

Satelliittinavigointijärjestelmien tehokas hyödyntäminen Suomessa - toimenpideohjelma 2017-2020

LVM

LIIKENNE- JA
VIESTINTÄMINISTERIÖ



1892-2017

*Suomi
Finland*
100

Liikenne- ja viestintäministeriön

visio

Hyvinvointia ja kilpailukykyä hyvillä yhteyksillä

toiminta-ajatus

Liikenne- ja viestintäministeriö edistää väestön hyvinvointia ja elinkeinoelämän kilpailukykyä.

Huolehdimme toimivista, turvallisista ja edullisista yhteyksistä.

arvot

Yhteistyö

Julkaisun päivämäärä	
Julkaisun nimi Satelliittinavigointijärjestelmien tehokas hyödyntäminen Suomessa - toimenpideohjelma 2017-2020	
Tekijät Seija Miettinen, johtava asiantuntija, liikenneneuvos Seppo Öörni, liikenneneuvos Olli Lehtilä, suunnittelija	
Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä	
Julkaisusarjan nimi ja numero Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu xx/2017	ISSN (verkkojulkaisu) 1795-4045 ISBN (verkkojulkaisu) URN HARE-numero
Asiasanat satelliittinavigointi, paikannus, sijaintitieto, Galileo, GPS, piensatelliitit, New Space	
Yhteyshenkilö	
Muut tiedot	
Tiivistelmä Digitalisaation myötä satelliittinavigoinnista on tullut merkittävä osa tavallista arkeamme. Esimerkiksi sähköverkkojen, tietoliikenneverkkojen sekä liikenteen palvelujen toiminta edellyttää satelliittipaikannusta ja tarkkaa aikatietoa. Satelliittinavigoinnin markkinat ovatkin kasvussa ja Euroopan komissio on arvioinut niiden arvoksi vuonna 2017 yli 70 miljardia euroa, jonka odotetaan kasvavan automaattiliikenteen, 5G:n ja IoT:n kehityksen vuoksi 195 miljardiin euroon vuoteen 2025 asti. Euroopassa eletään tärkeää vaihetta satelliittinavigoinninkehityksessä, sillä eurooppalainen globaali Galileo-satelliittinavigointijärjestelmään on juuri otettu käyttöön ensimmäiset palvelut ja sen on tarkoitus olla täysimääräisessä käytössä vuonna 2020. Suomalaiset ja suomalainen osaaminen ovat olleet mukana lukuisissa viime vuosikymmenten avaruus- ja satelliittihankkeissa. Lisäksi viime vuosien aikana Suomessa on kehitetty ensimmäistä kertaa omia satelliitteja ja valtiostamme onkin kehittymässä uusi toimija satelliittimarkkinoille.. Tämä toimenpideohjelma kuvaa satelliittinavigointijärjestelmien nykytilaa sekä niiden hyödyntämistä yhteiskuntamme eri osa-alueilla, erityisesti automaattiliikenteessä. Samalla kuvataan Suomen avaruushallinnon nykymallia ja siihen kohdistuvia muutospaineita. Toimenpideohjelman lopuksi esitetään 14 konkreettista toimenpidettä, joilla pyritään edistämään satelliittinavigoinnin hyödyntämistä erityisesti kansallisella tasolla. Toimenpideohjelma on osa Juha Sipilän hallitusohjelman kärkihanketta: Rakennetaan digitaalisen liiketoiminnan kasvu ympäristö. Työ on tehty laajasti alaa kuullen. Toimenpideohjelman tavoitteena on varmistaa satelliittinavigointijärjestelmien hyödyntäminen koko Suomessa yhteiskunnan kaikilla sektoreilla. Keskeisimmät tavoitteet tulevaisuutta ajatellen ovat: Suomen nostaminen kärkimaaksi satelliittijärjestelmien hyödyntämisessä ja nykyisen korkealaatuisen kotimaisen avaruustutkimustoiminnan edellytysten vahvistaminen, edistää satelliittitiedon hyödyntämistä liiketoiminnassa ja palvelujen tarjonnassa, varmistaa paikannuksen laatu ja satelliittinavigointijärjestelmien hyödyntäminen kaikkialla arktisilla alueilla, edistää piensatelliittien hyödyntämistä ja selvittää tarve ja mahdollisuus perustaa Suomeen avaruushallinto.	

Publikation

Författare

Seija Miettinen, johtava asiantuntija, liikenneneuvos

Seppo Öörni, liikenneneuvos

Olli Lehtilä, suunnittelija

Tillsatt av och datum

Publikationsseriens namn och nummer

**Kommunikationsministeriets
publikationer xx/2017**

ISSN (webbpublikation) 1795-4045

ISBN (webbpublikation)

URN

HARE-nummer

Ämnesord

Kontaktperson

Rapportens språk

Övriga uppgifter

Sammandrag

Date

Title of publication

Author(s)

Seija Miettinen, johtava asiantuntija, liikenneneuvos

Seppo Öörni, liikenneneuvos

Olli Lehtilä, suunnittelija

Commissioned by, date

Publication series and number

**Publications of the Ministry of Transport
and Communications xx/2017**

ISSN (online) 1795-4045

ISBN (online)

URN

Reference number

Keywords

Contact person

Language of the report

Other information

Abstract

Sisällys

1. Johdanto.....	1
1.1 Toimenpideohjelman tavoite	2
2. Satelliittinavigointijärjestelmien nykytila	3
2.1 GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou ja EGNOS.....	3
2.2 Eurooppalaisten Galileo- ja EGNOS-ohjelmien palvelut.....	4
2.2.1 Galileon avoin palvelu	6
2.2.2 Galileon kaupallinen palvelu	7
2.2.3 Galileon julkisesti säännelty palvelu	7
2.2.4 Galileon etsintä- ja pelastuspalvelu	8
2.2.5 EGNOS:n avoin palvelu	8
2.2.6 EGNOS:n ihmishengen turvaava palvelu.....	8
2.2.7 Galileo-palvelujen toteutusaikataulu	9
2.3 Satelliittinavigointijärjestelmien haasteet.....	10
2.3.1 Pohjois-Euroopan satelliittinavigointijärjestelmien kattavuusongelmat	10
2.3.2 Häiriöt ja häirintä	11
2.3.3 Tukijärjestelmät	12
2.3.4 Varautuminen	12
2.4 Sijaintitieto yksityisyyden ja henkilötietojen suojan kannalta.....	13
2.5 Satelliittinavigointijärjestelmiä täydentävät ja rinnakkaiset järjestelmät ja erityisesti automaattiliikennettä palvelevat järjestelmät.....	15
2.5.1 Tiedonsiirtoverkot ja muut teknologiat.....	15
2.5.2 Olosuhdetiedon hyödyntäminen automaattiliikenteessä	16
2.5.3. Paikannusta korjaavat palvelut.....	17
2.5.4 Piensatelliitit.....	17
2.5.5 Tietoliikennesatelliittiliikenne	19
3. Suomen avaruushallinto.....	20
3.1 Avaruushjelmat ja -järjestöt, joissa Suomi on mukana	20
3.2 Suomen nykyinen avaruushallinto.....	21
3.2.1 Keskitetyn avaruushallinnon edut.....	23
3.3 Satelliittitaajuuksien hallinnointi ja radiolupamenettelyt	25
4. Tavoitteena satelliittinavigointijärjestelmien hyödyntäminen	25
4.1 Satelliittinavigointijärjestelmien markkinakatsaus	25

4.1.1 Suomen avaruus- ja satelliittinavigointimarkkinan arvo	28
4.2 Logistiikka.....	29
4.3 Automaattinen liikenne	30
4.4 Hyödyntäminen tieliikenteessä.....	32
4.5 Hyödyntäminen rautatieliikenteessä	35
4.6 Hyödyntäminen meriliikenteessä	36
4.7 Hyödyntäminen ilmailussa	39
4.8 Hyödyntäminen viranomaiskäytössä.....	41
4.9 Hyödyntäminen maataloudessa ja maanmittauksessa	41
4.9.1 Maatalous.....	41
4.9.2 Maanmittaus	42
4.10 Hyödyntäminen sijaintiin perustuvissa ohjelmisto- ja sisältöpalveluissa	43
4.11 Hyödyntäminen aikasynkronoinnissa	44
5. Toimenpiteet.....	46
Lyhenteet	49

Tässä toimenpideohjelmassa satelliittinavigointi sisältää paikannuksen ja aikatiedon sekä niiden hyödyntämiseen tarvittavat palvelut. Tämän toimenpideohjelman valmistelun aikana valmistellaan myös paikkatietoselontekoa, minkä vuoksi tässä toimenpideohjelmassa ei käsitellä laajasti paikkatietoa¹, joka usein havainnollistetaan kartoilla. Automaattiliikenteen kannalta keskeistä on tarkka, ajantasainen ja luotettava paikannus sekä kartat.

