



Esiselvitys IPv6:n sovelluksista
liikenteessä ja logistiikassa



**Esiselvitys IPv6:n sovelluksista liikenteessä ja
logistiikassa**

ISBN 951-723-890-8
FITS-julkaisu
Helsinki 2003

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Jani Granqvist, Risto Kulmala, Juuso Kummala, Timo Kyntäjä, Anna Schirokoff, Johan Scholliers, Taru Walden, Risto Öörni		Julkaisun laji	
		Toimeksiantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi Esiselvitys IPv6:n sovelluksista liikenteessä ja logistiikassa.			
Tiivistelmä <p>Esiselvityksen tavoitteena oli tunnistaa IPv6-tekniikan hyödynnettävyys ja houkuttelevuus liikenteen ja logistiikan telematiikassa. Työ jakaantui seuraaviin osatehtäviin: 1) IPv6-tekniikan yleistäminen, aikataulun ja haasteiden arvioiminen, 2) uusien IPv6:tta hyväksi käyttävien henkilö- ja tavaraliikenteen palvelu- ja tuotekonsepteja ideoiminen, 3), vanhojen henkilö- ja tavaraliikenteen sovellusten toiminnan tehostumisen arviointi käytettäessä IPv6:tta ja 4) mahdollisten palvelukokeilujen toteutettavuuden arvioiminen.</p> <p>IPv6:n edut voidaan tiivistää seuraaviksi: laajempi osoiteavaruus, liikkuvuuden tuki, tietoturvan parempi määrittely, yksinkertaisempi pakettien otsikkokenttä, mahdollisuus merkitä tietoyksikköjä erilaisiin luokkiin tarpeen mukaan, verkon autokonfiguroitavuus, ja langallisten ja langattomien verkkojen integroiminen. Yhdessä nämä piirteet tekevät mahdolliseksi toteuttaa palveluita, jotka ovat liikkuvan käyttäjän saavutettavissa ajasta ja paikasta riippumatta. IPv6 on suhteellisen riippumaton käytettävästä tiedonsiirron kanavasta, ja se soveltuu käytettäväksi siellä missä nykyinen IPv4:kin. On oletettavaa, että vuonna 2010 yli 95 % kaikista IP-verkkoihin liitetyistä järjestelmistä käyttää IPv6-tekniikkaa.</p> <p>IPv6:n käyttökohteita liikenteen, liikkumisen ja logistiikan palveluissa on erittäin monia. IPv6 tarjoaa lähinnä uudenlaista teknistä perustaa ja sitä kautta lisäarvoa joillekin palveluille tai niiden toteutukselle. Ennen kuin IPv6:tta voidaan kuitenkaan hyödyntää liikenteen palveluissa, tulee lähes aina ensin määrittää tarkasti palvelukonsepti. Lisäksi järjestelmien ja laitteistojen ohjelmistoja tulee päivittää.</p> <p>Raportissa on kuvattu lukuisia palveluita, joissa tekniikkaa voitaisiin hyödyntää. Kaikki niistä eivät kuitenkaan vielä ole toteuttamiskelpoisia, ja palveluiden toteuttamiseen liittyvät haasteet on kuvattu. Kannattavinta IP-tekniikan kokeileminen olisi ensiksi esimerkiksi 1) tiedonvälityksessä huoltoasemilla, raskaan liikenteen solmukohdissa tai joukkoliikennevälineissä, 2) kuljetuskaluston hallinnassa, 3) kuljetusten hallinnassa, 4) ajoneuvojen kommunikoinnissa esimerkiksi tietyömaalla ja 5) liikenne-, ympäristö- ja ohjaustiedon keruu- ja hallintajärjestelmissä.</p> <p>Selvitys osoitti, että IPv6:lla on paljon sovellusmahdollisuuksia liikenteen palveluissa. Aluksi muutaman palvelun käytännön toteutettavuutta kannattaisi kokeilla. Kokeilut voidaan tehdä joko laajoina kuluttajien kanssa tai pienimuotoisina vain tekniikkaa kokeillen. Yhteenvetona voidaan todeta, että IPv6 on tulossa laajalti käyttöön kaikkeen tekniikkaan, eikä liikenteen sovellusten tule jäädä pois tästä kehityksestä.</p>			
Avainsanat (asiasanat) Liikenne, logistiikka, telematiikka, IPv6			
Muut tiedot			
Sarjan nimi ja numero FITS-julkaisuja 29/2003		ISSN	ISBN ISBN 951-723-890-8
Kokonaissivumäärä 37	Kieli Suomi	Hinta	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		Kustantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	

Authors (from body, name, chairman and secretary of the body) Jani Granqvist, Risto Kulmala, Juuso Kummala, Timo Kyntäjä, Anna Schirokoff, Johan Scholliers, Taru Walden, Risto Öörni		Type of publication	
		Assigned by Ministry of Transport and Communications	
		Date when body appointed	
Name of the publication Use of IPv6 in traffic and logistics - a pre-study			
Abstract <p>The aim of this pre-study was to describe the exploitability and attractiveness of the IPv6 technology in transport and logistic telematics. The study consisted of the following parts: study of the adoption time-frame and challenges of the IPv6 technology, creation of new traffic services using IPv6, assessment of the improvement of old services when using IPv6, and assessment of the feasibility of new pilot services. The main advantages of IPv6 are larger address space, support for mobility, better authentication and privacy capabilities, simpler header format, flow labelling capability, autoconfiguration, and integration of fixed and wireless networks. These features together enable place and time independent services for mobile consumers. IPv6 is relatively independent of the data transmission modes, and it can be used everywhere where the IPv4 is used today. It can be assumed that in the year 2010 more than 95% of the systems connected into the Internet using the IPv6 technology.</p> <p>Many transport and logistic services could be implemented with IPv6. It opens up possibilities for the use of new techniques, and therefore additional value for some services or for their implementation. However, before the implementation of IPv6 into the traffic services the service concept should be defined carefully. In addition, software of the systems and equipment must be updated.</p> <p>This report describes numerous services, which could utilise IPv6. However, at this stage all of those are not yet implementable. Challenges of the implementation of different services are described. In the beginning the technique would be worth testing for example for 1) information delivery at gas stations, at heavy traffic hubs or in public service vehicles, 2) goods transport fleet management, 3) freight management, 4) communication between vehicles for example at road works, and 5) traffic or environmental data collection and management systems.</p> <p>The study showed that IPv6 could be widely use in traffic services. In the beginning the feasibility should be tested with some pilot services. The pilots could be either broad scale with consumers or small scale just testing the technique. In summary, IPv6 will be taken widely in use in all technology. Traffic services should follow this development.</p>			
Keywords Traffic, logistics, telematics, IPv6			
Miscellaneous			
Serial name and number FITS publications 29/ 2003		ISSN	ISBN ISBN 951-723-890-8
Pages, total 39	Language Finnish	Price	Confidence status Public
Distributed by VTT Building and Transport		Published by Ministry of Transport and Communications	

ESIPUHE

Esiselvitys IPv6 (Internet Protocol Version 6) -sovelluksista liikenteessä ja logistiikassa tehtiin liikenne- ja viestintäministeriön Liikennetelematiikan rakenteiden ja palvelujen tutkimus- ja kehittämisohjelman FITS hankealueelle 1. Hankealue 1 kehittää yhteisiä toimintamalleja, pelisääntöjä sekä edellytyksiä telematiikan hyödyntämiseksi sekä palvelujen toteuttamiseksi.

Keväällä 2003 käynnistetyn esiselvityksen tehtävänä oli kartoittaa IPv6-tekniikan mahdollistamat sovellukset liikenteessä ja logistiikassa. Selvityksen ovat laatineet VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta Risto Kulmala, Anna Schirokoff, Juuso Kummala Jani Granqvist ja Risto Öörni, VTT Tuotteet ja tuotannosta Johan Scholliers ja Taru Walden sekä Timo Kyntäjä VTT Tietotekniikasta. Työn ohjausryhmänä toimi FITS hankealueen 1 johtoryhmä.

Raportin laadunvarmistuksesta vastasivat FITS-ohjelman puolesta Seppo Öörni ja Antti Rainio.

Helsingissä joulukuussa 2003

Seppo Öörni
Liikenneneuvos
Liikenne- ja viestintäministeriö

SISÄLTÖ

ESIPUHE.....	5
LYHENTEET JA TERMIT	8
1 TYÖN TAUSTA, TAVOITTEET JA TOTEUTUS	9
2 MIKÄ ON INTERNET PROTOCOL VERSION 6 (IPV6)	10
2.1 Tausta.....	10
2.2 IPv6:n edut.....	11
2.3 IPv6:n tulevaisuus ja kehityksen aikajänne	13
2.4 Tiedonsiirtokanavat ja päätelaitteet	14
2.5 Yhteenveto.....	15
3 KANSAINVÄLISIÄ IPV6- JA ITS-HANKKEITA.....	16
3.1 Japanin Internet ITS -projekti.....	16
3.2 6WINIT - IPv6 Wireless Internet Initiative.....	17
3.3 FleetNet - Internet on the Road	17
4 MAHDOLLISET IPV6-KOKEILUKOHTTEET	19
4.1 Yleistä	19
4.2 Tiedon vastaanottaminen	19
4.2.1 Huoltoasemat	19
4.2.2 Raskaan liikenteen solmukohdat	21
4.2.3 Joukkoliikennetieto.....	23
4.3 Kaluston hallinta.....	24
4.4 Kuljetusten hallinta.....	25
4.5 Ajoneuvojen kommunikointi.....	26
4.6 Liikenne-, ympäristö- ja ohjaustiedon keruu- ja hallintajärjestelmät	27
5 PÄÄTELMÄT JA SUOSITUKSET	29
6 LÄHTEET.....	30
LIITE 1. IPV6:N HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET LIIKENNETELEMATIIKAN TOIMINNOISSA	31

LYHENTEET JA TERMIT

DSRC	Dedicated Short Range Communications; lyhyen kantaman tiedon- siirto
isäntä	kaikki solmut, jotka eivät ole reitittämiä
MTU	maksimikuljetusyksikkö (Maximum Transport Unit), esim. maksimi- pakettikoko oktetteina, joka voidaan kuljettaa linkin yli
linkkinaapurit	solmut, jotka ovat liitettynä samaan linkkiin
osoite	IPv6 tason identifioiva tunniste laitteen rajapinnalle tai joukolle raja- pintoja
paketti	tietoyksikkö, joka sisältää protokollan tunnisteosan ja varsinaisen hyö- tykuorman.
polku MTU	pienin kuljetuskapasiteetti (MTU), joka esiintyy lähtösolmun ja koh- desolmun välisissä linkeissä
rajapinta	kohta josta solmut ovat liitettynä linkkiin
reititin	solmu, joka lähettää eteenpäin IPv6-paketteja, jotka eivät ole avoimes- ti osoitettu itselleen
solmu	laite, joka toteuttaa IPv6:n
kuljetuskerros	protokollataso välittömästi IPv6-tason yläpuolella, esimerkiksi kulje- tusprotokollat TCP ja UDP, hallintaprotokollat kuten ICMP

1 TYÖN TAUSTA, TAVOITTEET JA TOTEUTUS

Liikennetelematiikka eli tieto- ja viestintäteknologian soveltaminen liikenteessä on etenemässä kovaa vauhtia koko maailmassa. Liikennetelematiikan palveluiden ja laitteiden markkinat ovat voimakkaasti kasvussa, ja niiden arvioidaan muodostavat miljardien eurojen markkinat vuositasolla Euroopassa jo lähivuosina. Suomessa on vuodesta 1998 alkaen panostettu merkittävästi liikennetelematiikan palveluiden taustalla olevan informaatioinfrastruktuurin kehittämiseen, mistä esimerkkinä ovat mm. tie- ja katuverkon digitaalinen kuvaus DIGIROAD, meriliikenteen tietojärjestelmä PortNet ja Tiehallinnon liikennekeskusten tietojärjestelmä LK-tieto. Lisäksi Suomessa on kehitetty erilaisia mobiileja palveluja kaikille liikkujille, ei vain autoilijoille.

