan käyttää palveluiden kehittämiseen mahdollisimman vähällä vaivalla. Avoimet ja selvästi määritellyt tiedostomuodot ovat tähän tarkoitukseen parhaita – XML-pohjaiset tiedostomuodot ovat näistä yleisimpiä. Huomiota tulee kiinnittää myös tiedon saatavuuteen. Tämä pätee erityisesti julkiseen tietoon, jonka tulisi olla kaikkien saatavilla. Julkisen tiedon saatavuutta voidaan parantaa kokoamalla tietoa yhteen tai muutamaaan yhteiseen paikkaan sekä kehittämällä olemassa olevia tietoaaineistoja koskevia meta- eli kuvailutietoja.

Matkapuhelin-, tietoliikenne- ja paikannusteknologioiden kehittyminen vaikuttaa liikenteeseen monilla tavoin. Liikkuja ja ajoneuvoja voidaan paikantaa ajantasaisesti, ja näitä paikkatietoja voidaan hyödyntää uusien, innovatiivisten palveluiden kehittämisessä. Nopeat, langattomat nettiyhteydet mahdollistavat näiden paikkasidonnaisten palveluiden käytön autossa osana sen omia järjestelmiä ja ajoneuvon ulkopuolella älypuhelimella tai muulla mobiililaitteella. Erilliset navigointilaitteet sulautunevat vähitellen osaksi auton järjestelmiä tai älypuhelimia.

Lähdeluettelo

- [1] 4TS Finland, 2009. Uusi mobiilipaikannusteknologia. Logistiikka 1/2009.
- [2] Abuelsamid, S. 2010. Ford adds ability to sync Google maps directions to Sync. Autoblog 8.6.2010. Saatavissa: <http://www.autoblog.com/2010/06/08/ford-adds-ability-to-sync-google-maps-directions-to-sync>. [Viitattu 12.12.2010].
- [3] Abuelsamid, S. 2010. Next-Gen Ford Focus unveiled! U.S. and Euro models finally united. Autoblog 11.1.2010. Saatavissa: <http://www.autoblog.com/2010/01/11/2011-ford-focus-unveiled-u-s-and-euro-models-finally-unite>. [Viitattu 26.8.2010].
- [4] Achieving the Vision: From VII to IntelliDrive. White Paper 30.4.2010. US DOT. Saatavissa: <http://www.its.dot.gov/press/2010/vii2intellidrive.htm>. [Viitattu 22.11.2010].
- [5] Avoin data. Suomen julkisen tiedon sivusto. Saatavissa: http://www.suomi.fi/suomifi/tyohuone/yhteiset_palvelut/avoin_data.
- [6] Berg Insight. Mobile navigation users increased 57 percent year-on-year in H1-2010 to 44 million. 14.10.2010. Saatavissa: http://www.berginsight.com/News.aspx?s_m=1&m_m=6. [Viitattu 20.10.2010.]
- [7] Berg Insight. E112 and lawful intercept will drive the LBS platforms market in Europe. 24.6.2010. Saatavissa: http://www.berginsight.com/News.aspx?s_m=1&m_m=6. [Viitattu 3.4.2011].
- [8] Berg Insight. LBS revenues in Europe to reach € 420 million by 2015. 31.5.2010. Saatavissa: http://www.berginsight.com/News.aspx?s_m=1&m_m=6. [Viitattu 10.11.2010].
- [9] Blodget, H. 2011. Android Is Destroying Everyone, Especially RIM -- iPhone Dead In Water. Business Insider 2.4.2011. Saatavissa: <http://www.businessinsider.com/android-iphone-market-share-2011-4>. [Viitattu 6.4.2011].
- [10] Bluetooth technology to be standard in more than 90 percent of automobiles by 2016. Lehdistötiedote 18.11.2010. Bluetooth Special Interest Group. Saatavissa: <http://www.bluetooth.com/Pages/Press-Releases-Detail.aspx?ItemID=117>. [Viitattu 22.11.2010].
- [11] Bruneteau, F., Bourhis, O., Cornish, R. & Hallauer, T. 2010. European Location Study 2010. Saatavissa: <http://www.gpsworld.com/gps/white-paper-european-location-study-2010-10238>. [Viitattu 8.12.2010].
- [12] Cai, H., L.J. Zhang & J. Zhang. 2007. Service-oriented architecture. Berliini: Springer Berlin Heidelberg, s. 89–113.

- [13] Canalys: Nokian markkinaosuus 33 prosenttia. Digitoday 1.11.2010. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/mobiili/2010/11/01/canalys-nokian-markkinaosuus-33-prosenttia/201015194/66>. [Viitattu 2.12.2010].
- [14] Cheng, R. & Raice, S. 2010. Verizon Rethinks Pricing. Wall Street Journal 18.11.2010. Saatavissa: <http://online.wsj.com/article/SB10001424052748704648604575620963722752820.html>. [Viitattu 13.1.2011].
- [15] Clark, S. 2010. Nokia C7 to support NFC. Near Field Communications World 11.10.2010. Saatavissa: <http://www.nearfieldcommunicationsworld.com/2010/10/11/34643/nokia-c7-to-support-nfc/>. [Viitattu 18.10.2010].
- [16] COMeSafety-hanke. European ITS Communication Architecture: Overall framework. Deliverable 3.1. Versio 5.3.2009. Saatavissa: http://www.comesafety.org/fileadmin/user_upload/PublicDeliverables/COMeSafety_DEL_D31_EuropeanITSCommunicationArchitecture_v3.0.zip. [Viitattu 4.12.2010].
- [17] Continental-yrityksen kotisivu. "AutoLinQ brings everything together: Your Car. Your Home. Your Lifestyle. Your Entertainment." Saatavissa: http://www.conti-online.com/generator/www/de/en/continental/automotive/themes/passenger_cars/interior/connectivity/autolinq/pi_autolinq_en.html. [Viitattu 9.12.2010].
- [18] Data.gov.uk-sivusto. Iso-Britannian julkisen tiedon sivusto. Saatavissa: <http://data.gov.uk>.
- [19] Data.gov-sivusto. Yhdysvaltojen julkisen tiedon sivusto. Saatavissa: <http://www.data.gov>.
- [20] Datex II User Forum. Datex II -kotisivu. Saatavissa: <http://www.datex2.eu/content/berlin-2010>. [Viitattu 22.11.2010].
- [21] De Boeck, P. 2010. Les dérives commerciales de la carte d'identité. Le Soir 14.7.2010.
- [22] Embedded systems. Wikipedia. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Embedded_system. [Viitattu 15.7.2010].
- [23] Entering Terminal Mode. Nokia Conversations 23.3.2011. Saatavissa: <http://conversations.nokia.com/2011/03/23/entering-terminal-mode>. [Viitattu 24.3.2011].
- [24] ERTICO. Open Systems Implementation Guide. Saatavissa: <http://www.ertico.com/assets/download/GST/OPEN%20SYSTEMS.pdf>. [Viitattu 12.1.2011].
- [25] Euro NCAP Safety ratings and rewards. Saatavissa: <http://www.euroncap.com/rewards.aspx>. [Viitattu 10.8.2010].