1. Johdanto

Yhteiskunnan digitalisaation myötä satelliittinavigoinnista on tullut merkittävä osa jokapäiväistä arkeamme. Esimerkiksi sähköverkkojen ja tietoliikenneverkkojen sekä liikenteen palvelujen toiminta edellyttävät satelliittipaikannusta tai tarkkaa aikatietoa. Lisäksi satelliittipaikannusta hyödynnetään monilla muilla arkielämän osa-alueilla, kuten muistisairaiden ja vankien seurannassa. Satelliittinavigoinnin markkinat ovat kasvussa ja Euroopan komissio on arvioinut niiden arvoksi vuonna 2017 yli 70 miljardia euroa. Ison osan tästä summasta muodostavat älypuhelimet.

Satelliittinavigoinnin tehokas hyödyntäminen nousi osaksi Sipilän hallituksen kärkihanketta, **Digitaalisen liiketoiminnan kasvuympäristön rakentaminen**. Kärkihankkeen tavoitteena on tehdä Suomesta suotuisa toimintaympäristö digitaalisille palveluille ja digitaalisuuteen perustuvalla liiketoiminnalla. Digitaalisen kasvuympäristön kehittämistyö tehdään liikenne- ja viestintäministeriön (myöhemmin tekstissä LVM) johdolla.

Työ- ja elinkeinoministeriö (myöhemmin tekstissä TEM) asettama avaruusasiain neuvottelukunta on laatinut kansallisia tavoitteita varten kansallisen avaruusstrategian² vuosille 2013–2020, joka on otettu huomioon tämän toimenpideohjelman laatimisessa. Suomen avaruustoiminnan kehittämisen lähtökohtana ovat Suomen tarpeet globaalissa toimintaympäristössä ja strategia esittää pääkehitystavoitteet julkisesti rahoitetun avaruustoiminnan aloilla, joilla Suomi toimii.

Suomen avaruustoiminnan kansallisessa strategiassa vuosille 2013–2020 visiona on, että suomalaiset toimijat edustavat maailman kärkeä strategian päättymiseen mennessä avaruustieteessä sekä tietoon perustuvassa

¹ Paikkatietoselonteko, Antti Rainio: Paikkatieto kuvaa reaali maailman kohdetta tai ilmiötä ja sisältää tätä koskevan sijaintitiedon.

² Suomen avaruustoiminnan kansallinen strategia vuosille 2013–2020:
<https://tem.fi/documents/1410877/2864661/Suomen+avaruustoiminnan+kansallinen+strategia+vuosille+2013-2020+25022013.pdf>

liiketoiminnassa ja yhteiskunnallisessa hyödyntämisessä. Strategiassa on esitetty neljä laajaa kärkihanketta, joiden pääpyrkimys on kehittää suomalaista tutkimusosaamista ja yritysten kilpailukykyä etenkin arktisen alueen ja avoimen datan hyödyntämisessä. Arktinen alue ymmärretään tässä toimenpideohjelmassa laajempaan kuin pohjoisen napapiirin pohjoispuolelle jäävä alue. Tämä alue kattaa koko Suomen.

Kansainvälisellä tasolla Euroopan komissio on vuonna 2016 julkaissut Euroopan avaruusstrategian³, joka on myös otettu huomioon tämän toimenpideohjelman laatimisessa. Euroopan avaruusstrategiassa todetaan avaruusteknologiasta, -datasta ja -palveluista tulleen välttämättömiä ja että avaruusratkaisujen ja avaruusdatan tarjoamia laajempia mahdollisuuksia ei ole vielä hyödynnetty.

Avaruuden merkittävien mahdollisuuksien hyödyntämiseksi Euroopan komissio on arvioinut, että Euroopan on toimittava yhdessä sekä pysyttävä etulinjassa ja hyödynnettävä kaikkia kykyjä, asiantuntemusta ja investointeja.

Euroopassa eletään satelliittinavigoinnissa tärkeää vaihetta, sillä eurooppalainen globaali Galileo-satelliittinavigointijärjestelmä on juuri siirtynyt ensimmäisten palvelujen alustavaan käyttöön. Täysimääräisenä järjestelmän on tarkoitus olla valmis vuonna 2020. Galileo -satelliittinavigointijärjestelmä on ensimmäinen täysin siviilikäyttöinen järjestelmä ja sen käyttöönoton odotetaan tehostavan liiketoimintaa Euroopassa ja siten myös Suomessa.

1.1 Toimenpideohjelman tavoite

Tämän toimenpideohjelman tavoitteena on:

1. varmistaa satelliittinavigointijärjestelmien hyödyntäminen ja paikannuksen laatu koko Suomessa yhteiskunnan kaikilla sektoreilla sekä kannustaa jokaista hallinnonalaan satelliittinavigointia koskevan hyödyntämissuunnitelman laatimiseen
2. nostaa Suomi kärkimaaksi erilaisten satelliittijärjestelmien hyödyntämisessä⁴ ja paikkatietopalvelujen tarjonnassa arktisilla alueilla
3. edistää satelliittitiedon hyödyntämistä liiketoiminnassa ja palvelujen tarjonnassa
4. edistää piensatelliittien hyödyntämistä, sekä vahvistaa suomalaisen korkealaatuisen avaruustutkimuksen toimintaedellytyksiä

³ Euroopan avaruusstrategia: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=COM:2016:705:FIN>

⁴ Tässä rajoittaudutaan pelkästään satelliittinavigointijärjestelmiin, mikä on yksi osa Suomen avaruustoimintoja.

5. selvittää tarve ja mahdollisuus perustaa Suomeen avaruushallinto. Tavoitteena ei ole perustaa uutta virastoa, vaan toiminnot voitaisiin keskittää yhdelle jo olemassa olevalle toimijalle.

2. Satelliittinavigointijärjestelmien nykytila

2.1 GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou ja EGNOS

Globaaleista satelliittinavigointijärjestelmistä (GNSS, Global Navigation Satellite System) täysin toiminnassa ja lisäksi jatkuvan modernisoinnin alla tällä hetkellä ovat yhdysvaltalainen GPS ja venäläinen GLONASS. Euroopan Unionin Galileo ja Kiinan BeiDou ovat käyttöönottoaiheessa, jolloin osa järjestelmien toiminnallisuuksista on jo käytössä. Galileon on odotettu olevan täysin toimintavalmis vuonna 2020 ja BeiDou on parhaillaan laajentumassa paikallisesta järjestelmästä globaaliksi satelliittinavigointijärjestelmäksi vuoteen 2020 mennessä. Tällä hetkellä BeiDou on täysin toiminnassa paikallisesti Kiinassa ja sitä ympäröivissä valtioissa. Intia (IRNSS) ja Japani (QZSS) ovat kehittämässä paikallisia satelliittinavigointijärjestelmiään.

Eurooppalainen satelliittipohjainen tukijärjestelmä EGNOS täydentää GPS-järjestelmän toimintaa käyttäjille Euroopan alueella. Tulevaisuudessa tukijärjestelmän on suunniteltu kattavan myös Galileo-signaalit. Järjestelmän oli alun perin tarkoitus avustaa myös GLONASS-järjestelmää, mistä on sittemmin luovuttu.

Useat satelliittinavigointijärjestelmät ja niiden tukijärjestelmät mahdollistavat yhdessä lukemattomia käyttökohteita ja palveluita paikannuksen, navigoinnin ja tarkan ajan määrittelyn kohteissa. Tarkan ajan määrittelyllä tarkoitetaan ajan synkronointia tarkkaa aikaa vaativiin käyttökohteisiin kuten pankkitoimintaan, tietoliikenteeseen ja sähkön jakeluun. Tutkimuksessa sekä maanmittaukseen ja geodesiaan liittyvissä käytännön töissä satelliittinavigointijärjestelmien yhteiskäyttö pienentää mittauksen epävarmuutta ja mahdollistaa entistä tarkemmat ja luotettavammat mittaukset sekä uudet menetelmät ja sovellukset.