Esiselvityksen tavoitteena oli tunnistaa IPv6-tekniikan hyödynnettävyys ja houkuttelevuus liikenteen ja logistiikan telematiikassa. Tavoitteena on, että uuden Internet-protokollan, IPv6:n ja sitä tukevan tekniikan yleistyessä Suomessa voidaan toteuttaa liikenteeseen ja logistiikkaan liittyviä palveluja ja sovelluksia tehokkaasti ja edullisesti.

Esiselvityksen tavoitteena oli:

- ♦ ideoida uusia IPv6:tta hyväksi käyttäviä henkilö- ja tavaraliikenteen palvelu- ja tuotekonsepteja
- ♦ arvioida, miten IPv6 voi tehostaa vanhojen henkilö- ja tavaraliikenteen sovellusten toimintaa
- ♦ arvioida IPv6-tekniikan yleistymisen, aikataulu ja haasteet
- ♦ pohtia mahdollisten palvelukokeilujen toteutusaikataulua ja toteutettavuutta.

Työssä analysoitiin järjestelmällisesti IPv6:n antamat mahdollisuudet eri liikennetelematiikan toimintojen toteuttamisessa sekä henkilö- että tavaraliikenteessä. Samalla arvioitiin soveltamisen vaatimat erityispanostustarpeet ja soveltamisen tuottamat hyödyt. Hyödyntämismahdollisuudet arvioitiin kahdessa asiantuntijatyöpajassa ensin projektin sisäisesti ja tämän jälkeen kohdennetusti haastatteluin.

2 MIKÄ ON INTERNET PROTOCOL VERSION 6 (IPV6)

2.1 Tausta

IPv6 on uusi Internet-protokolla, jota on kehitetty IETF:n (Internet Engineering Task Force) standardisointiryhmissä 1990-luvun alkupuolelta. IPv6:n kehitys on saanut alkunsa lähinnä osoiteavaruuden loppumisongelman ratkaisemiseksi, mutta kehityksen myötä siihen on lisätty myös muita parannuksia nykyisin käytössä olevaan IPv4:än verrattuna. Päätelaitteiden suorituskyvyn paraneminen on asettanut verkolle yhä suurempia vaatimuksia ääntä ja kuvaa käyttävien sovellusten lisääntyessä. Uuden IP-protokollan suunnittelussa on pyritty ottamaan huomioon niin reaaliaikaisen liikenteen vaatimukset kuin käyttäjien tietoturva-asiatkin. (Takalo 2001.)

Internet-protokolla kytkee verkon solmut toisiinsa ja muodostaa yhtenäisen (globaalin) tiedonsiirtoverkon. Protokolla itsessään on täysin riippumaton laitteistosta ja käyttöjärjestelmästä, eikä myöskään ota kantaa sen päälle toteutettuihin palveluihin; protokollan tehtävä on ainoastaan välittää paketteja verkon solmujen välillä.

Uuden protokollaversioiden kehittämistarpeet huomattiin pian Internet-protokollan yleistyksen jälkeen. Samaan aikaan ymmärrettiin myös sen merkitys tulevaisuuden tietoverkkojen yhdistävänä tekijänä. Koska Internet oli jo levinnyt maailmanlaajuisesti, ei sen vaihtaminen uuteen (epäyhteensopivaan) versioon ollut käytännössä helppoa. Nämä tekijät yhdessä johtivat kahden IP-version yhtäaikaan ja rinnakkaiseen standardointiin ja kehitykseen. Uudemman IPv6:n kehityshistoria on jo yli kymmenen vuoden mittainen, ja sen lopullista tuleamista on odotettu yhtä kauan. Nykyisin tunnustettu tosiasia kuitenkin on, että revoluuatio tapahtui jo 1990-luvulla, ja tällä hetkellä on käynnissä Internetin evoluutio.

IPv6:n on tarkoitus olla luonnollinen lisäys IPv4:ään. Se voidaan asentaa normaalina ohjelmistopäivityksenä laitteisiin. Uudessa protokollassa merkittävin muutos on osoiteavaruuden laajeneminen 32-bittisistä IP-osoitteista 128-bittisiin osoitteisiin. Tällöin protokolla pystyy tarjoamaan yli neljä miljoonaa yksikäsitteistä osoitetta jokaista maapallon neliometriä kohden (Network Magazine 2001).

IPv6:n standardointi on vielä osittain kesken. Toteutuksia eri käyttöjärjestelmiin on olemassa (mm. Windows, Linux, Pocket PC, Symbian). Puutteita standardoinnissa ja protokollan toteutuksissa on erityisesti liittyen tietoturvaan. Nämäkin puutteet ovat nopeasti korjautumassa, mikä näkyy jo osin saatavilla olevissa tuotteissa (esim. WLAN ja IEEE802.1x). IPv6:n sovellustuki paranee myös jatkuvasti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että uusien palveluiden toteuttaminen palvelimiin ja erilaisiin päätelaitteisiin on mahdollista jo nyt.

Yleistyessään IPv6 antanee erinomaiset mahdollisuudet juuri uusien mobiilien palveluiden kehittämiseen kaikissa liikennemuodoissa. Esimerkiksi tavaraliikenteessä mahdollistunee yksittäisten kuljetusyksiköiden seuranta, tunnistus ja kommunikointi.

2.2 IPv6:n edut

Seuraavissa kappaleissa käydään lyhyesti läpi niitä IPv6:n erityispiirteitä, jotka tuovat lisäarvoa liikkuvien käyttäjien tietoverkkoyhteyksissä. IPv6:n edut voidaan tiivistää seuraaviksi:

- ♦ laajempi osoiteavaruus
- ♦ liikkuvuuden tuki
- ♦ tietoturvan parempi määrittely
- ♦ yksinkertaisempi pakettien otsikkokenttä
- ♦ mahdollisuus merkitä paketteja erilaisiin luokkiin tarpeen mukaan
- ♦ verkon osoitteiden automaattinen määrittely
- ♦ langallisten ja langattomien verkkojen integroiminen.

Yhdessä nämä piirteet tekevät mahdolliseksi toteuttaa palveluita, jotka ovat liikkuvan käyttäjän saavutettavissa ajasta ja paikasta riippumatta. (IPv6 Cluster 2003.)

Osoiteavaruus

Internetin perusominaisuus on siihen kuuluvien laitteiden osoitteistaminen. Jokainen laite (reitittimet ja päätelaitteet) tarvitsee oman osoitteen. Osoitteensa avulla laitteet voivat ottaa vastaan niille osoitetut tietopaketit sekä ilmoittaa oman osoitteensa muille laitteille. Näitä osoitteita on rajattu määrä, joka riippuu protokollan osoitekentän pituudesta. IPv4:ssä osoitekentän pituus on 32 bittiä (4294967296 osoitetta). IPv6:ssa pituus on kasvatettu 128 bittiin (3.4028236692093846346337460743177e+38 osoitetta).

Nykyisen IP-version osoiteavaruus on jo käytetty. Sitä on kuitenkin pystytty jatkamaan käyttämällä paikallisverkoissa sisäisiä osoitteita NAT:n (Network Address Translation) avulla. Nyt ja tulevaisuudessa uusien, erityisesti liikkuvien, päätelaitteiden kasvava määrä pahentaa osoitepulaa entisestään. Ellei päätelaitteille voida antaa yksilöllisiä osoitteita, ei monia uusia sovelluksia ja palveluita kuten äänipuheluita (voice over Internet, VoIP) voida toteuttaa. Myös monet vertaissovellukset kuten verkossa pelattavat pelit kärsivät nykyisestä tilanteesta, jossa verkkoon kytketyillä useilla eri päätelaitteilla on yksilölliset osoitteet vain sisäverkossa ja ne näkyvät julkisessa Internetissä yhtenä ainoana IP-osoitteena.

IPv6-protokollan laaja osoiteavaruus mahdollistaa uusien erilaisten laitteiden kytkemisen suoraan Internetiin. Perinteisten tietokoneiden lisäksi kannettavat päätelaitteet, kuten puhelimet ja kämmenmikrot, ovat yleistymässä nopeasti. Kodinkoneiden ja erityypp-

pisten mitta- ja seurantalaitteiden liittämistä IP-verkkoihin tuoteistetaan eri puolilla maailmaa.

Liikkuvuuden tuki

Liikkuvuuden tuki Internetissä tarkoittaa erityisesti sitä, että päätelaitteessa käytetyt palvelut ovat joko käynnissä liikkumisen aikana tai että laite on tavoitettavissa paikasta riippumatta matkapuhelinten tavoin. Internetin kaltaisessa pakettipohjaisessa tiedonsiirtoverkossa ongelmanratkaisu poikkeaa matkapuhelinverkosta. Tätä varten määriteltiin IPv4:ään lisäpiirre *Mobile IP*. Se mahdollistaa pakettien lähettämisen kotiverkosta poistuneelle laitteelle. Kotiverkostaan toiseen verkkoon siirtyneelle laitteelle osoitetut paketit saavuttavat edelleen päämääränsä.

IPv4:n yhteydessä toteutetun Mobile IP:n ongelmana on sen jäykkyys. Piirre täytyi määrittellä ja lisätä siten, että olemassa olevat reitittimet eivät tarvitse päivitystä. Internetissä oli jo silloin suuri määrä reitittimiä eikä niiden kaikkien päivittämistä pelkästään Mobile IP:n vuoksi nähty realistisena vaihtoehtona. Tämä teki liikkuvuuden tuesta rasakan ja käytännössä tehottoman esimerkiksi reaaliaikaisten palveluiden toteuttamisessa. Näitä IPv4:n perustuvia toteutuksia ei ole koskaan otettu laajempaan käyttöön.

Uudessa protokollaversiossa (IPv6) on määritelty tapa, jolla päätelaite voi ilmoittaa sijaintinsa myös vastinkumppanilleen. Edelleen myös verkon reitittimet tukevat tätä, ja pakettien välitys tehostuu huomattavasti.

Tietoturvan parempi määrittely

IPv6:ssa on otettu huomioon aikaisempaa tarkemmin verkkotason tietoturva. Osoitteenmuunnosten käydessä tarpeettomiksi voidaan ottaa käyttöön IPsec, joka tarjoaa mahdollisuuden verkkotason autentikointiin verkossa välitettävän tiedon salaukseen ja vastaanotettujen pakettien eheyden varmistamiseen. Tiedon eheys ja luottamuksellisuutta säilyminen ovat oleellisia erityisesti kaupallisten informaatiopalveluiden tuottamisessa.

Yksinkertaisempi pakettien otsikkokenttä

IP-pakettien otsikkokenttä sisältää tiedot, joiden perusteella verkon reitittimet käsittelevät pakettia. Otsikkokentän lisäksi paketti sisältää itse hyötykuorman, joka verkon kautta halutaan siirtää. Otsikkokenttä on laajennettavissa, eli protokollaan voidaan jälkepäin lisätä uusia ominaisuuksia. IPv4:ään verrattuna on IPv6:een määritelty uusi osoitetyyppi, anycast-osoite, jossa paketti lähetetään lähimmälle ryhmään kuuluvalla solmulla. IPv6-verkoissa voidaan käyttää lisäksi multicast-tyyppisiä osoitteita välittämään paketteja tietyn ryhmän kaikille jäsenille. (Takalo 2001.)

Mahdollisuus merkitä paketteja erilaisiin luokkiin tarpeen mukaan

Erityisesti reaaliaikaisten sovellusten kannalta tärkeä on mahdollisuus määritellä paketeille prioriteetti. Lisäksi paketti voidaan määrätä kuuluvaksi tiettyyn tietovuohon erityisellä Tietovuonotsikko-kentällä. Tämä takaa sen, että samaan tietovuohon kuuluvat paketit saavat samanlaisen kohtelun verkon eri solmuissa. (Takalo 2001.)

Verkon osoitteiden automaattinen määrittäminen

Laitteiden varsinaista kytkeytymistä verkon osaksi helpottaa automaattinen osoitteiden konfigurointi. Automaattinen konfigurointi poistaa useissa tilanteissa käyttäjältä tarpeen määritellä laitteensa verkkoasetukset manuaalisesti. Ominaisuudella on suuri merkitys käytön helppouden kannalta.