- [26] Euroopan komissio. 2008. Komission tiedonanto: toimintasuunnitelma älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönottamiseksi Euroopassa. KOM(2008) 886 lopullinen. 16.12.2008. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0886:FIN:FI:PDF>. [Viitattu 6.7.2010].
- [27] Euroopan komissio. 2009. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 544/2009. 18.6.2009. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:167:0012:0023:FI:PDF>.
- [28] Euroopan komissio. Galileo: what do we want to achieve? Saatavissa: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/index_en.htm. [Viitattu 5.12.2010].
- [29] Euroopan komissio. Tender specifications: Definition of necessary vehicle and infrastructure systems for Automated Driving. SMART 2010/0064. Saatavissa: http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/2010/studies/automated/ts_aut.pdf. [Viitattu 2.3.2011].
- [30] Euroopan komissio. Transport: Open In-Vehicle Platform. Saatavissa: http://ec.europa.eu/transport/its/road/action_plan/open_in-vehicle_platform_en.htm. [Viitattu 12.12.2010].
- [31] Eurostat. 2010. Information society statistics. Computers and the Internet in households and enterprises. Saatavissa: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>. [Viitattu 15.6.2011]
- [32] Extensible Markup Language (XML). W3C-järjestön kotisivu. Saatavissa: <http://www.w3.org/XML>. [Viitattu 20.3.2011].
- [33] Faber, F., de Kievit, M., Zwijnenberg, H., Luedeke, A., Schindhelm, R., Damiani, S., Marco, S., Mortara, P., Alkim, T., Robery, M., van Wees, K., Geissler, T. & Buehne, J.A. 2010. The SAFESPOT deployment programme. SAFESPOT Integrated Project - IST-4-026963-IP Deliverable. SP6 – BLADE – Business models, Legal Aspects and DEployment. D6.7.1 Luonnos. Toukokuu.
- [34] Finnet avaa 4g-verkon joulukuussa. Digitoday 23.11.2010. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/mobiili/2010/11/23/finnet-avaa-4g-verkon-joulukuussa/201016330/66>. [Viitattu 14.1.2011].
- [35] Flatley, J.L. 2010. OnStar announces MyLink smartphone apps, voice-based SMS, Facebook plans. Engadget 15.9.2010. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2010/09/15/onstar-announces-mylink-smartphone-apps-voice-based-sms-facebo>. [Viitattu 23.9.2010].
- [36] Ford recognized at auto electronics conference for consumer-driven approach to autonomous car. Lehdistö tiedote 20.10.2010. Saatavissa: http://media.ford.com/article_display.cfm?article_id=33442. [Viitattu 2.3.2011].

- [37] Ford-yrityksen kotisivu. About SYNC. Saatavissa: <http://www.ford.com/technology/sync/about>. [Viitattu 2.2.2011].
- [38] Francica, J. 2010. Indoor Positioning and Navigation: The Next LBS Frontier? Directions Magazine 22.8.2010. Saatavissa: <http://www.directionsmag.com/articles/indoor-positioning-and-navigation-the-next-lbs-frontier/129925>. [Viitattu 12.12.2010].
- [39] Frilander, A. 2010. 4g tulee Suomeen: kuka ehtii ensin? Tietoviikko 11.11.2010. Saatavissa: http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article532057.ece. [Viitattu 1.12.2010].
- [40] Frost & Sullivan 2010. Mobile and Wireless Communications Technology Alert. Technical Insights. 15.10.2010.
- [41] Frost & Sullivan 2010. 2010 North American Consumer Location-based Services (LBS) Market: The Wireless Carrier Opportunity. Market Research. 24.6.2010.
- [42] Frost & Sullivan: Advanced Driver Assistance Systems and Sensors (ADAS) – Ten years into the launch, where from here? PR Newswire 29.4.2010. Saatavissa: <http://www.prnewswire.com/news-releases/frost--sullivan-advanced-driver-assistance-systems-and-sensors-adas---ten-years-into-the-launch-where-from-here-92403229.html>. [Viitattu 6.8.2010].
- [43] Gakstatter, E. 2010. The Dawn of a New ERA in GPS Accuracy. GPS World 1.6.2010. Saatavissa: <http://www.gpsworld.com/gis/gss-weekly/the-dawn-a-new-era-gps-accuracy-10016>. [Viitattu 2.12.2010].
- [44] Gartner: Apple pitää vielä pitkään kärkipaikan tablet-laitteissa. Helsingin Sanomat 11.4.2011. Saatavissa: <http://www.hs.fi/talous/artikkeli/Gartner+Apple+pit%C3%A4+viel%C3%A4+pitk%C3%A4n+k%C3%A4rkipaikan+tablet-laitteissa/1135265310676>. [Viitattu 11.4.2011].
- [45] Gartner: Microsoft on myöhässä tablet-markkinoilta. Digitoday 4.3.2011. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/bisnes/2011/03/04/gartner-microsoft-on-myohassa-tablet-markkinoilta/20113134/66>. [Viitattu 20.6.2011].
- [46] Gartner Identifies 10 Consumer Mobile Applications to Watch in 2012. Gartnerin lehdistötiedote 10.2.2011. Saatavissa: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1544815>. [Viitattu 20.6.2011].
- [47] Genivi Alliance, 2010. The GENIVI Alliance IVI (In-Vehicle-Infotainment) Software Architecture Report: Summary. 25.7.2010. Saatavissa: http://www.genivi.org/Portals/9/documents/mrd/GENIVI_IVI_Software_Architecture_Presentation.pdf. [Viitattu 12.1.2011].
- [48] GENIVI-organisaation kotisivu. Saatavissa: <http://www.genivi.org>. [Viitattu 21.2.2011].
- [49] Gilson, D. 2010. Vodafone's Vitorri Colao on mobile usage. Allaboutsymbian.com. 15.9.2010. Saatavissa:

- http://www.allaboutsymbian.com/features/item/12110_Vitorri_Coloa_on_mobile_usage.php. [Viitattu 9.10.2010].
- [50] GLONASS Status. Saatavissa: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/pls/htmldb/f?p=202:20:3285421130015144::NO>. [Viitattu 5.12.2010].
- [51] GNSS-enabled Services Convergence. ERTICOn kotisivu. Saatavissa: <http://www.ertico.com/GSC>. [Viitattu 21.11.2010].
- [52] Goldstein, P. 2010. AT&T to launch LTE by mid-2011. FierceWireless. 16.9.2010. Saatavissa: <http://www.fiercewireless.com/story/t-launching-lte-mid-2011/2010-09-16>. [Viitattu 30.11.2010].
- [53] GPS Modernization. U.S Department of Commerce. Saatavissa: <http://www.space.commerce.gov/gps/modernization.shtml>. [Viitattu 2.12.2010].
- [54] Hanlon, M. 2010. Peugeot's HR1 urban concept comes with a tablet computer. Gizmag. 29.9.2010. Saatavissa: <http://www.gizmag.com/peugeots-hr1-urban-concept-comes-with-a-tablet-computer/16513>. [Viitattu 8.12.2010].
- [55] Hardigree, M. 2011. The Android-powered car is just a year away, America. Jalopnik. 3.3.2011. Saatavissa: <http://jalopnik.com/#!5775416/the-android+powered-car-is-just-a-year-away-america>. [Viitattu 21.4.2011].
- [56] Heikkilä, J. 2010. Microsoft kiinnostui suomalaisesta "älytekstiviestistä". MTV3.fi. 1.12.2010. Saatavissa: <http://www.mtv3.fi/uutiset/talous.shtml/2010/12/1234585/microsoft-kiinnostui-suomalaisesta-alytekstiviestista>. [Viitattu 11.3.2011].
- [57] Hollister, S. 2010. Verizon to debut LTE in 38 cities, 'half a dozen' 4G smartphones and tablets in 1H 2011. Engadget. 6.10.2010. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2010/10/06/verizon-to-debut-lte-in-38-cities-half-a-dozen-4g-smartphones>. [Viitattu 20.10.2010].
- [58] Howard, B. 2010. Mercedes' Splitview Offers His-and-Hers LCDs. PC Magazine. 3.12.2009. Saatavissa: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2356652,00.asp>. [Viitattu 27.10.2010].
- [59] IDC: Nokialla kolmannes maailman älypuhelinmarkkinoista. Taloussanomat. 4.11.2010. Saatavissa: <http://www.taloussanomat.fi/informaatioteknologia/2010/11/04/idc-nokialla-kolmannes-maailman-alypuhelinmarkkinoista/201015385/12>. [Viitattu 10.1.2011].
- [60] Imaginzye-yrityksen kotisivu. Saatavissa: <http://www.imaginyze.com/Site/Welcome.html>. [Viitattu 10.3.2011].
- [61] Innamaa, S., Koskinen, H., Schirokoff, A. & Tarkiainen, M. 2005. Anturiajoneuvoilla saatavan tiedon hyödyntäminen. AINO-julkaisuja 13/2005. Liikenne- ja viestintäministeriö. ISBN 952-201-965-8.

- [62] ITU World Radiocommunication Seminar highlights future communication technologies. Lehdistötiedote. 6.12.2010. International Telecommunication Union. Saatavissa: http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/48.aspx. [Viitattu 12.12.2010].
- [63] Jämsä, L. 2010. AdMob: Suomessa alle 33 000 iPhonea. Puhelinvertailu.com. 28.5.2010. Saatavissa: http://www.puhelinvertailu.com/uutiset.cfm/2010/05/28/admob_suomessa_alle_33_000_iphonea. [Viitattu 11.12.2010].
- [64] Kalliisti verkkoon. Helsingin Sanomat. 7.7.2010.
- [65] Kalliola, K. 2010. Ennuste: Tietokoneiden aikakausi on ohi. Tekniikka & Talous. 7.12.2010. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/ict/article543249.ece>. [Viitattu 11.1.2011].
- [66] Kannettava internet-pääte. Wikipedia. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Mobile_internet_device. [Viitattu 2.12.2010].
- [67] Kansallinen joukkoliikenteen paikannusarkkitehtuuri. Kalkati.net. 26.6.2008. Versio 1.0. Saatavissa: <http://www.kalkati.net/content/material/hankearkkitehtuurit/Paikannusarkkitehtuuriraportti.pdf>. [Viitattu 23.9.2010].
- [68] Karkimo, A. 2010. Ennuste: Android ohittaa Symbian-puhelimet ja iPhone ensi vuonna. Tietokone. 16.11.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/ennuste_android_ohittaa_symbian_puhelimet_ja_iphone_ensi_vuonna. [Viitattu 12.1.2011].
- [69] Karkimo, A. 2010. Kirjasto näyttää esimerkkiä datan avaamisessa. Tietokone. 7.6.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/kirjasto_nayttaa_esimerkkia_datan_avaamisessa. [Viitattu 20.9.2010].
- [70] Karkimo, A. & Lehto, T. 2010. Älypuhelimia ei älytä hyödyntää. Tietokone. 10.12.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/alypuhelimia_ei_alyta_hyodyntaa. [Viitattu 21.12.2010].
- [71] Kauppi, E. 2010. Bluetooth 4.0 mullistaa langattoman maailman. MikroPC. 8.7.2010. Saatavissa: http://www.mikropc.net/kaikki_uutiset/article472894.ece. [Viitattu 12.8.2010].
- [72] Kiina laukaisi GPS:n kilpailijan avaruuteen. Taloussanomat. 1.8.2010. Saatavissa: <http://www.taloussanomat.fi/ulkomaat/2010/08/01/kiina-laukaisi-gpsn-kilpailijan-avaruuteen/201010587/12>. [Viitattu 5.12.2010].
- [73] KML-kielen yleiskuvaus. Open Geospatial Consortiumin kotisivu. Saatavissa: <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>. [Viitattu 12.1.2011].
- [74] Korhonen, S. 2010. Taulutietokoneet tulevat: myynti kasvaa 181 prosenttia. Tietoviikko. 15.10.2010. Saatavissa: http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article518493.ece. [Viitattu 12.1.2011].