Uudet GNSS-järjestelmät ja jo olemassa olevien modernisointi lisäävät käytettävissä olevien satelliittien ja taajuuksien määrää niin paljon, että paikan- ja ajanmäärittäminen haastavammassakin olosuhteissa, kuten katukuiluissa ja metsissä, on tehokkaampaa kuin tänä päivänä, kun käytettävissä ovat vain GPS- tai GPS- ja GLONASS-satelliitit. Satelliittipaikannus ei kuitenkaan ole saatavilla kaikkialla, kuten sisätiloissa ja tunneleissa, joten tarve yhdistää muita paikanmäärittäysteknologioita satelliittipaikannukseen säilyy.

Yleisesti toimiva globaali satelliittinavigointijärjestelmä saavutetaan 18 – 30 satelliitilla. Satelliittipohjaiset tukijärjestelmät (SBAS, Satellite Based Augmentation System) on kehitetty täydentämään satelliittinavigointia maa-asemien, laskentakeskusten ja muiden satelliittien avulla. Kyseiset järjestelmät seuraavat GNSS-satelliittien signaaleja ja GNSS-signaaleihin vaikuttavia tekijöitä erittäin tarkasti mitatuilla ja sijaitsevilla maa-asemilla (RIMS, Ranging and Integrity Monitoring Station). Mittausten perusteella voidaan laskea paikannukseen korjaustietoja ja luotettavuusarvioita, jotka lähetetään käyttäjille geostationäärisillä radoilla olevien satelliittien kautta. Satelliittipaikannus perustuu tarkkaan ajanmäärytykseen: satelliitin lähettämän radiosignaalin lähetysajankohdan ja vastaanottoajankohdan erotuksesta saadaan signaalin kulkuaika, joka ilmaisee satelliitin ja vastaanottimen välisen etäisyyden. Neljällä etäisyysmittauksella määritetään sekä vastaanottimen kolmiulotteiset paikkakoordinaatit maailmanlaajuisessa koordinaattijärjestelmässä että aikaerotus vastaanottimen kellon ja satelliittijärjestelmän ajan välillä, eli aikaansaadaan paikka-, navigointi- ja aikaratkaisu (PNT, Position, Navigation, Time).

2.2 Eurooppalaisten Galileo- ja EGNOS-ohjelmien palvelut

Eurooppalaisen Galileo-ohjelman kehitystyö alkoi vuonna 2003. Joulukuussa 2016 komissio antoi Galileo-ohjelman ensimmäisiä palveluja koskevan julistuksen. Tällä hetkellä taivaalla on 18 satelliittia, joista 15 on toimintakunnossa, kahden väärällä kiertoradalla olevan satelliitin palveluja voidaan hyödyntää osittain ja yksi ei ole käytössä. Vuoden 2017 loppuun mennessä on tarkoitus laukaista vielä neljä uutta satelliittia. Tarkoitus on, että Galileo-ohjelma on täysimääräisenä voimassa vuonna 2020, jolloin käytössä olisi 24 satelliittia ja joitakin varasatelliitteja. Galileo-ohjelma on ensimmäinen siviilikäyttöön tarkoitettu satelliittipaikannusjärjestelmä ja sillä taataan Euroopan riippumattomuus muista satelliittijärjestelmistä ja parannetaan Euroopan toimintavarmuutta.

EGNOS-ohjelma otettiin käyttöön vuonna 2009. EGNOS-palvelu tuottaa paikannuksen korjaustiedot 39 RIMS-aseman havaintojen pohjalta ja tiedot välitetään kolmen geostationäärisen satelliitin kautta. Geostationääriset satelliitit näkyvät Suomessa matalilla korkeuskulmilla, mikä aiheuttaa haasteita korjauksen saatavuudessa. Suomen ainoa RIMS-asema on Virolahdella. Suomen pohjois- ja koillisosissa on havaittu EGNOS-korjauksen laatuongelmia. Tämä johtuu siitä, että riittävä määrä RIMS-asemia ei havaitse idästä nousevia satelliitteja jolloin korjaus ei kata niitä. Myös auringon aktiivisuuden aiheuttamat häiriöt ionosfäärissä vaativat korjauksissa keskimääräistä korkeampaa paikkatarkkuutta korkeilla leveysasteilla. Komissio on luvannut neljä uutta RIMS-asemaa, joista

yksi tulisi Kuusamoon. Tällä hetkellä komissio ja GSA arvioivat, millä teknologialla nämä RIMS-asemat varustetaan. Suomen kannalta Kuusamon RIMS-aseman tulisi perustua uuteen EGNOS V3-teknologiaan. Tämän teknologian uskotaan ratkaisevan Suomen laatuongelmat. Uusi teknologia olisi käytössä arviolta vuonna 2023–25.

Galileo-ohjelma tarjoaa käyttäjille avointa palvelua (OS, Open Service), kaupallista palvelua (CS, Commercial Service), julkisesti säänneltyä palvelua (PRS, Public Regulated Service) ja etsintä- ja pelastuspalvelua (SAR, Search and Rescue Service). OS- ja PRS-palvelujen laatu ja saatavuus on kuvattu taulukossa 1.

Kaupallisen palvelun palvelutason määrittelee palveluoperaattori Galileo-järjestelmän asettamissa rajoissa. Galileon palvelukuvausdokumentti⁵ vuodelta 2002 kuvaa puolestaan vähimmäissuorituskyvyn etäisyysmittaukseen satelliiteista yksi- ja kaksitaajuuskäytössä, mikä ei kuitenkaan suoraan käänny tarkkuussuorituskykyarvioihin. GSA on julkaissut lisäksi vastikään ensimmäisten avoimen palvelun suorituskykyraportin⁶, jossa todetaan, että taso- ja korkeustarkkuusvirheet (95 %) (Horizontal and Vertical Positioning Errors, HPE and VPE) ovat merkittävästi tavoitearvoja parempia eli todellisuudessa 3,56 m ja 4,12 m.

<i>Palvelu</i>		<i>Avoim palvelu</i>		<i>Julkisesti säännelty palvelu</i>
<i>Lyhenne</i>		<i>OS</i>		<i>PRS</i>
<i>käyttösovellus</i>				
Taajuuksia (kpl)		1	2	2
Kattavuus		globaali		globaali
Tasotarkkuus (m)		15	4	6,5
Korkeustarkkuus (m)		35	8	12
Ajan tarkkuus (ns)		-	30	100
Palvelun saatavuus %		99,8		99,5
Integriteetin saatavuus		ei		on
Hälytys - raja	taso (m)	-		20
	korkeus (m)	-		35
Hälytysviive (s)				10

⁵ <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2002/EN/1-2002-518-EN-F1-1.Pdf>

⁶ https://www.gsc-europa.eu/system/files/galileo_documents/Galileo-IS-OS-Quarterly-Performance_Report-Q1-2017.pdf

Ilmakehäkorjaus	on	on	on
Käyttöönottovuosi	2016-2018		2018-2020

Kuva : Galileon avoimen ja julkisesti säännellyn palvelun tavoitetarkkuudet.

2.2.1 Galileon avoin palvelu

Avoim palvelu (OS) on käyttäjälle maksuton ja tuottaa paikannus- ja ajanmääritystietoja satelliittinavigoinnin massasovelluksiin. Avoin palvelu varmistaa, että satelliittinavigointijärjestelmät toimivat maailmanlaajuisesti yksittäisen järjestelmän saatavuudesta riippumatta. Galileo lisää myös satelliittien määrää, jolloin paikannus on luotettavampaa ja tuottaa paremman tarkkuuden. Avoin palvelu ei kuitenkaan tarjoa tietoa järjestelmän eheydestä (integriteetistä).

Galileo tarjoaa kolme signaalia likimain samoilla taajuuksilla ja samaan tapaan kuin GPS-järjestelmä, joten Galileo-yhteentoimivia paikantimia on helppo valmistaa käytettäväksi älypuhelimissa, navigaattoreissa, kameroissa ja muissa paikantavissa laitteissa. Yhden taajuuden halvoissa laitteissa ennakoidaan saavutettavaksi vähintään 15 metrin tasosijainnin tarkkuus ja 35 metrin korkeustarkkuus. Kahta taajuutta käyttävässä paikannuksessa saavutetaan vähintään 4 metrin tasosijainnin tarkkuus ja 8 metrin korkeustarkkuus.