Langallisten ja langattomien verkkojen integroiminen

Nyt ja tulevaisuudessa erilaiset verkkoteknologiat yleistyvät jokapäiväisessä käytössä. Kotona ja toimistoissa langalliset laajakaistaiset verkot ovat jo arkipäivää. Tänä vuonna langattomat lähiverkot ovat yleistyneet. Jatkossa näitä yhteyksiä tarjotaan käyttäjille kaupunkialueilla ja liikkumisen solmupaikoissa. Matkapuhelinverkot (GPRS, UMTS) tuovat edelleen oman mahdollisuuden kytkeytyä tietoverkkoihin. Huomattavaa on myös se, että UMTS-järjestelmään on määritelty ainoastaan tuki IPv6-protokollalle.

Onkin todettava, että IPv6 voi näin muodostaa yhdistävän tekijän ja tietoliikennekerroksen, joka piilottaa verkkoteknologioiden erot alleen. Tämä mahdollistaa käyttäjille pääte- ja verkkoriippumattomasti palveluiden saannin. Edelleen myös siirtyminen esimerkiksi kahden radioverkon välillä voi olla käyttäjälle huomaamaton; ainakin palveluiden käyttö voi jatkua saumattomasti tästä vaihdoksesta huolimatta. Palveluiden toteutus IPv6-kerroksen päälle voi täten jättää huomioimatta alla olevat fyysisen ja linkkikerroksen tietoliikenne ratkaisut.

2.3 IPv6:n tulevaisuus ja kehityksen aikajänne

Kaikkialla ohjelmisto- ja laitevalmistajat ovat tehneet jo muutaman vuoden ajan kaikki uudet tuotteensa IPv6-yhteensopiviksi. Laitteistojen ja ohjelmistojen uusiutumisenopeus sanelee osaltaan IPv6:n etenemistahdin. On oletettavaa, että vuonna 2010 yli 95 % kaikista Internetiin liitetyistä aliverkoista ja niissä olevista laitteista käyttää IPv6-tekniikkaa.

Osoitteenmuunnosten käyttö IP-osoitteiden säästämiseksi ja uusien ominaisuuksien kuten parannetun tietoturvan, liikkuvuuden tuen ja palvelun laadun toteuttaminen erillisinä lisäyksinä vanhaan on huomattavasti pidentänyt nykyisen IP-version elinikää. Tällä hetkellä suurin ajava voima uuden version puolesta on se tosiasia, että kannettavien pääte-laitteiden määrän kasvu vaatii mahdollisuuden niiden liittämiseen aidosti Internetiin.

Ainoastaan tämän avulla tosiaikaisten palveluiden käyttö liikkuvissa päätelaitteissa on mahdollista.

IPv6:n standardointi on vielä osittain kesken. Toteutuksia eri käyttöjärjestelmiin on olemassa (mm. Windows, Linux). Puutteita standardoinnissa ja protokollatoteutuksissa on erityisesti liittyen tietoturvaan. Nämäkin puutteet ovat nopeasti korjautumassa ja näkyvät jo osin saatavilla olevissa tuotteissa (esim. WLAN ja IEEE802.1x)

Uuteen protokollaversioon siirtyminen voi tapahtua vain vapaaehtoisista tietä. UMTS-verkkojen piti alun perin olla tärkeä IPv6:n käyttökohde, mutta toistaiseksi UMTS-verkot eivät ole yleistyneet kovinkaan laajasti. Operaattorit eivät myöskään ole olleet halukkaita ottamaan käyttöön IPv6:tta, vaikka standardit sitä suosittelevat tai jossakin tapauksessa vaativatkin. Tällä hetkellä pisimmällä IPv6:n käyttöönotossa ovat IP-osoitteiden pulasta Eurooppaa ja Yhdysvaltoja pahemmin kärsivät Aasian maat ja muutamamat yksittäiset organisaatiot.

2.4 Tiedonsiirtokanavat ja päätelaitteet

IPv6 on suhteellisen riippumaton käytettävästä tiedonsiirron kanavasta, ja se soveltuu käytettäväksi siellä missä nykyinen IPv4:kin. IPv6 soveltuu käytettäväksi myös rinnan IPv4:n kanssa. Käytettävä tiedonsiirron kanava voi olla esimerkiksi kiinteään puhelinverkkoon pohjautuva ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) tai nykyisen matkapuhelinverkon tarjoama GPRS (General Packet Radio Service) tai EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution). Sekä GPRS että ADSL ovat jo saatavilla useilta eri operaattoreilta lähes koko maassa.

GPRS-laitteita laajakaistaisempia langattomia tiedonsiirtoyhteyksiä tarjoava UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) ei ainakaan toistaiseksi ole tullut markkinoille Suomessa. UMTS tuskin tulee kattamaan maantieteellisesti yhtä suurta aluetta kuin GPRS. EDGE-tekniikan mukaisia päätelaitteita on tulossa myyntiin tämän vuoden aikana. Järjestelmän kattavuudesta Suomessa ei ole varmuutta, vaikkakin näyttää siltä, että se yleistyy Suomessa ennen UMTS:ää.

Maantieteellisesti rajalliselle alueelle kuten satamaan tai lentoasemalle tiedonsiirto voidaan järjestää tavallisen lähiverkon (LAN) tai langattoman lähiverkon (WLAN) avulla. Langattomien lähiverkkojen toteuttamiseen tarvittavia laitteita on ollut varsin hyvin saatavilla jo jonkin aikaa.

Internet-protokollan versioista kumpikaan ei varsinaisesti ota kantaa siihen, millaisissa päätelaitteissa protokollaa voidaan käyttää, miten tiedonsiirto fyysisesti toteutetaan tai millaisia laitteita verkkoon voidaan liittää. Olennaista on, että päätelaitteissa ja verkossa on tavalla tai toisella toteutettu tarvittavat rajapinnat (TCP/IP, IPv6).

Tällä hetkellä saatavilla on esimerkiksi PC-tietokoneeseen asennettavia verkkokortteja, WLAN-kortteja ja GPRS-modeemeja. GPRS on yleinen ominaisuus myös uusimmissa matkapuhelimissa. Useimmissa markkinoilla olevissa kämmentietokoneissa on mahdollisuus langattomaan tiedonsiirtoon GPRS:n tai langattoman lähiverkon avulla.

2.5 Yhteenveto

Siirtyminen IPv6 käyttöön on koko Internetin kehityksen kannalta tärkeä tekninen parannus ja uudistus. Uuden protokollaversion tavoitteena on erityisesti ottaa huomioon vanhassa versiossa havaitut puutteet kuten pula IP-osoitteista ja puutteellinen liikkuvuuden tuki. Tavoitteena on korvata nyt käytössä oleva IPv4:n ja NAT:n yhdistelmä uudella toimivammalla kokonaisuudella. Suurimpia saatavia hyötyjä ovat verkon hallinnan ja palveluiden toteuttamisen yksinkertaistuminen sekä mahdollisuus toteuttaa uusia palveluita, joita nyt käytössä oleva tekniikka ei mahdollista. (IETF 2003, Hinden 2003.)

IPv6:n nykyiset toteutukset mahdollistavat sen käyttämisen rinnakkain IPv4:n kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että päätelaite ja verkko voivat toimia yhtä aikaa sekä vanhalla että uudella protokollalla. Uusi protokollaversio otetaan käyttöön varmasti. Tulevaisuuden verkot ja palvelut on syytä jo nyt suunnitella ja toteuttaa uuden Internet-protokollan mukaisesti.

Varsinaiset hyödyt IPv6:n käyttämisestä laajemmin saadaan vasta kun suuri osa palveluista on toteutettu sen päälle. Tällöin palveluiden kommunikointi tehostuu ja uusien palveluiden toteuttaminen nopeutuu yksinkertaisemman tiedonsiirron ansiosta. Alemmilla kerroksilla (fyysinen ja linkkikerros) olevat erilaiset tiedonsiirtoteknologiat piiloutuvat yhtenäistävän IPv6-kerroksen alle.

3 KANSAINVÄLISIÄ IPV6- JA ITS-HANKKEITA

3.1 Japanin Internet ITS -projekti

Kansainvälisesti kiinnostuneimpia IPv6:n soveltamisesta liikenteessä ovat olleet japanilaiset. Toyota Motor Corporation, DENSO Corporation, NEC Corporation sekä Keio University ovat yhdessä aloittaneet valmistelut erillisen Internet ITS -konsortion perustamiseksi. Konsortion tavoitteena on tehdä tutkimus- ja kehitystyötä uudenlaisen liikennetelematiikan liiketoiminnan edistämiseksi. Vuodelle 2001 ajoittuneen teknisen tutkimusyhteistyön avulla toteutettiin IPv6-testialueita ja -palveluja, joiden tavoitteena oli luoda perustaa Internet-pohjaisille palveluille sekä testata ja kehittää tiedonsiirtoinfrastruktuurin teknistä toimivuutta. Internet ITS -projektissa on toteutettu tai toteutetaan alla kuvattuja kokeiluja. (Internet ITS Consortium 2003.)

Nagoya Pilot Program

Palvelussa on mukana yli 32 taksiyrittäjää ja 1 500 taksiajoneuvoa Nagoyan kaupungin alueelta.

- ♦ Palvelun teknisessä määrittelyssä luotiin Internet ITS -tiedonsiirtoympäristö perustuen IPv6-tekniikkaan, ajoneuvolaitteistoon, DSRC (Dedicated Short Range Communication)-tiedonsiirtoon¹ sekä Push-tyyppiseen sisällön välitykseen. (taksi vapaa/varattu, nopeus, ajosuunta, tiedonvälitys ohjauskeskukseen, muut olosuhdetiedot kuten ruuhkat yms.)
- ♦ Tietoa kerätään liikkuvista havaintoajoneuvoista (taksit). Tätä tietoa pyritään jatkojalostamaan ja myymään eteenpäin.
- ♦ Internet ITS -palvelun mahdolliset hyödyt taksiliiketoiminnassa selvitetään mm ajoneuvon sijaintitieto.
- ♦ Taksimatkestajalle tarjottavan sisältöpalvelun (mainostajat/ taksiyrittäjät, tiedotteet, turistipalvelut) kaupallisia mahdollisuuksia tutkitaan. Kosketusnäyttömonitorit ovat ajoneuvoissa takapenkillä istuvien käytössä. Tiedonsiirrossa hyödynnetään DSRC:tä pakettimuotoisella tiedonsiirrolla.
- ♦ Liikkuvien havaintoajoneuvojen avulla kerätään tietoa (sateet, ruuhkat, matka-ajat tiedoksi myös internetin käyttäjille).

¹ DSRC on lyhyen kantaman tiedonsiirtotapa, joka käyttää RF-taajuutta 5,8..5,9 GHz tai infrapuna. Euroopassa tätä käytetään lähes ainoastaan tietulleissa. Japanissa DSRC:n avulla halutaan myös välittää ajoneuvoihin muita palveluita, kuten turistitietoa, parkkimaksuja ja kulunvalvontaa.

Tokyo Pilot Program

Informaatiopalvelu autoilijoille, mukana 70 autoa.

- ♦ Palvelutietoa tarjotaan huoltoasemilla sekä pysäköintilaitoksilla
 - tietoa huoltotarpeesta, katsastuksesta yms.
- ♦ Sähköinen maksaminen pysäköintialueilla
 - maksu myös liikkuvasta ajoneuvosta
 - kulunvalvontasovellukset (maksutapahtuma, automaattiset portit)
 - push-tyyppinen tiedotus ajoneuvon sijainnista ja kuljettajan/matkustajan määrittelemistä asioista.

High Function Prototype Car Program

- ♦ Kokeilussa pyritään osoittamaan, miten Internet ITS -konseptin tulisi toimia tulevaisuudessa. Protoauton avulla osoitetaan, minkälaisia liiketoimintamalleja tämän varaan voidaan toteuttaa, sekä testataan ja kehitetään tulevaisuuden teknologioita ja palveluja, myös kuljettajan tukijärjestelmiin liittyviä sovelluksia.