- [75] Korhonen, S. 2010. Android murskasi ennusteet: ohittaa iPhonen kaksi vuotta etuajassa. MikroPC 13.9.2010. Saatavissa: http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article500188.ece. [Viitattu 12.11.2010].
- [76] Laakso, H. 2011. Kännykkä alkaa vaihtaa automaattisesti wlanin. Tietoviikko 16.4.2011. Saatavissa: http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article595224.ece. [Viitattu 20.4.2011].
- [77] Laakso, H. 2010. iPhone-sovellukset keräävät käyttäjien yksityisiä tietoja. MikroPC 5.10.2010. Saatavissa: http://www.mikropc.net/kaikki_uutiset/article511274.ece. [Viitattu 20.10.2010].
- [78] Lachapelle, G. 2010. Multi-Constellation Positioning in GNSS Degraded Environments. UPINLBS 2010 Conference, lokakuu 2010, Kirkkonummi.
- [79] Lahti, J. 2010. 4g:n avannut Sonera: iPhone-käyttäjät datasyöppöjä. Tietoviikko 12.11.2010. Saatavissa: <http://www.tietoviikko.fi/mobiilimaailma/article532198.ece>. [Viitattu 13.1.2011].
- [80] Lampola, T. ja Savolainen, J. 2008. Avoimen telematiikka-alustan kehitysympäristö – T-ÄLLI esiselvitys. ITS Finland, julkaisuja, 11/2008. Espoo. Saatavissa: <http://www.its-finland.fi/TSFinland112008Kehitysymparisto.pdf>. [Viitattu 20.9.2010].
- [81] Lehto, T. 2011. Sonera avasi 4g-verkkonsa Helsingissä ja Turussa. Tietokone. 1.12.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/sonera_avasi_4g_verkkonsa_helsingissa_ja_turussa. [Viitattu 20.6.2011].
- [82] Lehto, T. 2011. @450-laajakaista jatkuu toistaiseksi: korvaaja harkinnassa. Tietokone 24.2.2011. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/450_laajakaista_jatkuu_toistaiseksi_korvaaja_harkinnassa. [Viitattu 1.3.2011].
- [83] Lehto, T. 2011. DNA lähtee pian 4g-verkkokisaan. Tietokone 10.1.2011. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/dna_n_4g_verkot_ensin_helsinkiin_tampereelle_ja_turkuun. [Viitattu 13.1.2011].
- [84] Lehto, T. 2010. Elisa avaa 4g-verkon kuluttajille 2011. Tietokone 15.12.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/elisa_avaa_4g_verkon_kuluttajille_2011. [Viitattu 13.1.2011].
- [85] Lehto, T. 2010. Sonera: 4g-verkko Kehä I:n kattavaksi 2011. Tietokone 14.11.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/sonera_4g_verkko_keha_i_n_kattavaksi_2011. [Viitattu 14.1.2011].
- [86] Lehto, T. 2010. Älypuhelimet vuonna 2011–2015. Tietokone 14.11.2010. Saatavissa: <http://blogit.tietokone.fi/tietojakoneesta/2010/11/alypuhelimet-vuonna-2011%E2%80%932015/>. [Viitattu 6.1.2011].

- [87] Lehto, T. 2010. Gartner: Samsung ohitti Nokian useissa Euroopan maissa. Tietokone 12.11.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/gartner_samsung_ohitti_nokian_useissa_euroopan_maisa. [Viitattu 1.12.2010].
- [88] Lehto, T., 2010. Vodafone: Älypuhelin pian joka toisella Euroopassa. Tietokone 17.9.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/vodafone_alypuhelin_pian_joka_toisella_euroopassa. [Viitattu 6.1.2011].
- [89] Lehto, T. 2010. Nokia Siemens tuo 4g-verkot haja-asutukseen. Tietokone 22.4.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/nokia_siemens_tuo_4g_verkot_haja_asutukseen. [Viitattu 10.7.2010].
- [90] Leino, R. 2010. Navigointi on Nokian timantti. Tekniikka & Talous 29.9.2010. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/ict/article508146.ece>. [Viitattu 4.12.2010].
- [91] Linnake, T. 2010. Googlen autot ajavat ilman kuljettajaa. IT-viikko 11.10.2010. Saatavissa: <http://www.itviikko.fi/uutiset/2010/10/11/googlen-autot-ajavat-ilman-kuljettajaa/201014070/7>. [Viitattu 2.3.2011].
- [92] Linnake, T. 2010. Analyytikko: Android lyttää Microsoftin puhelintoiveet. Digitoday. 29.9.2010. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/mobiili/2010/09/29/analyytikko-android-lyttaa-microsoftin-puhelintoiveet/201013480/66>. [Viitattu 12.10.2010].
- [93] LogiCom. Information about the Bus-FMS-Standard. Saatavissa: <http://bus-fms-standard.com>. [Viitattu 3.2.2011].
- [94] LogiCom. Information about the FMS-Standard. Saatavissa: <http://www.fms-standard.com>. [Viitattu: 2.2.2011].
- [95] Melanson, D. 2011. AT&T bringing LTE to five cities this summer. Engadget. 25.5.2011. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2011/05/25/atandt-bringing-lte-to-five-cities-this-summer>. [Viitattu 20.6.2011].
- [96] Meyer, D. 2011. Android shoots past iPhone OS in market share. ZDNet UK. 19.5.2011. Saatavissa: <http://www.zdnet.co.uk/news/mobile-devices/2011/05/19/android-shoots-past-iphone-os-in-market-share-40092829>. [Viitattu 20.6.2011].
- [97] Microsoft-yrityksen kotisivu. Windows Embedded Automotive 7 Solutions. Saatavissa: <http://www.microsoft.com/windowseembedded/en-us/evaluate/windows-embedded-automotive-7.aspx>. [Viitattu: 21.1.2011].
- [98] Mileros, M.D., Gundlegård, D., Karlsson, J., Fördös, A. 2008. Autonomous Cellular Road User Charging based on Unique Cell Point Identification. Proceedings of the 15th World Congress on ITS and ITS America's 2008 Annual Meeting, 16.–20.11.2008, New York, Yhdysvallat.