Galileo-ohjelma sisällyttää avoimeen palveluun todentamisominaisuuden (OS-NMA), jonka avulla käyttäjä voi varmistua, että avoimen palvelun navigointisignaali todella on peräisin Galileo-satelliiteista. Todentaminen vähentää mahdollisuutta tahallisesti harhauttaa satelliittipaikannusvastaanotin näyttämään virheellistä aika- tai paikannustietoa. Todennus tulee käyttöön vuonna 2018, ja se on kaikille avoin ja maksuton. Jotta todennusta voi käyttää, vastaanottimen on tuettava ominaisuutta ja siihen on asennettava todennuspalvelun julkinen salausavain. Todennuksen käyttäminen ei ole pakollista. Galileo-vastaanottimet toimivat, vaikkeivät osaisikaan käsitellä todennustietoa. Muut GNSS-järjestelmät eivät sisällä kaikille käyttäjille tarjolla olevaa todennusominaisuutta, joten kyseessä on merkittävä Galileo-järjestelmän vahvuus.

Avoimen palvelun aikamerkkiä voitaisiin käyttää erilaisten järjestelmien ja sovellusten synkronoinnissa kuten tieto- ja viestintäjärjestelmissä sekä pankkijärjestelmissä.

2.2.2 Galileon kaupallinen palvelu

Kaupallinen palvelu (CS) tukee ammatti- tai kaupalliseen käyttöön kehitettäviä sovelluksia, jotka tarjoavat avointa palvelua parempaa ja tarkempaa paikannusta. Kaupalliselle palvelulle on tarkoitus antaa palvelulupaus saatavuudesta ja palvelussa esiintyvistä katkoista, niiden pituudesta sekä näiden eliminoimiseen liittyvistä käytännöistä. Palvelua välittävät operaattorit, jotka ostavat Galileo-operaattorilta oikeuden signaalien käyttöön yhdessä tai erikseen avointen signaalien kanssa. Palvelu on maailmanlaajuinen.

Kaupallinen palvelu tarjoaa kaksi merkittävää parannusta verrattuna avoimeen palveluun:

- tarkempi maantieteellinen paikanmäärittäminen, "suuren tarkkuuden CS" ja
- tehokkaampi todentamiskapasiteetti, "todennettu CS"

Nämä voidaan toimittaa käyttäjille toisistaan riippumattomasti. Suuren tarkkuuden mahdollistava data kulkee Galileon satelliittisignaalin mukana ja on maksullista. Tavoitteena on saavuttaa alle desimetrin paikannusvirhe. Todennettu CS voi käyttää yksinkertaisimmillaan avoimen palvelun todentamiskapasiteettia, mutta lisäsuojaa signaaliväärennöksiä vastaan antavat CS-satelliittisignaaleissa toimitetut erilliset salatut koodit, joilla signaalit voidaan tunnistaa Galileo-järjestelmän lähettämiksi. Koodien salausavaimet ovat käyttäjälle maksullisia.

2.2.3 Galileon julkisesti säännelty palvelu

Julkisesti säännelty palvelu (PRS, Public Regulated Service) on varattu yksinomaan julkishallinnon valtuutetuille käyttäjille. Palvelussa tarjotaan vahvasti salattuja signaaleja sovelluksille, jotka edellyttävät palvelun jatkuvuutta normaaliolojen poikkeustilanteissa tai poikkeusoloissa. Palvelu on salattu ja suunniteltu toimimaan luotettavasti häirintä- ja harhauttamisyriksistä huolimatta. Palveluun kuuluu häiriöitä suodattavia ratkaisuja, joita koskevat tekniset yksityiskohdat pidetään salassa.. Palvelun käyttö edellyttää, että vastaanotin kykenee tulkitsemaan salatun signaalin.

Palvelu on tarkoitettu ensisijaisesti viranomaiskäyttöön sekä tukemaan yhteiskunnan kannalta strategisia ja kriittisiä sovelluksia. Tyypillisiä käyttäjiä ovat poliisi, pelastustoimi, rajavartiolaitos, tulli ja puolustusvoimat sekä energiahuollosta, tietoliikenteestä, pankkitoiminnasta tai yhteiskunnan elintärkeisiin toimintoihin vaikuttavasta logistiikasta keskeisesti vastaavat osapuolet. Palvelun on tarkoitus toimia kaikissa olosuhteissa

Palvelun saatavuutta ohjaavat Euroopan Unionin tasolla määritellyt viranomaiset. Laitteiden jakelusta vastaavat EU:n jäsenvaltioiden viranomaiset. Kansallisesti LVM päättää niistä käyttäjäryhmistä, joilla on oikeus käyttää PRS-palvelua. Käyttöoikeudet myöntää kansallinen PRS-viranomainen, joka Suomessa on Viestintävirasto. Kansallisen PRS-viranomaisen vastuukenttään kuuluu myös PRS-laitteiden hallinnoinnin ja valvonnan järjestäminen, järjestelmän avaimistohallinto sekä vientivalvonta kotimaisen teollisuuden osalta.

2.2.4 Galileon etsintä- ja pelastuspalvelu

Etsintä- ja pelastuspalvelu (SAR, Search and Rescue) poimii hätälähettimien lähettämiä hätäsignaaleja ja välittää COSPAS-SARSAT-järjestelmän etsintä- ja pelastuspalveluun viestejä. COSPAS-SARSAT on maailmanlaajuinen pelastusjärjestelmä, jossa paikannetut laivojen, lentokoneiden, hätäpoijujen tai muiden lähettimien hätäsignaalit ohjataan satelliittien kautta automaattisesti lähimmille etsintä- ja pelastusorganisaatioille.

Galileo-järjestelmän satelliitit tulevat vastaanottamaan ja välittämään hätäsignaaleja. Täydessä toimintakyvyssä järjestelmän satelliitit kattavat jatkuvasti koko maapallon ja pystyvät myös välittämään takaisin tiedon hätäviestin perillemenosta.

Galileon SAR-palvelu tulee entisestään parantamaan nykyisten COSPAS-SARSAT- palvelun käyttäjien tilannetta palvelun kattavuuden ja hätälähettimien paikantamisen tarkkuuden osalta erityisesti pohjoisessa. Paluusignaalina tuleva kuittausviesti on myös selkeä parannus palvelun laatuun. Tämä tulee vääjäämättä lisäämään palvelun hyödyntämishalukkuutta erityisesti hui- ja matkailukäytössä, mikä parantaa liikkumisen turvallisuutta myös Suomessa.

2.2.5 EGNOS:n avoin palvelu

EGNOS-ohjelman avoin palvelu on otettu käyttöön vuonna 2009. Galileon avoimen palvelun paikannustarkkuutta voidaan tulevaisuudessa parantaa, kun käytetään korjaustietoja EGNOS-järjestelmän tai jonkin muun tukipalvelun kautta. Nykyään EGNOS tarkoittaa vain GPS:ää, mutta tulevaisuudessa järjestelmä kykenee tarkentamaan myös Galileoa. EGNOS-järjestelmällä päästään hyvissä signaaliolosuhteissa noin metrin tarkkuuteen.