3.2 6WINIT - IPv6 Wireless Internet Initiative

EU:n rahoittamassa 6WINIT-projektissa kehitettiin ja kokeiltiin erilaisia langattomia IPv6-palveluja, joista osa oli suunnattu tavallisille käyttäjille ja osa lääketieteen ammattilaisille. Projektissa VTT on kehittänyt palveluja, joiden avulla esimerkiksi kodin elektroniikka voidaan hallita mistä ja milloin vain IPv6:n ja entistä nopeampien langattomien verkkojen ansiosta. Asukas voi esimerkiksi tarkistaa Internet-selaimen tai videoyhteyden avulla, jäikö liesi päälle. Käytännössä työ tehtiin muokkaamalla olemassa olevia palveluja siten, että ne toimivat IPv6-ympäristössä. VTT:n kehittämiä palveluja olivat kodin laitteiden ohjaus kotona ja kodin ulkopuolelta, langattomaan lähiverkkoon perustuva paikannus ja siihen liittyvät palvelut sisätiloissa sekä pienikokoiseen Linux-palvelimeen perustuva sääasema, joka yksinkertaisesti tarjoaa käyttäjilleen tietoa päivän säästä. Kehitetyt palvelut ovat myös yleistettävissä, eli esimerkiksi kodin laitteiden ohjaamiseen käytettyä alustaa voidaan käyttää toimiston, teollisuuslaitoksen tai vaikka ajoneuvon etähallintaan. (VTT 2003.)

3.3 FleetNet - Internet on the Road

FleetNet on saksalainen kansallinen projekti, jonka tavoitteena on kehittää laite- ja ohjelmistoalusta ajoneuvojen väliselle kommunikaatiolle ja siihen pohjautuville sovelluksille, kokeilla eri teknologioita ja vaikuttaa ratkaisujen standardointiin. Projekti alkoi syyskuussa 2000 ja päättyi joulukuussa 2003. Projektiin osallistuvat mm. Daimler

Chrysler AG, NEC Europe Ltd, Robert Bosch GmbH, Siemens GmbH ja TEMIC. (Fleetnet 2003.)

Ajoneuvojen välisellä kommunikoinnilla voidaan lisätä kuljettajan mahdollisuuksia saada tietoa ympäristöstään. Tiedonsiirtoon tullaan alkuvaiheessa käyttämään UMTS-verkkoa ja UMTS-standardin osana määriteltyä UTRA-radorajapintaa (Universal Terrestrial Radio Access). FleetNet-projektissa tutkitaan erityisesti, miten ajoneuvojen kommunikoinnissa voidaan käyttää ad-hoc-verkkoja. FleetNet-projektissa kehitetään tarvittavat protokollat, joiden avulla eri sovellukset voivat toimia kokoonpanoltaan nopeasti muuttuvissa ad-hoc-verkoissa. Tavoitteena on parantaa UTRA-radorajapintaa tai korvata se FleetNet-projektin puitteissa kehitettävillä protokollilla. Projektin piloteissa käytetään kaupallisia IEEE 802.11 WLAN -komponentteja. FleetNet-projektissa on kehitetty muun muassa seuraavia sovelluksia:

- ♦ hälytystietojen välittäminen (esim. onnettomuus tiellä), esteistä varoittaminen, ajoetäisyys pitäminen vakiona (cooperative driver assistance)
- ♦ paikallisen ruuhkan monitorointi, dynaaminen navigointi, tiesään ennustaminen (decentralised floating car data)
- ♦ käyttäjien välinen kommunikointi ja tietopalvelut, kuten Internetiin pääsy ns. hot-spoteissa, mobiilimainokset, ajoneuvojen välinen keskustelu, hajautetut pelit.

4 MAHDOLLISET IPV6-KOKEILUKOhteET

4.1 Yleistä

IPv6:n käyttökohteita liikenteen, liikkumisen ja logistiikan palveluissa on erittäin monia. IPv6 tarjoaa lähinnä uudenlaista teknistä perustaa ja sitä kautta lisäarvoa joillekin palveluille tai niiden toteutukselle. Liitteen 1 taulukkoon on kerätty liikennetelematiikan sovellusalueittain mahdollisia Ipv6:tta hyödyntäviä sovelluksia ja palveluita. Ennen kuin Ipv6:tta voidaan kuitenkaan hyödyntää liikenteen palveluissa, tulee lähes aina ensin määrittää tarkasti palvelukonsepti. Lisäksi järjestelmien ja laitteistojen ohjelmistoja tulee päivittää.

Kaikki liitteessä 1 kuvatut palvelut eivät kuitenkaan vielä ole toteuttamiskelpoisia. Tässä luvussa kuvataan ne palvelut, joissa IP-tekniikan kokeileminen ensiksi olisi kannattavinta. Palveluista kuvataan tässä niiden sisältö, tekninen toteutus, kokeilun hyödyt sekä potentiaaliset hyödyntäjät.

4.2 Tiedon vastaanottaminen

4.2.1 Huoltoasemat

Tiehallinto on muodostamassa tieinfopisteverkostoa pääteiden tärkeimmille pysähdyspaikoille. Huoltoasemilla olevista internetiin liitetyistä päätelaitteista tiellä kulkijat näkevät ajantasaisia tietoja muun muassa kelistä, tietöistä, liikenteestä, kelirikkorajoituksesta sekä lossi- ja lautta-aikatauluista. Osassa pisteistä myös kunnat esittelevät matkailupalvelujaan ja tapahtumiaan. Pisteitä on nyt 24, ja lähivuosina määrä kasvaa noin viiteenkymmeneen. Tieinfopisteet on sijoitettu pääteiden korkeatasoisille pysähtymispaikoille ja niille opastetaan liikennemerkein.

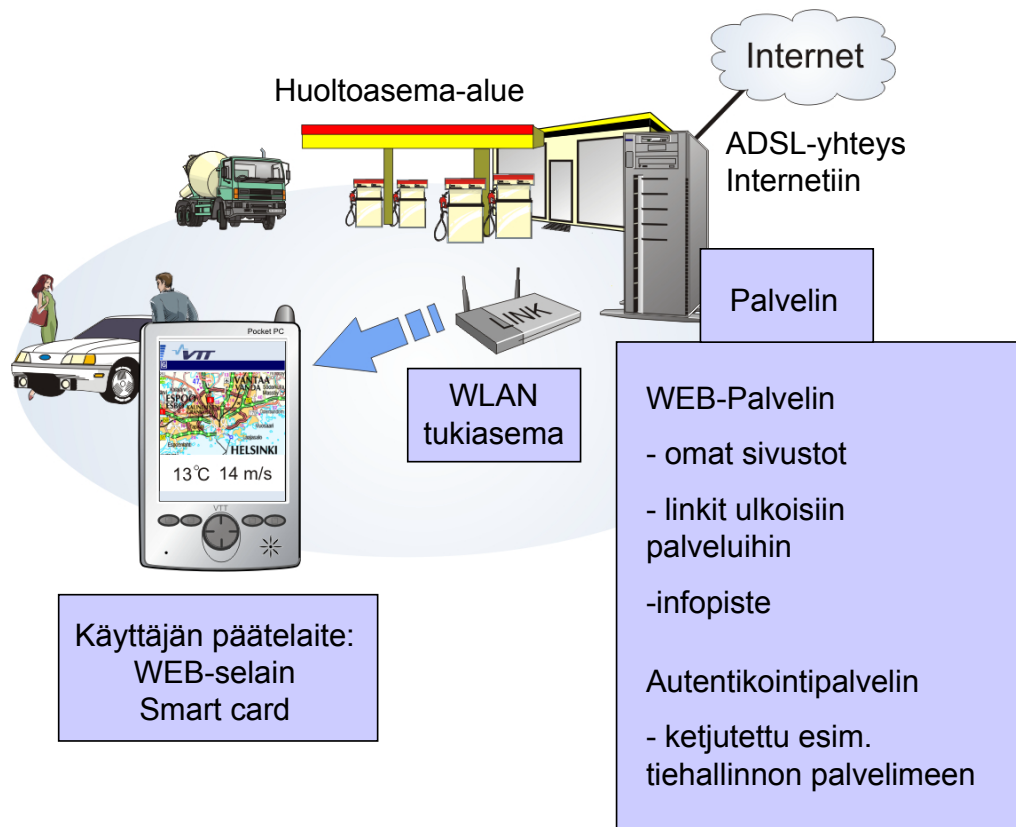
Infopisteistä asiakkaat eivät kuitenkaan saa tietoja mukaansa muuten kuin muistiinsa ja lisäksi päätteen käyttöä voi joutua jonottamaan. Autossa olevaan päätelaitteeseen siirrettynä infopisteen tiedot olisi käytettävissä myös huoltoasemalta poistuttaessa.

Huoltoaseman voidaan olettaa olevan kytketty Internet-verkkoon kiinteän (esim. ADSL) yhteyden kautta, ja näin erilaiset palveluntarjoajat ovat saavutettavissa. Huoltoaseman sisä- ja ulkoalueet voidaan liittää tietoverkkoon langattomasti esimerkiksi WLAN-tekniikalla. Alueelle saapuvat käyttäjien päätelaitteet, kuten tulevaisuudessa yleistyvät ajoneuvotietokoneet, kytkeytyvät verkkoon automaattisesti.

Käyttäjän tunnistuksessa voidaan käyttää hyväksi jo toimivia WLAN- ja Web-pohjaisia mekanismeja, joissa käyttäjä saa pääsyn verkkoon vain tunnuksella ja salasanalla. Tulevaisuuden ratkaisuihin voidaan mukaan helposti ottaa mukaan joko älykorttia tai ohjel-

mistopohjaisia sertifikaatteja käyttävät toteutukset. Näin verkkoyhteyden ja palveluiden tarjoajat voivat tarjota palvelujaan vain rekisteröityneille (ja maksaville) asiakkaille.

Varsinaisten palveluiden käyttö tapahtuu päätelaitteen Web-selaimella. Palvelut voivat olla paikallisesti informoivia tai yleisiä Internetin kautta tarjottavia. Myös tiedon lataus ja talletus päätelaitteeseen voi tapahtua www-sivujen kautta.



Kuva 1. Huoltoasemalle toteutettu langaton IPv6-pohjainen tietoverkko, jossa WEB-palvelimen kautta voidaan tarjota paikallisia ja ulkoisia Internet-palveluita.