- [99] Mobiilivarmenne. Saatavissa: <http://www.mobiilivarmenne.fi/fi/index.html>. [Viitattu 30.3.2011].
- [100] Mobileye-yrityksen kotisivu. Saatavissa: <http://www.mobileye.com>. [Viitattu 5.3.2011].
- [101] Mobilizy-yrityksen kotisivu. Wikitude-palvelun esittely. Saatavissa: <http://www.wikitude.org>. [Viitattu 10.3.2011].
- [102] Murph, D. 2010. Ford's SYNC learns 100x more voice commands, integrates Nuance technology. Engadget. 15.7.2010. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2010/07/15/fords-sync-learns-100x-more-voice-commands-integrates-nuance-t>. [Viitattu 26.8.2010].
- [103] NAVTEQ-yrityksen kotisivut. Advanced Content. Saatavissa: http://corporate.navteq.com/products_data_advanced_content.htm. [Viitattu 21.1.2011].
- [104] NGTP – Next Generation Telematics Pattern. Saatavissa: <http://www.ngtp.org>. [Viitattu 2.11.2010].
- [105] Nokia romahti älypuhelinmarkkinoilla. Digitoday 6.5.2011. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/bisnes/2011/05/06/nokia-romahti-alypuhelinmarkkinoilla/20116496/66>. [Viitattu 20.6.2011].
- [106] Nokian osuus kännyköistä romahti 25 prosenttiin. Digitoday 19.5.2011. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/mobiili/2011/05/19/nokian-osuus-kannykoista-romahti-25-prosenttiin/20117113/66>. [Viitattu 20.6.2011].
- [107] Nomadic Device Forum (NDF). Saatavissa: http://www.esafetysupport.org/en/esafety_activities/esafety_working_groups/nomadic_device_forum.htm. [Viitattu 22.1.2011].
- [108] NXP Semiconductors. A standard approach to eCalling, Saatavissa: <http://www.nxp.com/documents/leaflet/75016563.pdf>. [Viitattu 30.11.2010].
- [109] OBD-II PIDs. Wikipedia. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Table_of_OBD-II_Codes. [Viitattu 2.3.2011].
- [110] O'Brien, K.J. 2010. Smartphone Sales Taking Toll on G.P.S. Devices. New York Times 14.11.2010. Saatavissa: <http://www.nytimes.com/2010/11/15/technology/15iht-navigate.html>. [Viitattu 20.1.2011].
- [111] Octo Telematics -yrityksen kotisivu. Saatavissa: <http://www.octotelematics.com>. [Viitattu 23.10.2010].
- [112] Ojanperä, V. 2010. ITU odotettuun 4G-päätökseen. Prosessori 25.10.2010. Saatavissa: <http://www.prosessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=56636>. [Viitattu 30.10.2010].
- [113] Ojanperä, V. 2010. LTE tyrmäsi wimaxin testeissä. Prosessori 22.10.2010. Saatavissa: <http://www.prosessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=56623>. [Viitattu 30.10.2010].

- [114] Ojanperä, V. 2010. Todellinen 4G kiihdyttää 1,2 gigabittiin. Prosessori 6.10.2010. Saatavissa: <http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=56501>. [Viitattu 18.10.2010].
- [115] Ojanperä, V. 2010. Wimax saa parannellun standardin. Prosessori 18.6.2010. Saatavissa: <http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=56038>. [Viitattu 15.8.2010].
- [116] OMA Secure User Plane Location Archive. Open Mobile Alliance. Saatavissa: http://www.openmobilealliance.org/Technical/release_program/supl_archive.aspx. [Viitattu 10.12.2010].
- [117] One-Pro-yrityksen kotisivu. Saatavissa: http://www.one-pro.fi/tuotteet/1pro_telematic/index.html. [Viitattu 25.10.2010].
- [118] OpenLR: Open, Compact and Royalty-free Dynamic Location Referencing. Saatavissa: <http://www.openlr.org>. [Viitattu 22.11.2010].
- [119] Opiola, J. & Wilson, S. 2008. Bank Payments in Transportation – Freedom and Interoperability for Congestion Pricing. Proceedings of the 15th World Congress on ITS and ITS America's 2008 Annual Meeting, November 16–20, 2008, New York, USA.
- [120] Ovum 2010. Mobile Market Forecast in Finland to 2014. Databook. Huhtikuu 2010.
- [121] Ovum 2010. Mobile Market Forecast in the UK to 2014. Databook. Huhtikuu 2010.
- [122] Ovum 2010. Mobile Market Forecast in the US to 2014. Databook. Huhtikuu 2010.
- [123] Patel, N. 2010. Eric Schmidt shows off a Nexus S at the Web 2.0 summit, says Gingerbread coming in 'next few weeks'. Engadget. 15.11.2010. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2010/11/15/eric-schmidt-shows-off-a-nexus-s-at-the-web-2-0-summit>. [Viitattu 19.11.2010].
- [124] Peltoniemi, J. 2011. Galileo-paikannus myöhästyy. Tietokone 1.4.2011. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/galileo_paikannus_myohastyy. [Viitattu 8.4.2011].
- [125] Peltoniemi, J. 2010. Haluttavaa paikannusta ja tunnistusta. Prosessori-lehti 11.5.2010. Saatavissa: <http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=55780>. [Viitattu 1.12.2010].
- [126] Pilli-Sihvola, E., Auvinen, H. Tarkiainen, M. & Hautala, R. 2011. Paikkasidonnaiset liikenteen palvelut. Palveluiden nykytila. VTT Working Papers 174.
- [127] Pitkänen, J. 2010. HTC esittelee LTE-puhelimia ensi vuonna. Tietokone 18.12.2010. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/htc_esittelee_lte_puhelimia_ensi_vuonna. [Viitattu 8.1.2011].
- [128] Pitkänen, P. 2011. Elop: Microsoft sijoittaa Nokiaan miljardeja. Digitoday 14.2.2011. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/bisnes/2011/02/14/elop-microsoft-sijoittaa-nokiaan-miljardeja/20112171/66>. [Viitattu 21.2.2011].