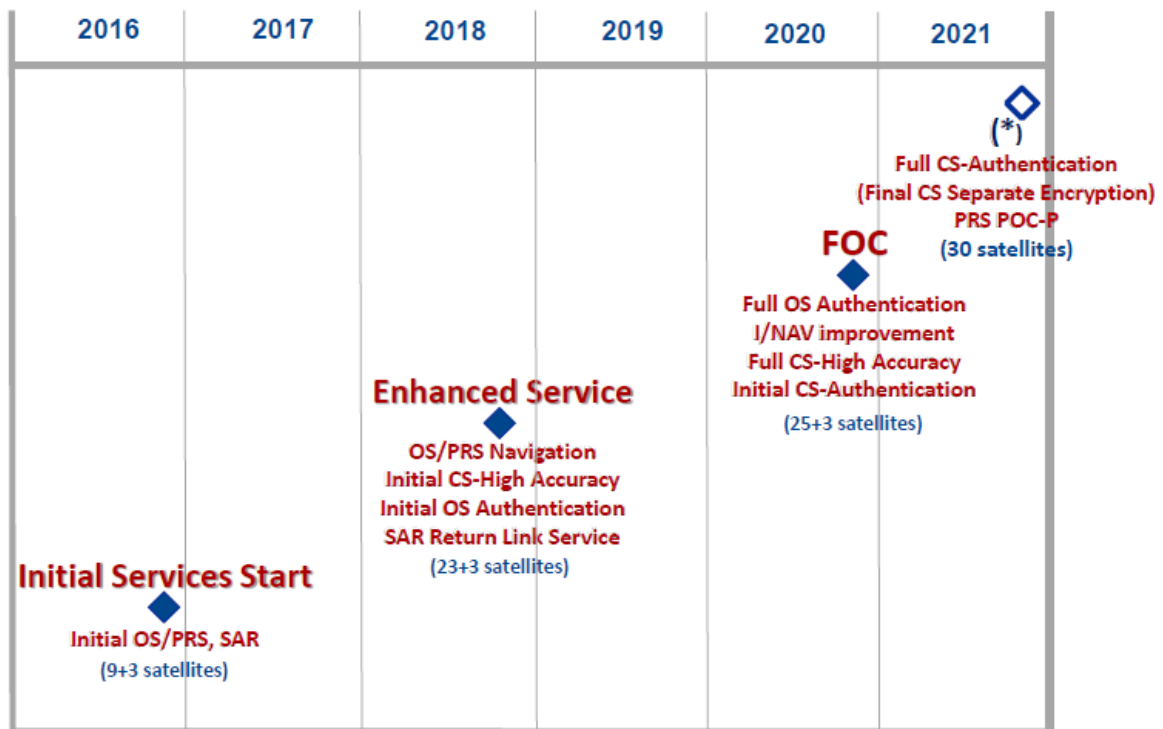
2.2.6 EGNOS:n ihmishengen turvaava palvelu

Satelliittipohjaisen EGNOS-tukijärjestelmän ihmishengen turvaava palvelu eli SoL-palvelu (Safety of Life) on ollut saatavilla Euroopan alueella vuodesta 2011 lähtien, jolloin se hyväksyttiin lentoliikenteen käyttöön. Lähiaikoina palvelu laajennetaan myös meriliikenteeseen. Ihmishengen turvaava palvelu on lähinnä turvallisuuskriittinen palvelu ja liittyy ihmishengen turvaamiseen vain välillisesti. Palvelu pyrkii varmistamaan paikannusjärjestelmän käytön turvallisuuden ja varoittaa käyttäjää järjestelmän, kuten jonkin satelliitin tai muun osajärjestelmän toimintahäiriöistä, jotka saattavat heikentää paikannustarkkuuden. Palvelun viestit voidaan allekirjoittaa digitaalisesti, jolloin vastaanottaja voi varmistua viestin aitoudesta.

Palvelu varoittaa käyttäjää, kun järjestelmää ei pitäisi käyttää navigointiin. Pikemmin kuin paikannustarkkuudesta sinänsä kyse on järjestelmän eheydestä eli integriteetistä, joka tarkoittaa eri osien virheetöntä toimintaa. Kun todennäköisyys paikannuksen tarkkuuden heikkenemiselle kasvaa yli asetetun rajan, palvelu lähettää varoitusviestin käyttäjälle. Rajat asetetaan erikseen tasosijainnin ja korkeussijainnin tarkkuudelle eri käyttäjäryhmille.

2.2.7 Galileo-palvelujen toteutusaikataulu

Galileon avoimen palvelun ja etsintä- ja pelastuspalvelun koekäyttö alkoi joulukuussa 2016. Julkisesti säännellyn palvelun koekäyttö alkaa vuonna 2018 ja täysimääräisesti palvelu on käytössä 2020 loppuun mennessä. Kaikkien palvelujen on tarkoitus asteittain olla käytössä vuoden 2021 loppuun mennessä.



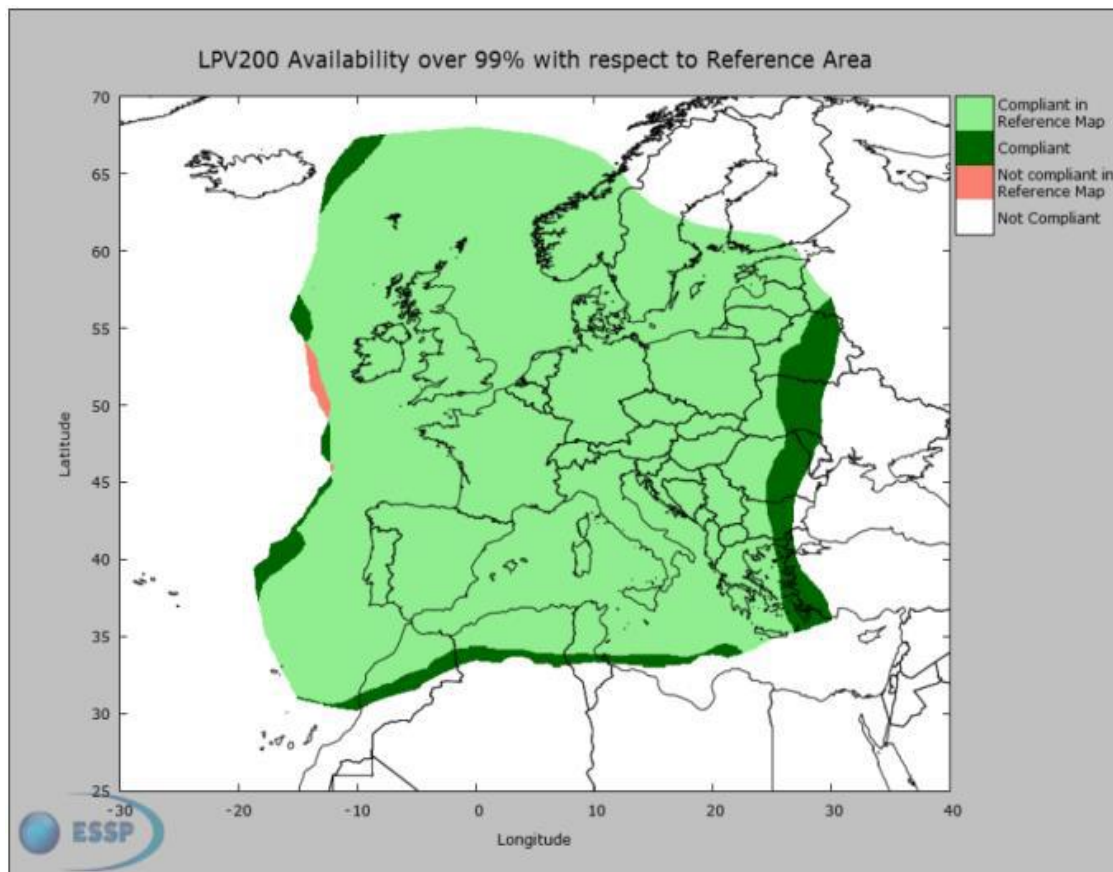
Kuva : Galileo-ohjelman toteutusaikataulu. Euroopan komissio, Galileo FOC Programme Roadmap, 12.12.2016.

2.3 Satelliittinavigointijärjestelmien haasteet

2.3.1 Pohjois-Euroopan satelliittinavigointijärjestelmien kattavuusongelmat

Satelliittinavigointijärjestelmät ja niihin liittyvät tukijärjestelmät eivät ole optimaalisia korkeilla leveysasteilla, etenkin arktisilla alueilla varsinkin korkeustiedon tarjoamisen suhteen. Tämä johtuu satelliittikonstellaatioista eli satelliittien sijoitteluista radoilleen. Galileo antaa kuitenkin hieman paremman kattavuuden korkeilla leveysasteilla kuin GPS ja GLONASS kaikista parhaimman korkeimmalla inkliinaatiokulmallaan. Satelliittinavigoinnin tukijärjestelmissä (EGNOS) Pohjois-Euroopassa on ongelmia, koska tukisignaalia lähettävät satelliitit näkyvät huonosti pohjoisilla alueilla, eikä signaalin vastaanotto onnistu kovinkaan hyvin.