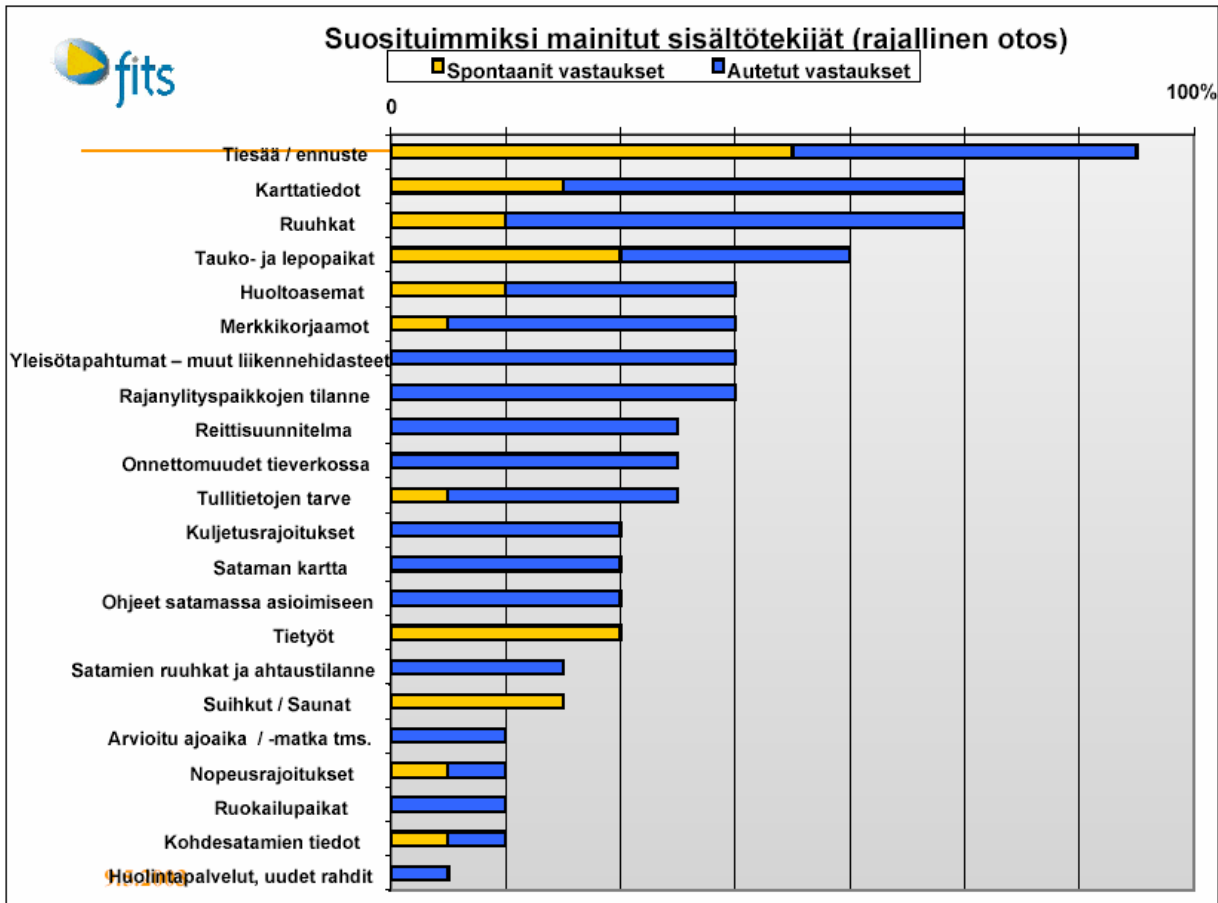
Kokeilussa voitaisiin ensin käyttää hyväksi infopisteissä jo tällä hetkellä olevia tietoja. Tulevaisuudessa huoltoasemien olisi mahdollista profiloitua esimerkiksi kunnan tai maakunnan matkailutietoa tarjoavaksi tai esimerkiksi urheilutietoja välittäväksi asemaksi. Ehkä tärkeimmäksi tielläliikkujien tietoverkkopalveluksi huoltoasemien hotspoteilla kehittynee sähköpostien latausmahdollisuus sekä Internetin nopean selailun mahdollisuus omilla laitteilla. Yhteyden muodostamisessa kanta-asiakkuus tai ostosten teko voisi oikeuttaa langattoman yhteyden käyttöön. Lisäksi ajoneuvon tai sen käyttäjän tunnistaminen tankkauksen yhteydessä voinee mahdollistaa laskutuksen automatisoinnin. Palvelujen tarjoamisesta huoltoasemat hyötyvät kasvavilla asiakasmäärillä, millä asemat kattavat kustannukset yhdessä tiedon tuottajien kanssa.

4.2.2 Raskaan liikenteen solmukohtat

Tavaraliikenteen kannalta keskeisiä liikenteen solmukohtia ovat terminaalit (esimerkiksi satamat), joissa kuljetettava tavara voi vaihtaa kuljetusyksikköä sekä kuljetusmuotoa. Toimitusketjussa tarvitaan monimutkaisia tietojärjestelmiä mm. tavaroiden seuraamiseen. Lisäksi tavaroiden kuljettajat tarvitsevat tietoja sujuvan ja virheettömän kuljetustapahtuman varmistamiseksi.

FITS-ohjelmassa tehdyssä Infolaituri-hankkeessa (Kuljettajien informaatiopalvelu laivoilla ja satamissa) selvitettiin ensisijaisesti tavaraliikenteen kuljettajille tarjottavien informaatiopalvelujen näkökulmasta mm. tietotarpeita, palvelun sisältöä ja sisällöntuottajia. Visiona on parantaa satamien liikenteen sujuvuutta ja kuljettajien työoloja uudentyyppisen tietopalvelun avulla sekä kehittää liikenteen tiedotuspalveluita osana satamien ja varustamoiden tietopalveluja. Tämä tähtää myös joukkoliikenteen ja matkailijapalveluiden tiedotuksen parantamiseen. (Auvinen 2003.)

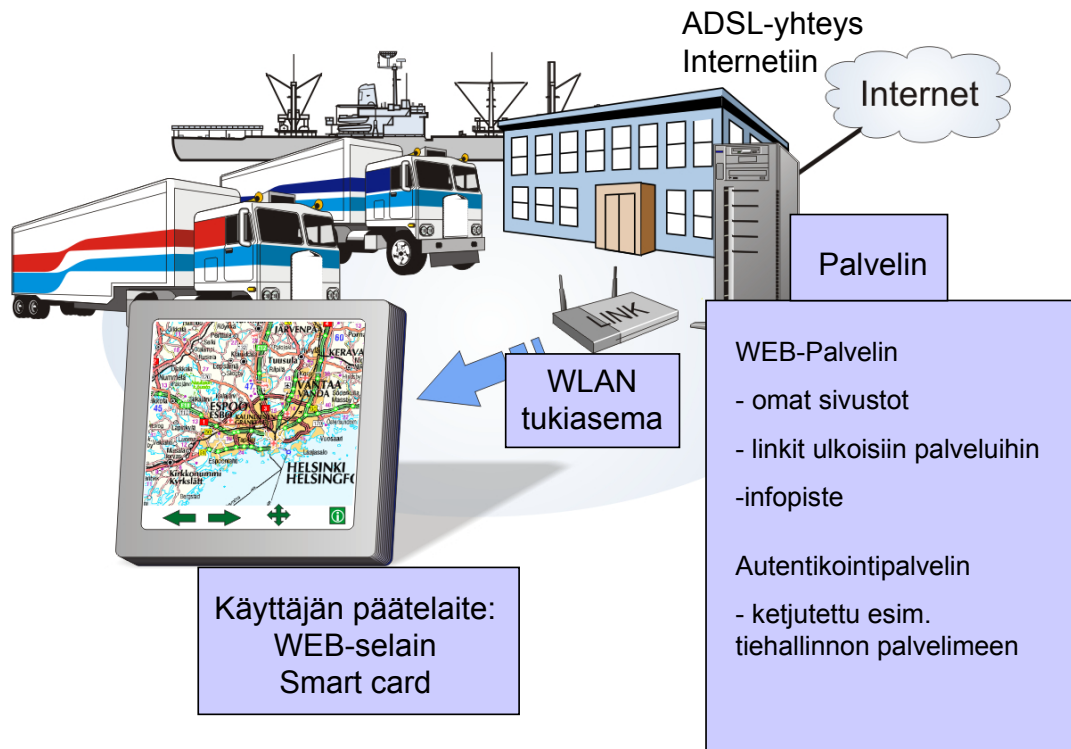
Selvityksen perusteella suomalaiset kuljettajat ovat kiinnostuneimpia ulkomaan karttapalveluista, tieverkon tilanteesta ja säästä. Ulkomaiset kuljettajat ovat kiinnostuneita Suomen kartoista, liikenteeseen liittyvien palvelujen tarkoista tiedoista (esim. aukioloajoista), tullipaikoista tietoineen sekä ennustetusta säätilasta että tiesäästä. Haastatteluisissa esille tulleita tarpeita tietopalveluiden sisällöksi on listattu kuvassa 2. (Auvinen 2003.)



Kuva 2. Infolaituri-hankkeessa tunnistettuja tarpeita tavaraliikenteen kuljettajien informaatiopalvelujen sisällöksi (Auvinen 2003).

Palvelua on ajateltu käytettäväksi erityisesti laivoilla (rekkamessit). Muita suunniteltuja käyttöpaikkoja ovat satamien asiointitilat, rekkaparkit, huoltoasemat ja ajoneuvoissa tapahtuva mobiilikäyttö. Tarkoituksena on, että tietoa voidaan ohjata käyttötilanteen ja käyttäjätarpeen mukaisesti valitulle päätelaitteelle. Vuoden 2003 aikana Infolaituri-konseptia on tarkoitettu pilotoitua verkko- ja extranet-palveluna sekä matkapuhelinpalveluna. (Auvinen 2003).

Infolaituri-palvelua voidaan kokeilla vastaavanlaisena IPv6-sovelluksena (kuva 3) kuten luvussa 4.2.1 kuvattua tiedon jakamista huoltoasemilla. Fyysinen infolaituri-piste kytkeytyy esimerkiksi kiinteän ADSL-yhteyden kautta Internetiin ja infolaiturin lähialue katetaan esimerkiksi langattomalla WLAN-verkolla. Palvelujen käyttö, tiedon lataus ja talletus onnistuu tällöin kannettavien päätelaitteiden avulla esimerkiksi rekka-auton ohjaamossa eikä välttämättä vaadi kuljettajalta käyntiä varsinaisessa ”infopisteessä”. Infolaituri-palvelun toteutus on kuvattu tarkemmin seuraavassa kuvassa.



Kuva 3. Infolaituri-palvelun toteuttaminen langattomalla IPv6-pohjaisella tietoverkolla, jossa WEB-palvelimen kautta voidaan tarjota paikallisia ja ulkoisia Internet-palveluita.

4.2.3 Joukkoliikennetieto

Joukkoliikennematkustajat haluavat ajantasaista tietoa joukkoliikenteestä, kuten häiriötietoa sekä tietoa vaihdoista ja ohitusajoista pysäkeillä. Tämä tieto halutaan sekä matkan vaihtopisteissä, kuten terminaaleissa ja bussipysäkeissä, että matkan aikana joukkovälineissä. Joukkoliikenneoperaattorin tai -järjestäjän AVM (Automatic Vehicle Monitoring) -järjestelmä kerää ajantasaista tietoa GPS-antureista varustetuista ajoneuvoista. Tämä tieto jalostetaan ja jaetaan infolaitteille.

IPv6 antaa mahdollisuuden infolaitteiden varustamiseen omalla IP-osoitteellaan. Tällöin tiedon haku ja lähettäminen sekä järjestelmien hallinta voidaan hoitaa tietoverkon kautta. Infolaitteet voivat olla pysäkillä tai ajoneuvossa kytkettynä ajoneuvotietokoneeseen. Hoitamalla liikenne ajoneuvotietokoneen ja infolaitteen välillä langattomalla tai langallisella lähiverkolla kautta, varmistetaan ettei infolaitte vaikuta ajoneuvotietokoneen käytövarmuuteen.

Joukkoliikennetiedon lisäksi matkustajille voidaan tarjota infotainment-palveluja, kuten turisti-infoa tai uutisia. Infolaitteen kiinteä IP-osoite yksinkertaistaisi tietojen päivitystä ja hallintaa. Tieto voitaisiin esimerkiksi päivittää yöllä varikolla tai päivän aikana terminaaleissa.

Infolaite voi myös toimia infopisteenä, joka jakaa tietoa matkustajien henkilökohtaiselle päätelaitteelle, samanlaisella tavalla kuten kuvattu kohdassa 4.2.1 ja 4.2.2.

Ehdotetaan kokeiltavaksi bussiin asennettavaa IPv6-tekniikkaa hyödyntävää infolaitetta. Laite voi olla esimerkiksi bussin sisätiloihin sijoitettava näyttö. Näytöllä voidaan esittää esimerkiksi tuoreita uutisia tai paikkariippuvaisia mainoksia. Tiedonsiirto ajotietokoneen ja infolaitteen välillä voidaan hoitaa bussiin asennettavan langallisen tai langattoman lähiverkon kautta. Lähiverkon käyttöä bussissa demonstroitiin jo INVETE-projektissa. Ajoneuvotietokoneesta infolaite saa paikannus- ja muuta tietoa, jota voidaan käyttää paikka- ja kontekstisidonnaisten palveluiden tarjoamiseen matkustajille. Mahdollisia yhteistyökumppaneita ovat esimerkiksi laitevalmistajat, mediatalot ja joukkoliikenneoperaattorit.