- [129] Pitkänen, P. 2010. Nokia haluaa paikannuksesta palveluiden perustaa. Digitoday 29.9.2010. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/bisnes/2010/09/29/nokia-haluaa-paikannuksesta-palveluiden-perustaa/201013479/66>. [Viitattu 20.1.2011].
- [130] Pitkänen, P. 2010. Nokia kuvaa Suomen kadut 3d:nä parin vuoden aikana. Digitoday 23.9.2010. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/mobiili/2010/09/23/nokia-kuvaa-suomen-kadut-3dna-parin-vuoden-aikana/201013217/66>. [Viitattu 4.12.2010].
- [131] Pitkänen, P. 2010. Internetin isä on huolissaan yksityisyydestä. Digitoday 15.9.2010. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/bisnes/2010/09/15/internetin-isa-on-huolissaan-yksityisyydesta/201012803/66>. [Viitattu 21.2.2011].
- [132] Pitkänen, P. 2010. Nokian asema Suomessa yhä vahva. IT-viikko. 7.5.2010. Saatavissa: <http://www.itviikko.fi/talous/2010/05/07/nokian-asema-suomessa-yha-vahva/20106617/7>. [Viitattu 13.10.2010].
- [133] Poikola, A., Kola, P. & Hintikka K. A. 2010. Julkinen data: johdatus tietovarantojen avaamiseen. Liikenne- ja viestintäministeriö. ISBN 978-952-243-146-2 (verkkoversio). Saatavissa: http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=964902&name=DLFE-10617.pdf&title=Julkinen%20data.
- [134] Polaris Wireless: kotisivu. Saatavissa: <http://www.polariswireless.com>. [Viitattu 5.12.2010].
- [135] Pulkkinen, M.P. 2010. Sulautettu tietotekniikka on muutakin kuin pientä piperrystä. Tietoviikko 12.9.2010. Saatavissa: <http://www.tietoviikko.fi/taustat/article495239.ece>. [Viitattu 15.7.2010].
- [136] Pöysti, L., Rajalin, S. & Elovaara, A.-P. 2009. Tekniset laitteet, telematiikka ja turvallisuus autoissa: tuloksia kuljettajien haastatteluista. Liikenneturvan tutkimusmonisteita 109/2009.
- [137] Rainio, A. 2010. Paikannus älyliikenteessä: tilannekatsaus. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 21/2010. ISBN: 978-952-243-165-3. Saatavissa: http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=964900&name=DLFE-10967.pdf&title=Julkaisuja%2021-2010.
- [138] Ramsey, J. 2010. Mercedes offers retrofit accessory to add Pandora. Autoblog. 19.10.2010. Saatavissa: <http://www.autoblog.com/2010/10/19/mercedes-offers-retrofit-accessory-to-add-pandora>. [Viitattu 20.10.2010].
- [139] Reinhardt, W. ja Jendrzok, M. (toim.), 2009. Nomadic Device Forum. Final Draft Report, elokuu 2009. Saatavissa: http://www.esafetysupport.org/download/final_report_v14.pdf. [Viitattu 17.12.2010].
- [140] Ricknäs, M. 2010. TeliaSonera prepares to launch LTE in over 200 cities. Reuters. 25.8.2010. Saatavissa:

- <http://www.reuters.com/article/2010/08/25/urnidgns852573c4006938800025778a002f01fc-idUS36856352720100825>. [Viitattu 28.9.2010].
- [141] Ruuska, P., Mäkelä, J., Jurvansuu, M., Huusko, J. & Mannersalo, P. 2010. Roadmap for Communication Technologies, Services and Business Models 2010, 2015 and Beyond. Tekes-julkaisu 275/2010. Tekes, Helsinki. ISBN 978-952-457-508-9. Saatavissa: <http://www.tekes.fi/u/GIGA-Roadmap2010.pdf>.
- [142] Rytönen, M. 2010. Welcome to Terminal Mode Summit. Esityskalvot. Saatavissa: http://www.terminalmode.org/files/Presentation_1.pdf. [Viitattu 15.6.2011].
- [143] SafeDrivingSystems-yrityksen kotisivu. Saatavissa: <http://safedrivingystems.com/>. [Viitattu 30.9.2010].
- [144] Sang-Jeong Oh, S. 2010. Wi-Fi in the Car: Past and Present. iSuppli Market Watch. 17.11.2010. Saatavissa: <http://www.isuppli.com/Automotive-Infotainment-and-Telematics/MarketWatch/Pages/Wi-Fi-in-the-Car-Past-and-Present.aspx>. [Viitattu 21.11.2010].
- [145] Sathyanarayana, K. 2010. Hybrid Telematics is Vital to Future Growth. Frost & Sullivan Market Insights. 16.6.2010.
- [146] Savolainen, H. ja Korhonen, S. 2010. NSN kahmii 4g-verkkotilauksia – plakkarissa jo 17 sopimusta. Arvopaperi. 5.10.2010. Saatavissa: http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article511834.ece. [Viitattu 10.10.2010].
- [147] Savolainen, H. 2010. Arvio: Applen iPadia myydään yli 11 miljoonaa tänä vuonna. Arvopaperi 8.10.2010. Saatavissa: http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article514229.ece. [Viitattu 19.10.2010].
- [148] Savolainen, H. 2010. "Lte-verkkomarkkinat lähtevät kasvuun ensi vuonna". Arvopaperi 1.10.2010. Saatavissa: <http://www.arvopaperi.fi/uutisarkisto/article509604.ece>. [Viitattu 12.1.2011].
- [149] Savov, V. 2010. EU's Galileo satnav system orbiting way past budget, delayed until 2017. Engadget 7.10.2010. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2010/10/07/eus-galileo-satnav-system-orbiting-way-past-budget-delayed-unt>. [Viitattu 10.11.2010].
- [150] Scholliers, J., Koskinen, S. & Öörni, R. 2008. Älykkään liikenteen kansainvälisten markkinoiden trendejä. ITS Finland, julkaisuja 10/2008. ISBN: 978-952-5565-09-2. Helsinki. Saatavissa: <http://www.its-finland.fi/ITSFinland200810Markkinatrendejä.pdf>.
- [151] Siliski, M. 2010. Fun on the Autobahn: Google Maps Navigation in 11 more Countries. Google Mobile Blog. 9.6.2010. Saatavissa: <http://googlemobile.blogspot.com/2010/06/fun-on-autobahn-google-maps-navigation.html>. [Viitattu 10.2.2011].

- [152] Siliski, M. 2010. The next generation of mobile maps. Google Mobile Blog 16.12.2010. Saatavissa: <http://googlemobile.blogspot.com/2010/12/next-generation-of-mobile-maps.html>. [Viitattu 15.2.2011].
- [153] Siltala, T. 2010. Autolle tapahtuu sama, mikä pc:lle ja puhelimelle on jo tapahtunut. Tietoviikko 7.6.2010. Saatavissa: http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article400428.ece. [Viitattu 2.8.2010].
- [154] Siponen, A., Higgins, A., Lehtonen, M.J., Levo, J., Lähesmaa, J., Mäkinen, P. & Öörni, R. 2005. Ajantasaisen liikennetiedon arkkitehtuuri: loppuraportti. AINO-julkaisuja 20/2005. Liikenne- ja viestintäministeriö. ISBN 952-201-972-0.
- [155] SISTER – Satellite communications for road transport telematics applications. CVIS-hankkeen kotisivu. Saatavissa: <http://www.cvisproject.org/en/links/sister.htm>. [Viitattu 10.2.2011].
- [156] Skyhook-yrityksen kotisivu. Saatavissa: <http://www.skyhookwireless.com>. [Viitattu 2.12.2010].
- [157] Smith, A., 2010. Mobile Access 2010. PewResearchCenterin tutkimusraportti, 7.7.2010. Saatavissa: <http://pewinternet.org/Reports/2010/Mobile-Access-2010.aspx>. [Viitattu 6.1.2011].
- [158] So you want to start your own Cell-ID database? Thewherebusiness.com. 18.5.2010. Saatavissa: <http://news.thewherebusiness.com/content/so-you-want-start-your-own-cell-id-database>. [Viitattu 10.12.2010].
- [159] SOAP Specifications. W3C-yhdistyksen kotisivu. Saatavissa: <http://www.w3.org/TR/soap>. [Viitattu 12.3.2011].
- [160] SPITS – Cooperative Driving Open Platform. Kalvoesitys. 4.12.2009. Saatavissa: https://spits-project.com/images/stories/videos/https_spits-project.com_websvn_filedetails.php_renamespitspath_wp1_wp1_1interfaces_spitsplatformdefinition20100503.pdf. [Viitattu 10.12.2010].
- [161] Stevens, T. 2010. In a world of automotive cellphone hate, Ford promotes SYNC as the solution. Engadget 9.7.2010. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2010/07/09/in-a-world-of-automotive-cellphone-hate-ford-promotes-sync-as-t>. [Viitattu 23.9.2010].
- [162] Storås, N. 2010. Mikä on suomalaiselle tärkeintä netissä? Tietoviikko 12.10.2010. Saatavissa: http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article515729.ece. [Viitattu 12.3.2011].
- [163] Study shows spending on mobile broadband up 40% year on year. Lehdistöiedote. Nokia Siemens Networks 3.11.2010. Saatavissa: <http://www.nokiasiemensnetworks.com/news-events/press-room/press-releases/study-shows-spending-on-mobile-broadband-up-40-year-on-year>. [Viitattu 13.1.2011].
- [164] Tekstiviestin lähettäminen kävellessä on hengenvaarallista. Helsingin Sanomat 28.9.2010. Saatavissa:

- <http://www.hs.fi/ulkomaat/artikkeli/Tekstiviestin+l%C3%A4hett%C3%A4minen+k%C3%A4velless%C3%A4+on+hengenvaarallista/1135260471183>. [Viitattu 1.10.2010].
- [165] Terminal Mode -standardi. Saatavissa: <http://www.terminalmode.org/en/Home>. [Viitattu 10.2.2011].
- [166] The Open Geospatial Consortium. Kotisivu. Saatavissa: <http://www.opengeospatial.org>. [Viitattu 12.1.2011].
- [167] TISA-yhdistyksen kotisivu. Traveller Information Services Association. Saatavissa: <http://www.tisa.org>. [Viitattu 10.12.2010].
- [168] TomTom-yrityksen kotisivu. Live Services. Saatavissa: <http://www.tomtom.com/services/service.php?id=14&tab=47>. [Viitattu 10.3.2011].
- [169] TomTom-yrityksen kotisivu. Tuote-esittelyt. Saatavissa: <http://licensing.tomtom.com/OurProducts/TechnologyOverview/index.htm?more=true>. [Viitattu 10.3.2011].
- [170] UDDI: Online community for the Universal Description, Discovery, and Integration OASIS standard. Saatavissa: <http://uddi.xml.org>. [Viitattu 12.3.2011].
- [171] Vaalisto, H. 2011. Finnet-leiri alkaa myydä liittymiä @450-verkkoon. Digitoday 9.3.2011. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/data/2011/03/10/finnet-leiri-alkaa-myyda-liittymia-@450-verkkoon/20113372/66>. [Viitattu 20.6.2011].
- [172] Vaalisto, H. 2011. Symbianin osuus romahtaa älypuhelimissa. IT-viikko 7.4.2011. Saatavissa: <http://www.itviikko.fi/uutiset/2011/04/07/symbianin-osuus-romahtaa-alypuhelimissa/20114927/7>. [Viitattu 7.4.2011].
- [173] Vaalisto, H. 2010. Ruotsi avasi uusia 4g-verkkoja. Digitoday 15.11.2010. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/mobiili/2010/11/15/ruotsi-avasi-uusia-4g-verkkoja/201015879/66>. [Viitattu 21.11.2010].
- [174] Viestintämarkkinat Suomessa 2010: vuosikatsaus. Viestintävirasto. Markkinakatsaus 1/2011. Saatavissa: http://www.ficora.fi/attachments/suomimq/5xam7PDL3/Markkina_katsaus_1_2011.pdf.
- [175] Viikman, A., Hautala, R. & Pilli-Sihvola, E. 2011. Paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden liiketoimintamallit: edellytykset, vaihtoehdot, haasteet ja mahdollisuudet. VTT Working Papers 175.
- [176] Volkswagen. App My Ride -kilpailun etusivu. Saatavissa: <http://www.app-my-ride.com>. [Viitattu 18.1.2011].
- [177] Web Services Description Language (WSDL). W3C-yhdistyksen kotisivu. Saatavissa: <http://www.w3.org/TR/wsdl>. [Viitattu 10.3.2011].

- [178] What is SPITS? SPITS-nettisivut. Saatavissa: https://spits-project.com/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=41. [Viitattu 8.12.2010].
- [179] Williams, R. 2011. You've got better things to do than wait in traffic. Google Mobile Blog 7.3.2011. Saatavissa: <http://googlemobile.blogspot.com/2011/03/youve-got-better-things-to-do-than-wait.html>. [Viitattu 12.3.2011].

VTT Working Papers

- 157 Tero Sundström, Ari Kevarinmäki, Stefania Fortino & Tomi Toratti. Shear resistance of glulam beams under varying humidity conditions. 2011. 125 p. + app. 12 p.
- 158 Hannes Toivanen. From ICT towards information society. Policy strategies and concepts for employing ICT for reducing poverty. 2011. 38 p. + app. 1 p.
- 161 Sebastian Teir, Toni Pikkarainen, Lauri Kujanpää, Eemeli Tsupari, Janne Kärki, Antti Arasto & Soile Aatos. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS). Teknologia katsaus. 2011. 106 s. + liitt. 6 s.
- 162 Mikael Haag, Tapio Salonen, Pekka Siltanen, Juha Sääsä & Paula Järvinen. Työohjeiden laadintamenetelmiä kappaletavaratuotannossa. Loppuraportti. 2011. 40 s.
- 163 Marko Nokkala, Kaisa Finnilä, Jussi Rönty & Pekka Leviäkangas. Financial performance of Finnish technical networks. 2011. 56 p. + app. 90 p.
- 164 Jussi Rönty, Marko Nokkala & Kaisa Finnilä. Port ownership and governance models in Finland. Development needs & future challenges. 2011. 104 p.
- 165 Aira Hast, Tommi Ekholm & Ilkka Savolainen. Suomen kansallisten päästövähennystoimien epävarmuuksien ja riskien arviointi. 2011. 44 s. + liitt. 3 s.
- 166 Mustafa Hashmi. Survey of smart grids concepts worldwide. 2011. 74 p.
- 167 Aimo Tiilikainen, Kyösti Pennanen & Maarit Heikkinen. Tulevaisuuden elintarvikepakkaus. Kvantitatiivinen kuluttajatutkimus pakkausprototyyppien ja kaupallisten verrokkituotteiden eroista. 2011. 36 s. + liitt. 8 s.
- 168 Pekka Leviäkangas, Anu Tuominen, Riitta Molarius & Heta Kajo (Eds.). Extreme weather impacts on transport systems. 2011. 119 p. + app. 14 p.
- 169 Luigi Macchi, Elina Pietikäinen, Teemu Reiman, Jouko Heikkilä & Kaarin Ruuhilehto. Patient safety management. Available models and systems. 2011. 44 p. + app. 3 p.
- 170 Raine Hautala, Pekka Leviäkangas, Risto Öörni & Virpi Britschgi. Perusopetuksen tietotekniikkapalveluiden arviointi. Kauniaisten suomenkielinen koulutoimi. 2011. 67 s. + liitt. 16.
- 171 Anne Arvola, Aimo Tiilikainen, Maiju Aikala, Mikko Jauho, Katja Järvelä & Oskari Salmi. Tulevaisuuden elintarvikepakkaus. Kuluttajalähtöinen kehitys- ja tutkimushanke. 152 s. + liitt. 27 s.
- 172 Sauli Kivikunnas & Juhani Heilala. Tuotantosimuloinnin tietointegraatio. Standardikatsaus. 2011. 29 s.
- 173 Eetu Pilli-Sihvola, Mikko Tarkiainen, Armi Vilkmán & Raine Hautala. Paikka- sidonnaiset liikenteen palvelut. Teknologia ja arkkitehtuurit. 2011. 92 s.
- 174 Eetu Pilli-Sihvola, Heidi Auvinen, Mikko Tarkiainen & Raine Hautala. Paikka- sidonnaiset liikenteen palvelut. Palveluiden nykytila. 2011. 60 s.