Satelliittinavigoinnin tukijärjestelmä EGNOS:n palvelut ovat saatavissa Keski-Euroopassa, mutta toistaiseksi kaikkia palveluita (esim. LPV200) ei ole saatavilla Pohjois-Euroopassa. Suurimmat kattavuusongelmat ovat Suomessa (ks. alla oleva Kuva 3.). Kattavuusongelma aiheuttaa Suomessa sen, ettei palvelua voida tältä osin hyödyntää esimerkiksi lentoliikenteessä.



Kuva : EGNOS:n kattavuusongelmista Suomessa (Tammikuu 2017, GSA)

2.3.2 Häiriöt ja häirintä

Satelliittinavigointisignaalit, kuten muutkin radiotaajuussignaalit, ovat alttiita sekä tahattomille häiriöille että tahalliseen häirintään. Satelliittinavigoinnissa ongelma on kuitenkin erityisen haastava ja vaikeammin ratkaistavissa, sillä satelliittinavigointisignaalit ovat avaruudesta maahan asti matkaamisen jälkeen teholtaan hyvin heikkoja ja siksi häiriöille alttiita. Satelliittinavigoinnin häiriölähteisiin kuuluvat yläilmakehässä (ionosfäärissä) auringon UV-säteilyn synnyttämät vapaat elektronit, jotka taivuttavat satelliittisignaalin kulkua, ja maan pinnalla erilaiset maanpäälliset järjestelmät, jotka häiritsevät satelliittisignaalien etenemistä. Ionosfäärin vapaat elektronit häiritsevät signaaleja etenkin auringon ollessa aktiivisimmillaan yhdentoista vuoden sykleissä, mutta myös hetkelliset aurinkomyrskyt voivat pahoin häiritä satelliittisignaalien etenemistä ja aiheuttaa virhettä etäisyysmittaukseen satelliitin ja käyttäjän välille.

Maanpäällisistä tahattomista häiriölähteistä tavallisimmat ovat vastaanottopisteen lähellä olevat sähkölaitteet. Lisäksi erilaiset radiotaajuiset lähetykset voivat vaikuttaa satelliittinavigoinnin vastaanottoon. Siksi on erittäin tärkeää sijoittaa kiinteät satelliittinavigointivastaanottimien antennit oikein, sähkö- ja

radiolaitteiden aiheuttamia sähkömagneettisia häiriöitä välttämällä. Satelliittinavigointivastaanottimen laadukkuus vaikuttaa myös merkittävästi sen häiriintyvyyteen. On myös hyvä tiedostaa, että vikaantuessa mikä tahansa radiolaitte saattaa säteillä väärällä taajuudella aiheuttaen radiohäiriön toiselle radiojärjestelmälle. Tämä edellyttää tapauskohtaista radiohäiriöiden selvittämistä ja poistamista. Tahalliseksi häirinnäksi luetaan puolestaan sellaiset laitteet, jotka tarkoituksenmukaisesti lähettävät radiotaajuista signaalia riittävällä teholla ja sellaisilla signaaliominaisuuksilla, jotka estävät tai vaikeuttavat satelliittinavigointisignaalien seuranta tietyllä alueella tai tarkoituksella johtavat vastaanotinta harhaan.

Modernisoitaviin satelliittinavigointijärjestelmiin on suunniteltu uusia taajuuksia ja häiriökestävämpiä paikannuskoodeja. Myös Galileossa on myös otettu huomioon signaalien taajuuksia ja koodeja suunniteltaessa häiriönkestävyys. Tulevaisuudessa useat modernisoidut satelliittinavigointijärjestelmät ovat yhteiskäytössä, jolloin kaikkia saatavilla olevia taajuuksia on yhä vaikeampaa häiritä yhtäaikaaisesti.

2.3.3 Tukijärjestelmät

Satelliittipaikannus tarjoaa ulkotiloissa paikanmäärittystä globaalissa koordinaattijärjestelmässä. Tarkkuus vaihtelee ympäristötekijöistä ja käytössä olevasta vastaanotinteknologioista sekä mahdollisista avustejärjestelmistä tai referenssiverkoista riippuen. Sisätiloissa ja esimerkiksi tunneleissa satelliittien signaalit ovat usein liian heikkoja vastaanotettavaksi, jolloin paikannukseen tarvitaan täydentäviä teknologioita. Kaupunkialueilla korkeat rakennukset haittaavat satelliittisignaalien etenemistä. Satelliittipaikannuksen tueksi ja rinnalle tarvitaan muita paikannustekniikoita, jotta esimerkiksi jalankulkijan navigoinnista ulkoa sisätiloihin saadaan saumatonta, tarkkaa ja vaivatonta. Avustavia navigointiteknologioita ovat inertianavigointitekniikka⁷ ja langattomat paikannusmenetelmät. Langattomiin paikannusmenetelmiin kuuluvat muun muassa matkapuhelintukiasemasignaaliin perustuva paikannus (esimerkiksi 4G), langattoman lähiverkon signaalivoimakkuuksien mittaamiseen perustuvat menetelmät (esimerkiksi WLAN), Bluetooth-tekniikkaan perustuva paikannus, RFID-siruihin pohjautuva etätunnistipaikannus, ultraääni- ja infrapunapaikannus sekä erittäin laajakaistaisiin UWB-signaaleihin (ultra wideband) perustuva aikaviiveperusteinen paikannus.

2.3.4 Varautuminen

⁷ Inertianavigoinnissa navigointi perustuu kiihtyvyyksien mittaukseen.

Suomalainen yhteiskunta on yleisen teknistymisen ja digitalisoitumisen myötä tullut hyvin riippuvaiseksi varman aika- ja paikannustiedon käytettävyydestä. Satelliittinavigointi, kuten mikään muukaan radiojärjestelmä, ei ole käytettävissä aina ja joka paikassa. Erityisesti poliisi- ja pelastusviranomaisten toimintakyky heikkenee merkittävästi, mikäli satelliittipohjaista paikannustietoa ei saada. Televerkot, pankkijärjestelmät ja monet muut yhteiskunnan toimivuuden kannalta merkittävät toiminnot lakkaavat toimimasta tai toimivat puutteellisesti ilman erittäin tarkkaa, useimmiten satelliiteista saatavaa aikasignaalia.

Nykyisin aika- ja paikannustietoon käytetään GPS-järjestelmää. Tulevaisuudessa Galileon julkisesti säännelty PRS-palvelu pyrkii varmistamaan satelliittisignaalin vastaanoton heikoissakin olosuhteissa juuri näille kriittisille toimijoille.

2.4 Sijaintitieto yksityisyyden ja henkilötietojen suojan kannalta

Sijaintitietoa koskeva sääntely on hajaantunut eri säädöksiin. Sovellettava säädös riippuu siitä, onko tiedon käsittelyn osalta kyseessä henkilötietojen käsittely (joko yleis- tai erityislainsäädännön perusteella), sähköinen viestintä tai maantieteeseen ja infrastruktuuriin liittyvä tieto. Sääntelyn runsaus liittyy osaltaan siihen, että sijaintitiedot liittyvät perusoikeustasolla yksityisyydensuojaan, henkilötietojen suojaan, liikkumisvapauteen, sananvapauteen sekä viranomaisen hallussa olevien tietojen osalta julkisuusperiaatteeseen.

Henkilötietoja ovat kaikki tunnistettuun tai tunnistettavissa olevaan luonnolliseen henkilöön liittyviä tietoja. Tunnistettavissa olevana pidetään luonnollista henkilöä, joka voidaan suoraan tai epäsuorasti tunnistaa esimerkiksi nimen tai jopa sijainnin kaltaisella tunnistetiedolla. Sijaintitieto on siis henkilötieto, jos se voidaan suoraan tai epäsuorasti yhdistää luonnolliseen henkilöön.