4.3 Kaluston hallinta

Yhteyden ottaminen ajoneuvossa sijaitseviin laitteisiin kuten multimedianayttöihin tai kameroihin olisi olennaisesti nykyistä helpompaa, jos niillä kaikilla olisi oma julkinen IP-osoitteensa. Ajoneuvoon asennetut laitteet voidaan kytkeä yhteen IPv6-verkolla, josta on yhteys myös ohjauskeskukseen tai julkiseen Internetiin. Tämä mahdollistaisi laitteiden tilan tarkistamisen reaaliaikaisesti etävalvontana ja toisi mahdollisuuden kauko-ohjata laitteita. IPv6 helpottaisi siksi erilaisista ajoneuvoista tai vaihtelevasta määrästä ajoneuvoja koostuvan kaluston hallintaa. IPv6 siis helpottaa erityisesti ohjauskeskuksen kommunikointia ajoneuvolaitteiden kanssa.

Esimerkkinä listataan Suomessa mahdolliset sovellukset joukkoliikennekalustossa:

- ♦ ajoneuvolaitteen tietojen, kuten aikataulu- ja reittitietojen päivittäminen, ajoneuvotietokoneen ohjelmien päivittäminen ja päivitysten hallinta; rahastuslaitteiden maksumatkojen välittäminen
- ♦ ajoneuvotietokoneen tallentaman tiedon välittäminen ajon aikana reaali-ajassa tai vuoron päättyessä varikolla keskusjärjestelmään (merkityksellisiä ajoneuvoon asennetun järjestelmän keräämiä tietoja ovat esimerkiksi tiedot matkustajien määrästä reitin aikana ja tiedot polttoaineen kulutuksesta)
- ♦ radioiden rinnakkaiskäyttö, jolloin ajoneuvo voi käyttää aina edullisinta tiedonsiirtotietä, esim. WLAN:ia varikolla ja terminaalissa, paikallista suljettua radioverkkoa kaupunki-alueella ja GPRS:ää kaupunkien välillä
- ♦ etävalvonta ja -diagnostiikka: ajoneuvotietokone voi itse tarkkailla ajoneuvon tai joukkoliikennepalvelun tilaa ja ilmoittaa erikoistilanteista kuten ajoneuvon vioista ohjauskeskukseen, jotta tämä voi ryhtyä jatkotoimenpiteisiin. Ohjauskeskus voi tiedon saatuaan esimerkiksi lähettää uuden bussin rikkoutuneen tilalle tai varata ajoneuville ajan huoltoon

- ♦ turvasovellukset: ilkivallan tapahtuessa joukkoliikenneoperaattori, poliisi tai muu viranomainen voi saada reaaliaikaisesti käyttöönsä bussin tai taksin turvakameran kuvan
- ♦ kutsujoukkoliikenteessä ohjauskeskus voi ottaa yhteyttä sopimustaksien ajoneuvotietokoneisiin kuljetuksia järjestellessään eikä kuljettajien ajoa enää samassa määrin tarvitse häiritä tekstiviesteillä tai soitoilla matkapuhelimeen.

Mahdollinen pilotointikohde voisi olla kuljettajan ajotavan tarkkailu ja etävalvonta. Joukkoliikenteessä polttoaineen kulutus voi vaihdella paljon kuljettajasta toiseen. Ajoneuvon asennetaan erillinen monitorointilaitte tai palvelu toteutetaan ajoneuvotietokoneessa. Laitte hakee polttoaineen kulutukseen liittyvää ja muuta tietoa ajoneuvon moottorin elektroniikalta ja ajoneuvon asennetuilta antureilta. Jos laitteen prosessointikapasiteetti on tarpeeksi suuri, kuljettajaa voidaan ohjata taloudellisempaan ajotapaan. Vuoron lopussa tieto siirretään IPv6-tekniikkaa hyödyntävän WLAN-yhteyden kautta varikolle. Varikolla erillinen ohjelmisto käsittelee tiedot ja hyödyntää niitä kaluston hallintaan liittyvissä prosesseissa.

4.4 Kuljetusten hallinta

Toimitusketjujen virtaviivaistuessa ja toimitusaikojen lyhentyessä paine erilaisten informaatiojärjestelmien kehittämiseksi kasvaa. Esimerkiksi yksikkökuljetuksissa kuljetusmuoto ja/tai -väline vaihtuvat useamman kerran kuljetusprosessin aikana ja tällöin yksikköön liittyvä informaatio on siirrettävä kuljetusyhtiöiden välillä tietojärjestelmästä toiseen. Suuret yhtiöt voivat käyttää automaattisia EDI-siirtoja, mutta pienemmät yhtiöt siirtävät tiedot käytännössä aina manuaalisesti. Nämä manuaalisiirrot merkitsevät ylimääräisiä kustannuksia, kuljetusviiveitä, kuljetusten suunnittelun heikkoa tasoa ja laatuvirheitä toiminnoissa. Lisäksi tietojärjestelmien alkeellisuus estää uudentyypisten toiminnallisten ratkaisujen sekä logististen prosessien kehittämisen. Toimitusketjun eri osapuolten eli yritysten lisäksi tiedon mahdollisia käyttäjiä ovat ajoneuvojen kuljettajat, loppuasiakkaat sekä eri viranomaistahot.

Nykyisellään asiakaskunta on kiinnostunut omien kuljetustensa seuraamisesta läpi kuljetusketjun (tracking). Suuret kuljetusyhtiöt tarjoavat jo tämän seurantapalvelun perustuen tosin vielä pitkälti manuaaliseen tunnistamiseen. Seurantapalvelut pohjautuvat nykyisen Internet-teknologian hyödyntämiseen, joka sinänsä on voimakkaassa kehitysvaiheessa. Seuranta voi olla joko reaaliaikaista tai yksiköiden tunnistamista kuljetusketjun eri terminaaleissa. Kehittyneemmällä tekniikalla pyritään jatkossa kuljetusyksiköiden automaattiseen tunnistamiseen kuljetusketjussa. Tällaiset järjestelmät voidaan integroida edelleen terminaalien ja operaattoreiden tietojärjestelmiin ja sitä kautta aina loppuasiakkaan hyödynnettäväksi esimerkiksi Internet-selaimella.

Citylogistiikan ohjaus on haasteellinen tehtävä, koska ohjattavia ajoneuvoja on paljon, keikat lyhyitä ja ajallisesti nopeita. Kuljetuksenohjaajan ongelmana on kuormituksen tasainen jakaminen ja toisaalta käytettävissä olevan kaluston mahdollisimman tehokas hyödyntäminen. Optimitilanteessa kuljetustenohjaajalla on reaaliaikainen tieto kaluston sijainnista, tilasta (lastattu/tyhjä) sekä tilauksista eli kuljetusta odottavista tavaroista. Lisäksi hänellä on tarvittaessa suoraan yhteys ajoneuvoihin kyselyjä tai ohjeistuksen antamista varten.

Kylmäkuljetus on esimerkki vaativasta kuljetustapahtumasta, jossa etävalvonnan avulla voidaan nopeasti tunnistaa poikkeamatilanteet ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin lämpötilaherkän lastin vaatimien ympäristöolosuhteiden palauttamiseksi ennalleen. Useissa toimitusketjuissa kylmäkuljetusyksikkö (puoliperävaunu tai reefer-kontti) on pitkiä aikoja kuljettajan valvonnan ulkopuolella. Etävalvonnan tulisi perustua tieto- ja tiedonsiirtojärjestelmään, joka mahdollistaa kuljetustenohjaajan sijoittumisen maantieteellisesti riippumattomaan paikkaan mahdollistaen kuitenkin jatkuvan yhteyden havainnointavaan kuljetusyksikköön sekä mahdollisuuden säätää esimerkiksi kontin lämpötilaa ilman kuljettajan apua.

Teknisen toteutuksen osalta kuljetusten hallinnassa voidaan soveltaa pitkälti samaa ratkaisua kuin kaluston hallinnassa (kpl 4.3) Tällöin ajoneuvoon ja kuljetusyksikköön asennetut laitteet voidaan kytkeä yhteen IPv6-verkolla, jonka kautta on yhteys kuljetuksenohjaajalle sekä julkiseen Internetiin asiakkaille tarjottavia seuranta- yms. palveluja varten. Kuljetuksenohjaajalle IPv6 tarjoaisi aikaisempaa paremmat yhteydet ja kommunikointivalmiudet ajoneuvoympäristön kasvavan laitekannan kanssa.

Ratkaisu mahdollistaa kuljetustilan olosuhteita tarkkailevien laitteiden tilan tarkistamisen reaaliaikaisesti etävalvontana ja toisi mahdollisuuden kauko-ohjata laitteita poikkeamatilanteissa esimerkiksi lämpötilaherkän lastin vaatimien ympäristöolosuhteiden palauttamiseksi ennalleen. Myös viranomaistahoille voidaan tarjota uusia keinoja seurata VAK-kuljetusten etenemistä ja nopeampaa reagointiaikaa mahdollisissa onnettomuustilanteissa. IPv6:n käyttöönotto helpottaisi ajoneuvojen, kuljetusyksiköiden ja näiden sisältämien tavaroiden reaaliaikaista seurantaa ja ohjausta.

4.5 Ajoneuvojen kommunikointi

Ajoneuvot voivat kommunikoida keskenään ajoneuvoihin asennettujen päätelaitteiden automaattisesti muodostaman ad-hoc-verkon kautta. Tämä edellyttää fyysistä tiedonsiirron kanavaa ajoneuvojen välille ja päätelaitteilla olevia julkisia IP-osoitteita. Ajoneuvojen välille spontaanisti muodostuva ad-hoc-verkko mahdollistaa uusien sovellusten toteuttamisen.

Ajoneuvojen välinen kommunikointi oli saksalaisen FleetNet-projektin pääteemana ja sovelluksia on listattu FleetNet-projektia käsittelevässä kappaleessa 3.1.3. Pilottikohde

voi olla ammattiliikenteen (esim. taksit, huoltoyhtiö tai tien huolto) yhteistoiminta, jossa samaan tehtävään osallistuvat ajoneuvot välittävät tietoa tehtävän edistymistä keskenään esimerkiksi ad-hoc WLAN-verkon avulla. Tekniikka voisi parantaa turvallisuutta ja tuottavuutta tietyössä.

Kaikkiin ryhmään kuuluviin ajoneuvoihin asennetaan ajoneuvotietokone, joka käyttää IPv6-yhteensopivaa WLAN-verkkoa. Työmaalla olevat ajoneuvotietokoneet ja muut ammatilaiskäytössä olevat tietokoneet voivat muodostaa ad-hoc-verkon ja päättää rooleista. Roolin mukaan ajoneuvotietokoneessa pyörii sovellus, joka auttaa kuljettajaa suorittamaan tehtävänsä.

Työmaalle tulevat ajoneuvot voivat pyytää pääsyä verkkoon. Jos ajoneuvo tunnistetaan ja liittyminen verkkoon hyväksytään, mahdolliset ohjeet, kuten saapuvan tavaran jättäminen oikeaan paikkaan, lähetetään ajoneuvotietokoneeseen. Ajoneuvotietokoneen sovellus voi esimerkiksi pyytää toiselta ajoneuvolta anturitietoa tai vaihtaa muiden ajoneuvotietokoneiden kanssa tietoa työn edistymisestä. Samantyyppistä ratkaisua voidaan soveltaa isoissa, esimerkiksi teollisuuskiinteistöissä, joissa tulevat ajoneuvot voidaan liittää paikalliseen IPv6-yhteensopivaan WLAN-verkkoon ja opastaa oikealle ovelle.

4.6 Liikenne-, ympäristö- ja ohjaustiedon keruu- ja hallintajärjestelmät

Liikenteen telematiikan kaikki palvelut perustuvat ajantasaiseen tietoon liikennejärjestelmästä ja sen tilasta. Liikennejärjestelmän kiinteitä ja hitaasti muuttuvia osia kuvataan esimerkiksi väylärekistereissä ja digitaalisissa kartta-aineistoissa kuten Digiroad. Liikenteletematiikan palveluiden sisällön kannalta ehkä vielä tärkeämpää on liikennejärjestelmän ajantasaista tilaa liikenteen kannalta kuvaava tieto, jota kerätään erilaisilla seurantajärjestelmillä. Kiinteisiin antureihin perustuvia järjestelmiä ovat Suomessa mm. tieliikenteen automaattiset mittausasemat, matka-aikoja rekisteritunnusten automaattisella tunnistuksella mittaavat järjestelmät, liikennevalojen silmukka- ja muut ilmaisimet, tiesääasemat, keli- ja liikennekamerat, ilman laadun mittausasemat, pysäköintilaitosten käyttöastetta mittaavat ilmaisimet ja rataverkolla olevat ilmaisimet. Liikkuviin antureihin perustuvia järjestelmiä ovat erilaiset satelliittipaikannukseen perustuvat tavaraliikenteen kaluston ja kuljetusten seurantajärjestelmät, teiden kunnossapitoajoneuvojen seurantajärjestelmät, pääkaupunkiseudun taksijärjestelmä ja linja-autojen ajantasaiset seurantajärjestelmät. Erilaisia liikenteeseen liittyviä kiinteitä ja liikkuvia mittaasemia on Suomessa jo tuhansia ja niiden määrä on lisääntymässä nopeasti.

Nykyään mittaasemien tietoja kerätään keskusjärjestelmiin erilaisilla tavoilla, esimerkiksi modeemin kautta analogista puhelinlinjaa pitkin, digitaalista tiedonsiirtoa (ADSL) hyödyntäen tai matkapuhelinyhteyden (GSM-data tai GPRS) tai tekstiviestien (SMS) avulla. Osassa järjestelmiä ajantasaista tietoa ei siirretä edes koottuna eteenpäin, vaan sitä käytetään vain paikallisesti esimerkiksi liikennevalojen ohjaukseen. Tiedonsiirto on

kussakin sovelluksessa yleensä ratkaistu sovellus- ja laitteistotoimittajakohtaisesti, mistä on aiheutunut yhteensopivuus- ja kustannusongelmia. Vastaavanlainen tilanne ja samantapaisia ongelmia on erilaisten liikenteen ohjausjärjestelmien (liikennevalot, muuttuvat nopeusrajoitukset ja muut muuttuvat opasteet) hallinnassa.

IPv6 antaa mahdollisuuden mittausasemien, anturien ja ohjauslaitteiden varustamiseen omalla IP-osoitteellaan. Tällöin tiedon haku ja lähettäminen sekä järjestelmien hallinta voidaan hoitaa tietoverkon kautta. Yksittäistä anturia ja sen tilaa voidaan seurata etävalvonnan avulla ja osa mahdollisista korjauksista mm. asemien ohjelmiin voidaan hoitaa tietoverkon välityksellä ohjauskeskuksesta. Ohjauslaitteiden ohjaus, kuten muuttuvan opasteen viestin muuttaminen ja kulloinkin näytettävän viestin varmentaminen, voidaan hoitaa tietoverkossa.

Mittausasemat ja anturit voidaan liittää tietoverkkoon joko langallisesti tai langattomasti. Edullisin vaihtoehto lienee GPRS-modeemi. Verkon laitteilta voidaan vaatia tunnistus- ja salaustoiminnot, jotka perustuvat ennalta asennettuihin avaimiin. Edelleen laitteet voivat välittää tietoja joko oma-aloitteisesti tai pyydettyä. Yksittäiset laitteet voidaan yksilöllisen osoitteen avulla aina erottaa toisistaan.

Hajautetun tiedonkeruujärjestelmän kommunikointi voidaan toteuttaa IPv6:n päällä olevien sovellusten avulla. Edelleen järjestelmän hallinnoijat ja käyttäjät voivat ohjata ja seurata laitteita ja palveluita yksinkertaisten Web-pohjaisten sovellusten avulla.

IPv6-perustaisten palveluiden välittömänä hyötynä olisi tiedonsiirron tehostuminen ja kustannusten minimointi, mikä puolestaan nopeuttaa seurantajärjestelmien toteuttamista sekä niihin perustuvien palvelujen syntymistä ja tuottamista. IPv6-perustainen palvelu antaa myös mahdollisuuden poikkeustilanteiden hoidon kannalta oleelliseen tiedonsiirron priorisointiin ja järjestelmien vaatiman korkeatasoisen tietoturvan toteuttamiseen. Lisäksi merkittävä etu IP-pohjaisesta järjestelmästä koituisi siitä, että koko verkon laitteiden ohjauksen tapahtuessa IP-verkon avulla voidaan vähentää erilaisten ohjauskoneiden määrää ja hajauttaa ohjausta virhetilanteiden varalta

Merkittävää olisi IP-perustaisten järjestelmien mukanaan tuoma yhteinen järjestelmäarkkitehtuuri. Seuranta- ja ohjausjärjestelmien hallintapalvelut olisivat ainakin periaatteessa yhteentoimivia ja olisi mahdollista huolehtia kaikkien järjestelmien hallinnasta yhden yhteisen käyttöliittymän välityksellä.

Palvelujen käyttäjiä olisivat seuranta- ja ohjausjärjestelmien omistajat ja käyttäjät eli Suomessa lähinnä väylälaitokset, kunnat sekä liikennöitsijä- ja kunnossapitoyritykset. Välillisesti käyttäjiä ovat myös seurantatietoon perustuvat sisältöpalvelut tuottajineen ja asiakkaineen. Palveluiden tuottajia olisivat joko seuranta- ja ohjausjärjestelmien omistajat tai erilaiset yritykset, jotka voisivat tuottaa palveluja järjestelmien omistajille.

5 PÄÄTELMÄT JA SUOSITUKSET

Tällä hetkellä sekä tiedon siirtoon tarvittavat langattomat tekniikat että uusi internet-protokolla Ipv6 ovat niin kehittyneitä, että niiden käyttöä voidaan kokeilla liikennepalveluissa. Lisäksi IPv6:lla on vanhaan protokollaan verrattuna paljon etuja: laajempi osoiteavaruus, liikkuvuuden tuki, tietoturvan parempi määrittely, yksinkertaisempi pakettien otsikkokenttä, mahdollisuus merkitä paketteja erilaisiin luokkiin tarpeen mukaan, verkon automaattinen osoitteistaminen ja langallisten ja langattomien verkkojen integroiminen. Yhdessä nämä piirteet tekevät mahdolliseksi toteuttaa palveluita, jotka ovat liikkuvan käyttäjän saavutettavissa ajasta ja paikasta riippumatta – mutta myös tarvittaessa riippuen.

IPv6:n etu onkin siinä, että tiettyjen palvelujen laajamittainen käyttöönotto ei ole mahdollista tai tehokasta IPv4-maailmassa. Tarvittaessa IPv4 voidaan päivittää IPv6:ksi, mutta päivittäminen on hankalaa. IPv6:n käyttöönotto heti alusta alkaen on myös halvempaa kuin siihen siirtyminen jälkikäteen. Koska päivitys on kuitenkin joskus edessä, siihen täytyy varautua ainakin lisäämällä IPv6-tuki nykyisiin järjestelmiin. Uusia järjestelmiä ei kannata toteuttaa enää vanhaan tapaan käyttäen IPv4:ää ja tiedonsiirtoon modeemia, vaan tulevaisuuden verkot ja palvelut on syytä jo nyt suunnitella ja toteuttaa uuden Internet-protokollan mukaisesti. Tällä hetkellä järjestelmien toteuttaminen IPv6:lla ei ole kovinkaan paljoa kalliimpaa kuin versiolla 4.

Toisaalta täytyy miettiä tulevaisuuden palveluja, jotka mahdollisesti hyötyvät IPv6:sta. IPv6 ei ole ainoa mahdollistava tekniikka, jota tulevaisuuden palvelut tarvitsevat: tarvitaan nopeampia ja parempia verkkoja (lyhyen kantaman pikoverkkoja, langattomia lähiverkkoja, selluverkkoja sekä satelliittiverkkoja), tunnistusmenetelmiä, palveluarkkitehtuuriin liittyviä ratkaisuja jne. Alempien tiedonsiirtokerrosten protokollat piiloutuvat yhtenäistävän IPv6-kerroksen alle ja näin tehostetaan palveluiden toteutusta ja toimintaa.

Tämä selvitys osoitti, että IPv6:lla on paljon sovellusmahdollisuuksia liikenteen ja logistiikan palveluissa. Aluksi muutaman palvelun käytännön toteutettavuutta kannattaisi kokeilla. Kokeilut voidaan tehdä joko laajoina kuluttajien kanssa tai pienimuotoisina vain tekniikkaa kokeillen. Kokeilut voidaan tehdä yhdellä päätelaitteella.

6 LÄHTEET

Auvinen, S. 2003. Infolaituri: Kuljettajien informaatiopalvelu laivoilla ja satamissa. PowerPoint-esitys: <http://www.vtt.fi/rte/projects/fits/kevattapaaminen03/Auvinen.pdf>

Fleetnet. 2003. <http://www.fleetnet.de>

Hinden, R. 2003. IP Version 6 (IPv6).
<http://playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-main.html> [päivitetty 3.1.2003]

IETF (The Internet Engineering Task Force). 2003.
<http://www.ietf.org/ids.by.wg/ipv6.html>

Internet ITS Consortium. 2003. <http://www.internetits.org/en/>

IPv6 Cluster. 2003. Moving to IPv6 in Europe.
<http://www.ist-ipv6.org/pdf/ISTClusterbooklet2003.pdf>

Network Magazine. 2001. IPv6 vs IPv4. February 2001 Issue.
<http://www.networkmagazineindia.com/200102/mobile2.htm>

Takalo, T. 2001. IPv6-protokolla ja sitä käyttävän testiverkon kehittäminen. Opinnäyte-työ. Hämeen Ammattikorkeakoulu. Riihimäki.

VTT. 2003. 6Winit – IPv6 Wireless Internet Initiative.
<http://www.vtt.fi/ele/research/els/projects/6winit.html>

Liite 1. IPv6:n hyödyntämismahdollisuudet liikennetelematiikan toiminnoissa

Liikennetelematiikan toiminto		Palvelun sisältö	Toteutettavuus	Haasteet
TIEDOTUS				
Tiedotus vaihtoehtoisista kulkumahdollisuuksista	Tiedon vastaanottaminen huoltoasemilla, autoilautoilla, terminaaleissa, sataman portilla, joukkoliikenneoperaattorin terminaaleissa, joukkoliikennevälineessä ym ns. hotspotteissa.		Liikkuvien käyttäjien palvelut voidaan toteuttaa olemassa olevin menetelmin, kuten kännyköillä, mutta IPv6 tuomukanaan myös uusia vaihtoehtoja	Liikkujan sijainnin ja IP-verkon topologian yhteensovittaminen
Tiedotus liikenteen sujuvuudesta, häiriöistä ja tietöistä	Ryhmäviestit tienkäyttäjille liikenteen häiriötilanteissa push-toiminnon tai multicastin avulla.		Sijaintitieto saadaan tietoliikenneoperaattorilta tai paikantavasta päätelaitteesta itsestään	IP ei ota kantaa miten tiedonsiirto toteutetaan. (langaton/lanka, GPRS, WLAN)
Tiedotus säästä ja kelistä			Hotspot-palveluissa tienvarren järjestelmä on yhteydessä esim. lankaverkon avulla ohjauskeskukseen ja langattomalla lähiverkolla ohi ajavaan ajoneuvoon.	Paikannustiedon saaminen ja hyödyntäminen palvelun toteuttamisessa. VTT Tietotekniikalla on menossa projekti, jossa päätelaitteen paikannusta käytetään herätteenä ja ennakkotietona hotspotin alueelle saapumisesta tai sieltä poistumisesta!
Tiedotus reiteistä, palveluista, matkailupalveluista			IPv6 helpottaa palvelujen toteutusta joissa käyttäjä tai päätelaite halutaan tunnistaa	
Tiedotus pysäköintipaikkojen vapaana olosta.				
Tiedotus joukkoliikenteestä (häiriöt, vuorojen saapumis- ja lähtötieto)				
KYSYNNÄN HALLINTA				
Liityntäpysäköinnin järjestäminen	Lähestyvistä tietullista tiedottaminen Hotspotin avulla		Tekniikat kehittyvät omaa polkuaan esim. tietullien ja alueellisten tienkäyttömaksujen osalta.	Maksuihin ja maksamiseen liittyvissä palveluissa on ratkaistava lainsäädännölliset yms. esteet
Kutsujoukkoliikenteen järjestäminen	Tietullin maksaminen		Ratkaisumalleja esim. tietulleja varten on jo olemassa, IPv6:sta ei suoranaisesti hyötystä.	Tunnistelematiikka HST-kortti, elektroniset ajokortit, ajoneuvon luotettava tunnistaminen yms.
Matkojen yhdistäminen			Palveluissa ei tarvita tiedonsiirtoverkkoja	
Henkilöautojen yhteiskäyttö				
Yleisten tienkäyttömaksujen käyttöönotto				
Ruuhka- tai muiden aluemaksujen käyttöönotto				
Pääsyn säätely (access control)				
Joukkoliikenteen maksujärjestelmät				
Usean palvelun integroidut maksujärjestelmät.				