Henkilötietojen käsittelystä on säädetty henkilötietolailla. Sen tulee korvaamaan 25.5.2018 alkaen Euroopan unionin yleinen tietosuoja-asetus. Kaikkeen henkilötietojen käsittelyyn on oltava henkilötietolainsäädännön mukainen käsittelyperuste. Käsittelyperusteita ovat esimerkiksi rekisteröidyn suostumus sekä lain säännös. Kun henkilötietoja käsitellään, on rekisterinpitäjän huolehdittava siitä, että rekisteröidyn oikeudet toteutuvat sekä siitä, että rekisterinpitäjä täyttää sille laissa asetetut velvollisuudet. Tietosuojan ja tietoturvan on täytyttävä. Lisäksi on varmistettava, että henkilötietoja käytetään vain käyttötarkoituksen kanssa yhteensopiviin tarkoituksiin. Jos tietoja halutaan käyttää muuhun tarkoitukseen, siihen on saatava rekisteröidyn suostumus tai käsittelyn erityisistä edellytyksistä on säädettävä laissa.

Henkilötietojen käsittelystä on annettu myös erityislainsäädäntöä, joka koskee tiettyä sektoria. Liikenteen ja älyliikenteen osalta on annettu erityislainsäädäntöä.

Jäljempänä käsitellään komission toimia C-ITS-järjestelmien osalta. Sähköisen viestinnän sääntelyssä on erityissäännöksiä henkilötietojen käsittelystä. Sääntely kohdistuu yleisesti saatavilla olevan sähköisen viestintäpalvelun avulla tehtävään viestintään. Sijaintitietojen sääntely sähköisessä viestinnässä koskee viestintäpalveluiden tarjoajia sekä lisäarvopalveluiden tarjoajia. Keskeiset sähköisen viestinnän tietosuojaa koskevat säännökset on koottu tietoyhteiskuntakaareen, ja sääntely perustuu sähköisen viestinnän tietosuojasta annettuun direktiiviin. Komissio on ilmoittanut tarkastelevansa direktiiviä EU:n tietosuojauudistuksen pohjalta, ja se on antanut tammikuussa 2017 ehdotuksen direktiivin korvaamisesta asetuksella. Merkittävä uudistus olisi se, että sääntely kohdistuisi teknologianeutraalisti kaikkiin viestintäpalveluiden tarjoajiin.

Tietoyhteiskuntakaaren säännöksiä henkilötietojen käsittelystä ei lähtökohtaisesti sovelleta satelliittipaikannukseen, koska satelliittipaikannuksessa ei käytetä yleisiä viestintäverkkoja. Jos uuden EU-sääntelyn myötä määritelmät muuttuvat, sillä saattaa olla vaikutuksia myös henkilötietojen käsittelyyn satelliittipaikannuksessa. Itse paikantaminen tapahtuu paikannuslaitteissa, jotka ottavat vastaan navigointisignaalia ja laskevat sen pohjalta laitteen sijainnin sekä suunnan ja nopeuden. Tietojen keruu tapahtuu itse paikannuslaitteessa, eivätkä satelliitit käsittele sijaintitietoja. Myös henkilötietojen muu käsittely voi tapahtua paikannuslaitteessa, jos siinä on tarpeelliset ominaisuudet, taikka tieto voidaan siirtää paikannuslaitteesta toiseen laitteeseen tai palveluun.

Paikannuksen tukena ja sijaintitiedon välittämiseen voidaan kuitenkin käyttää matkapuhelinverkkoa sekä langattomia lähiverkkoja. Paikannuslaitteet usein välittävätkin tietoa yleisten viestintäverkkojen kautta. Paikannustieto välitetään yleensä matkapuhelinverkon avulla erilaisiin palveluihin ja sovelluksiin, ja se on yleensä keskeinen osa palvelua. Lisäksi esimerkiksi matkapuhelimissa olevat paikannusjärjestelmät hyödyntävät yleensä sekä satelliittipaikannustietoa että yleisten viestintäverkkojen kautta saatavaa paikannustietoa. Tietoliikenneverkot tarjoavat rinnakkaisen paikannusmenetelmän esimerkiksi sisätiloissa tai ne voivat tarjota avusteen, jonka avulla paikannus käynnistyy nopeammin tai paikannuksen tarkkuutta parannetaan. Tällaisessa tilanteessa sovellettavaksi tulevat sähköisen viestinnän tietosuojasäännöt palveluntarjoajan ja lisäarvopalveluntarjoajan osalta. Muuten sovelletaankin lähtökohtaisesti yleistä henkilötietolainsäädäntöä.

Paikkatieto on eri asia kuin sijaintitieto. Paikkatiedolla tarkoitetaan kaikkea tietoa, joka sisältää välittömän tai välillisen viittauksen tiettyyn paikkaan tai maantieteelliseen alueeseen. Paikkatietoa koskeva sääntely kohdistuu lähinnä tällaisen tiedon saatavuuteen julkisista aineistoista ja rekistereistä. Paikkatietoa ei lähtökohtaisesti ole tarkasteltu henkilötietona. Paikkatieto voidaan kuitenkin liittää yksittäiseen henkilöön, jolloin se on henkilötietoa. Tällöin sovelletaankin yleistä henkilötietolainsäädäntöä, jos asiasta ei ole erityissääntelyä.

Euroopan komissio on julkaissut tiedonantona 31.11.2016 strategian vuorovaikutteisista älykkäistä liikennejärjestelmistä (C-ITS). Siinä todetaan, että henkilötietojen ja yksityisyyden suojeleminen on vuorovaikutteisten, verkkoyhteydellä varustettujen ja automatisoitujen ajoneuvojen onnistuneen käyttöönoton kannalta ratkaiseva tekijä. Käyttäjien on voitava luottaa siihen, että henkilötiedot eivät ole kauppatavaraa ja että he voivat tehokkaasti valvoa, miten ja mihin tarkoitukseen heidän tietojensa käytetään. Ajoneuvot paikannetaan satelliittipaikannuksella ja sijaintitietoja voidaan periaatteessa pitää henkilötietoina, koska ne liittyvät ajoneuvon tunnistetietojen kautta tunnistettuun tai tunnistettavissa olevaan luonnolliseen henkilöön. Sen vuoksi C-ITS:n täytäntöönpanossa on noudatettava sovellettavaa tietosuojalainsäädäntöä.

Komissio on yhdessä julkisten ja yksityisten toimijoiden kanssa hakemassa C-ITS Platform -hankkeessa ratkaisuja älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönottamista koskeviin ongelmiin, jotta ensimmäiset palvelut voitaisiin ottaa käyttöön vuonna 2019. Yhtenä ratkaistavana kokonaisuutena ovat tieto- ja yksityisyydensuojaan liittyvät kysymykset. C-ITS Platform saa työnsä valmiiksi syyskuussa 2017, minkä jälkeen komissio päättää jatkosta. Älykkäistä liikennejärjestelmistä annettu direktiivi 2010/40/EU (ITS-direktiivi) antaa komissiolle myös mahdollisuuden antaa delegoituja säädöksiä, jotka velvoittavat jäsenmaita. Komissio on C-ITS -strategiassaan ilmoittanut harkitsevansa delegoidun säädöstoimivallan käyttämistä yleisen tietosuoja-asetuksen käytännön täytäntöönpanon varmistamiseksi C-ITS:n alalla.

2.5 Satelliittinavigointijärjestelmiä täydentävät ja rinnakkaiset järjestelmät ja erityisesti automaattiliikennettä palvelevat järjestelmät

2.5.1 Tiedonsiirtoverkot ja muut teknologiat

Automaattiajoneuvoissa sijainnin määrittämiseen käytetään useampaa kuin yhtä menetelmää. Näitä menetelmiä ovat tiedonsiirtomenetelmät (esimerkiksi ITS-G5, WiFi, UWB, Bluetooth tai LTE), kamerat, tutkat ja fyysiset kiintopisteet. Sijainti tuotetaan näiden tuottaman sijaintitiedon fuusiona.

Tieliikenteessä ajoneuvojen liikkumisen muuttuessa automaattisemmaksi kasvaa tarve ajoneuvojen väliselle kommunikaatiolle. Yhteentoimivien älyliikennejärjestelmien (C-ITS) avulla ajoneuvot voivat kertoa omasta liikkumisestaan tai havainnoimistaan olosuhteista. Ajoneuvot voivat esimerkiksi lähettää jatkuvasti tietoa omasta sijainnistaan ja hyödyntää ajoneuvojen ulkopuolisia tietopalveluita käyttämänsä matkaviestinverkkoinfrastruktuurin kautta. Ajoneuvot voivat olla yhteydessä toisiinsa joko suoraan tai viestintäverkkojen yli.