Liikennetelematiikan toiminto		Palvelun sisäitö		Toteutettavuus		Haasteet	
LIIKENTEEN OHJAUS							
Liittymien ja väylien ohjaaminen liikennevaloin	Nykyisen järjestelmän toteuttaminen uudella teknikalla.	Jos toteutetaan IP-ratkaisuna, kannattaa käyttää IPv6:ta	Liikenteen valo-ohjaus toteutetaan suljetuilla verkoilla, jolloin osoitevaruus ei ole ongelma.				
Verkon ohjaaminen liikennevaloin	Vihreän valon saa ensin sitä eniten tarvitseva	Luodaan dynaaminen ad-hoc-lähi-verkko ajoneuvojen läheisyydessä.	Ad-hoc-verkkoon mukaan otettavien tunnistaminen (ajoneuvo/jalankulkija) ja paikantaminen liittymäalueella				
Liikennevalojen etuustoiminnot		Toteutettaneen suljettuina verkkoina.					
Paikallinen varoittaminen muuttuviin opastein	Muuttuvan ohjaustiedon kerääminen jos kaikki keruulaitteet on kytketty verkkoon – ohjauksen plug and play (ks. luku 4.5).						
Olosuhteiden mukaan muuttuva nopeusrajoitus							
Vaihtoehtoisille reiteille opastaminen							
Kaistankäytön ohjaaminen							
KALUSTON JA KULJETUSTEN HALLINTA							
Joukkoliikennekaluston hallinta	Kuljetusyksiköiden, tuotteiden ja ajoneuvojen sekä kuljetusoperaattorin ja sen asiakkaiden välinen kommunikointi.	IPv4 vs. IPv6 ei ole oleellinen kysymys, etuna lähinnä ylipäänsä IP-tekniikan käyttö alalla.	Kustannustehokkuuden korostaminen. Konkreettisia hyötyjä saattava nopeasti.				
Riskikuljetusten hallinta	Valvontakamerat takseissa ja busseissa	Lisäarvo IPv6-tekniikasta erityisesti konttien ja kollien IP-tunnistamisesta.	Tunnistaminen ad hoc - verkoissa voi olla liian hidasta.				
Tavarakuljetusten hallinta	Web-palvelut joukkoliikennematkustajille	Kontit, joissa on passiivinen tunnistus, esim. saattomuisti, voitaisiin kytkeä IPv6-osoitteeseen.	Turvallisuuden takaaminen, kun kytketään yritysten palvelimet ja tunnistetaan käyttäjät IP:n avulla (esim. pgv-salaus)				
Kunnossapitokaluston ja toimintojen hallinta	Citylogistiikan ohjauksessa (ohjattavia ajoneuvoja ja paljon, keikat lyhyitä ja nopeita, kuormituksen tasainen ja mahdollisimman tehokas hyödyntäminen)						
	Mahdolliset sovellukset e-kaupassa, kuten Varastot pyörillä – kuljetushuutokauppa						

Liikennetelematiikan toiminto		Palvelun sisällöt		Toteutettavuus		Haasteet	
VALVONTAJÄRJESTELMÄT							
Automaattinen nopeusvalvonta	Kamerakuvien siirto valvontapisteestä valvontakeskukseen langattomalla IPv6-verkolla		Voidaan toteuttaa tietoturvallisina suljettuina verkkoina.		Valvontalaitteiden kehittyminen ja tiedonsiirtomenetelmän toteuttaminen		
Automaattinen liittymävalvonta (punaista päin ajaminen)	Automaattinen kaistan käytön valvonta		Kuljetuksen sijainti/lasifi/tilatiedon päivittäminen tietokantaan		Soveltuvien laitteiden velvoittaminen ko. ajoneuvoilta		
Vaarallisten aineiden kuljetusten valvonta	Kuljetusten painon valvonta (WIM)		(Poliisin ad-hoc-verkko tarkastuspiste)		Tunnisteet kaikissa ajoneuvoissa - passiivinen etätunniste		
Katsastus/huolto/verotus yms. järjestelmät	Ajoneuvojen ja laitteiden tilan ja kunnan etävalvonta		Operaattorin/autovalmistajan/huoltoyhtiön etävalvonta Viat/huoltotoimenpiteet ehdotukset				
Ajoneuvojen ja terminaalien sisätilan valvonta (kamera)	Ajoneuvojen ja terminaalien sisätilan valvonta (kamera)		Bussin sisäisten laitteiden (näyttötäulut, bussinvideokamera) IPv6-verkosta tieto ohjauskeskukseen, jossa voidaan esim. seurata bussin videokameraa				
TIEDON KERUU- JA HALLINTAJÄRJESTELMÄT							
Liikenteen seuranta	Anycast – tiedonkeruussa (liikkuvat havainnointilaitteet, floating car) esim. tietoa lähetetään liikuvasta havainnointilaitteesta ja tiedon vastaanottaa lähin majakka		ks. edelliset toiminnot		Tiedonsiirron oltava edullista kulluttajalle		
Sään ja kelin seuranta	Tiedon haku (lähetettävä) väliaikaisilta seuranta-asemilta IP-verkon avulla gprs-yhteydellä				Kannattavan liiketoimintamallin löytäminen		
Ympäristöolosuhteiden seuranta	Tiedon haku kiinteiltä seuranta-asemilta						
Liikenteen ohjaus- ja tiedotuskeskukset	Tiedon haku (lähetettävä) väliaikaisilta seuranta-asemilta IP-verkon avulla gprs-yhteydellä						
Keskusten operaattorien tukijärjestelmät	Koko verkon laitteiden ohjaaminen IP-verkolla, jolloin voidaan vähentää ohjauskoneiden määrää ja hajauttaa ohjausta virheiläinten varaita						

Liikennetelematiikan toiminto		Palvelun sisältö		Toteutettavuus		Haasteet	
MUUT PALVELUT							
Matkatarvaroiden hallinta		Viivakoodin korvaaminen muulla tunnisteella				Yksityisyyden suoja	
Infotainment palvelut – ajoneuvot/matkustajat yksilöjoukkoliikenne		Matkustajien kytkeytyminen IPv6-verkkoon eri palveluiden käyttäjiksi.				Kannattavan ansaintalogiikan mallin löytäminen	
Linja-autojen radiomodeemiin toteuttaminen IPv6-tekniikalla		Nykyisten ja uusien palveluiden toteuttaminen					
Kuljettajan tukijärjestelmät		Ad-hoc-verkkojen testaaminen				Tarvittavat kannettavat päätelaitteet käyttäjillä mukana.	
Ajoneuvon tilan seuranta		Huoltamon ja auton välinen kommunikaatio ajoneuvon tilasta, huoltotarpeesta yms.				Huoltoasemalla tulee olla yhteys auton valmistajan tai valtuutetun huollon järjestelmään	

FITS-julkaisuja

Sarjassa aiemmin ilmestyneet raportit

- 1/2002. Ajoneuvoissa käytettävien tieto- ja viestintäjärjestelmien sääntely turvallisuuden kannalta. 69 s. ISBN 951-723-760-X
- 2/2002 IP-järjestelmän kehittäminen osaksi Port@Net-kokonaisuutta. 55 s. ISBN 951-723-761-8
- 3/2002 Liikennetelematiikkahankkeiden arviointiohjeet. 85 s. ISBN 951-723-762-6
- 4/2002 Guidelines for the evaluation of ITS projects. 87 p. ISBN 951-723-763-4
- 5/2002 Liikenteen automaattinen kameravalvonta. Esiselvitys. 61 s. ISBN 951-723-764-2
- 6/2002 Tiedottaminen ruuhkatilanteiden hallinnassa. 143 s. ISBN 951-723-765-0
- 7/2002 Reaaliaikaisen matkustajainformaatiojärjestelmän (ELMI) vaikutusten ja yhteiskuntataloudellisen kannattavuuden arviointi. 111 s. ISBN 951-723-767-7
- 8/2002 Toimintakuvaus häiriönhallinnan tilanteesta. 36 s. ISBN 951-723-768-5
- 9/2002 Automaattivalvonnan tekniset ratkaisut. Selvitys soveltamismahdollisuuksista Suomessa. 59 s. ISBN 951-723-769-3
- 10/2002 Tavaraliikenteen telematiikka-arkkitehtuuri. Esiselvitys. 77 s. ISBN 951-723-770-7
- 11/2002 AirportNet. Toiminnallinen määrittely. 33 s. ISBN 951-723-771-5
- 12/2002 Matkapuhelinpohjaiset pysäköinnin maksupalvelut. 69 s. ISBN 951-723-772-3
- 13/2003 Liikennetelemaattisten tuotteiden ja palvelujen pelisäännöt. 77 s. ISBN 951-723-774-X
- 14/2003 Digitaalisen radio- ja televisioverkon hyödyntäminen henkilöliikenteen telematiikassa. Esiselvitys. 43 s. ISBN 951-723-775-8
- 15/2003 PortNetin vaikuttavuuden arviointi. 81 s. ISBN 951-723-776-6
- 16/2003 ITS Finland esiselvitys. 49 s. ISBN 951-723-777-4
- 17/2003 DARC-palvelu liikennetelematiikassa. Esiselvitys. 65 s. ISBN 951-723-778-2
- 18/2003 Joukkoliikenteen häiriönhallinnan kehittäminen. 37 s. ISBN 951-723-799-0
- 19/2003 Telemaattisten palveluiden tarpeellisuus. Käyttäjien mielipiteet ja liikennepoliittiset tavoitteet. 111 s. ISBN 951-723-880-0
- 20/2003 Tavaraliikenteen telematiikka-arkkitehtuuri. Loppuraportti. 123 s. ISBN 951-723-881-9
- 21/2003 Tieliikennetiedotus. Esiselvitys. 81 s. ISBN 951-723-882-7
- 22/2003 Joukkoliikenteen internet-reittineuvontapalvelun vaikutusten ja kannattavuuden arviointi. 95 s. ISBN 951-723-883-5
- 23/2003 Matkapuhelinpohjaiset pysäköinnin informaatiopalvelut. 59 s. ISBN 951-723-884-3
- 24/2003 Liikenteen tietopalvelujen käyttäjäkeskeinen tuotekehitys. 61 s. ISBN 951-723-885-1
- 25/2003 Freight transport telematics architecture. Final Report. 123 p. ISBN 951-723-886-X
- 26/2003 Joukkoliikenteen hoito, informaatio ja käyttö Kampin työmaan aikana. 107 s. ISBN 951-723-887-8
- 27/2003 Standardoitu kolliosoitelappu. ISBN 951-723-888-6
- 28/2003 Henkilöliikenteen tietovarastot. 37 s. ISBN 951-723-889-4
- 29/2003 Esiselvitys IPv6:n sovelluksista liikenteessä ja logistiikassa. 39 s. ISBN 951-723-890-8

Lisätietoja

Ohjelman internetsivut
www.vtt.fi/rte/projects/fits

Ministeriön internetsivut
www.mintc.fi

Ohjelman johtoryhmän puheenjohtaja
Liikenneneuvos **Matti Roine**
liikenne- ja viestintäministeriö
PL 31, 00023 VALTIONEUVOSTO
puhelin (09) 160 28577
telekopio (09) 160 28592
sähköposti matti.roine@mintc.fi

Ohjelman koordinaattori
Tutkimusprofessori **Risto Kulmala**
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
PL 1800, 02044 VTT
puhelin (09) 456 4990
telekopio (09) 464 850
sähköposti risto.kulmala@vtt.fi tai fits@vtt.fi