Ilma-aluksen navigointi voi perustua yhteen tai useampaan järjestelmään ja sensoriin. Lähtökohtaisesti primäärijärjestelmänä on lennonvaiheesta ja ilma-aluksen käytävissä olevista laitteista riippuen joko satelliittipaikannusjärjestelmä tai maassa sijaitsevat radionavigaatiolaitteet. Ilma-aluksen omia järjestelmiä, kuten inertiajärjestelmiä ja hyrräkompassia voidaan myös hyödyntää. Maassa sijaitsevat analogisiin radiosignaaleihin perustuvia perinteisiä navigaatiolaitteita ovat etäisyydenmittauslaitteet (Distance Measuring Equipment, DME) ja tarkkuusmittarilähestymisjärjestelmä (Instrument Landing System, ILS), jotka säilyvät vielä ainakin 2030-luvulle asti. Satelliittipohjaiset menetelmät ovat jo lähes poistaneet monisuuntamajakat (VHF Omni-directional Range, VOR) käytöstä. Maalaitteinfrastruktuurin ja satelliittipaikannusjärjestelmien lisäksi navigointia tukee tutkavalvonta.⁸

Rautatieliikenteessä hyödynnetään maalaitteinfrastruktuuriin perustuvaa paikannusta. Tämän teknologian on arvioitu olevan käytössä 2030-luvun loppuun asti. Meriliikenteessä tutkajärjestelmät, radiojärjestelmät, visuaaliset turvalaitteet, luotsit ja paperiset merikartat toimivat toistaiseksi satelliittinavigoinnin rinnakkaisina järjestelminä. Automaattisten laivojen kehityksen yhteydessä tarkastellaan eri teknologioiden hyödyntämismahdollisuuksia.

2.5.2 Olosuhdetiedon hyödyntäminen automaattiliikenteessä

EU:n Copernicus-kaulukartoitusohjelma tarjoaa muun muassa ilmaista ja avointa kaukokartoitustietoa. Sen moninaisten mahdollisuuksien hyödyntäminen on vasta alullaan, joten nyt voidaan ennakoida vain pieni osa ohjelman koko vaikuttavuudesta. Kaukokartoitustiedon yhdistäminen tarkkoihin maanpäällisiin ympäristöhavaintoihin sekä sää- ja olosuhdemalleihin tuottaa parhaan mahdollisen olosuhdetiedon. Tämän hyödyntäminen automaattiliikenteessä mahdollistaa ajantasaisten kelivaikutusten ja väyläinfran vaurioiden huomioimisen. Tämä lisää merkittävästi automaattiliikenteen turvallisuutta. Olosuhdetiedon ja satelliittinavigoinnin avulla voidaan ennakoida ajantasaisesti reitin haasteet. Tämä koskee kaikkia liikennemuotoja. Erityisesti tieliikenteen nykyisiin tietopalveluihin tulee lisää mahdollisuuksia. Meri- ja lentoliikenteessä tietoja jo hyödynnetään, mutta niiden räätälöimiseen tulee lisäarvoa, kun tietoa on useammin ja laajemmin käytävissä.

⁸ Ilma-aluksissa on nykyisin ILS-, DME- ja VOR-laitteet vakiona. VOR-laitteet korvautunevat GNSS- ja DME-laitteilla. DME-laitteet tulevat todennäköisesti varmistamaan GNSS-laitteiden toimintaa vielä pitkään.

2.5.3. Paikannusta korjaavat palvelut

Satelliittipaikannusta korjaavia mittauksia tarjoavat geostationääristen satelliittien lisäksi (Euroopassa EGNOS) myös kaupalliset toimijat differentiaalikorjauksina. Korjaukset ovat standardoituja ja käytössä tarkkuuden ja luotettavuuden parantamiseksi. Perustoimintansa lisäksi kansallisen koordinaattijärjestelmän perusverkkona myös FinnRef-verkko tarjoaa avointa dataa ja erityistä differentiaalikorjausten palvelua, jonka päälle myös yksityiset yritykset voivat rakentaa omia palveluita ja tuottaa lisäarvoa. Lisäksi FinnRef mahdollistaa suojatun palvelun valtion kriittisille toiminnoille (esimerkiksi puolustusvoimat, turvallisuussektori ja verotus). Dataa voidaan käyttää myös tutkimukseen joko kansallisissa tai kansainvälisissä projekteissa.

Tarkimmissa paikannus- ja navigointisovelluksissa käytetään kantoaallon vaihemittauksia ja alueellisia tukipalveluja kuten RTK (Real Time Kinematic), NRTK (Network Real Time Kinematic). Suomessa kaupallista NRTK palvelua tarjoavat Geotrim Oy ja Leica Geosystems Finland valtakunnallisten noin 100 tukiaseman verkkojen avulla. Maanmittauslaitos (myöhemmin tekstissä MML) kehittää parhaillaan FinnRef-verkkoa siten, että se tarjoaa ensivaiheessa MML:n omaan käyttöön kiinteistötoimitusten vaatimaa paikannustarkkuutta. Tähän päästään 40–50 tukiasemalla, jotka valmistuvat vuoteen 2019 mennessä.

PPP-tekniikka (Precise Point Positioning) on kehittymässä nopeasti ja yhdessä monijärjestelmätekniikan ja vastaanotinten hintojen alenemisen myötä pystyy lähivuosina haastamaan perinteisen DGNSS (Differential Global Navigation Satellite System) tekniikan tarjoten desimetritason navigointitarkkuutta reaaliajassa. Jo tänä päivänä on lukuisia geostationääristen satelliittien kautta korjauspalveluja välittäviä yrityksiä (esimerkiksi OmniStar ja TerraStar), jotka mahdollistavat DGNSS ja PPP-ratkaisut globaalissa järjestelmässä. On myös todennäköistä, että Galileon kaupallisen palvelun mukana tullaan lähettämään PPP-korjauksia. Tämä parantaisi merkittävästi korjauksen saatavuutta Suomessa.

2.5.4 Pienosatelliitit

Pienosatelliitit ovat jo nyt avanneet mahdollisuuksia myös pienemmille valtioille, kuten Suomelle, yrityksille sekä yksittäisille tutkimuslaitoksille väylän lähiavaruuteen. Kun perinteinen iso satelliitti painaa noin 500 kiloa, niin pienosatelliitteihin lukeutuva nanosatelliitti painaa 1-10 kiloa. Hinta on vain murto-osan ison satelliitin hinnasta. Pienemmän satelliitin hyötykuorma on sen koosta huolimatta melkein yhtä kyvykäs kuin isomman satelliitin. Avaruus tarjoaakin uusia ja ennennäkemättömiä kaupallisia mahdollisuuksia suomalaiselle

teollisuudelle, *startup*-yrityksille ja avaruustutkijoille. Tekes on määrittänyt, että Suomessa on noin 80 yritystä, jotka suunnittelevat satelliittien laitteita, rakenteita ja ohjelmistoja tai hyödyntävät liiketoiminnassaan satelliittitietoa.

Perinteisten tutkimusorganisaatioiden ja laite- ja sovellustoimittajien lisäksi ns. New Space Economy:n tarjoamat mahdollisuudet houkuttelevat alalla uusia toimijoita Suomessakin. New Space viittaa avaruustoimintaan, jota harjoittavat usein alan uudet toimijat, jotka toimivat tyypillisesti kaupallisista lähtökohdista ja ovat valtiosta riippumattomia. New Space mahdollistaa aiempaa helpomman ja halvemman pääsyn avaruuteen muun muassa piensatelliittien avulla. New Space -toiminnan yhteydessä korostuu avaruussovellusten käyttö myös muuhun kuin tutkimuksen tarpeisiin. Kyse voi olla esimerkiksi arkipäivän paikannus- ja telekommunikaatiopalveluiden sekä tarkemman ja nopeamman olosuhdetiedon tuottamisesta.

Suomesta onkin kehittymässä uusi toimija piensatelliittimarkkinoille. Suomalaiset ovat jo ennen omia satelliitteja olleet mukana lukuisissa viime vuosikymmenten eurooppalaisissa avaruushankkeissa, tosin ei niinkään paikannukseen vaan liittyen avaruustutkimukseen ja maapallon kaukokartoitukseen (EO, Earth Observation). Piensatelliittien valmistaminen, aina parin kilon nanosatelliiteista satakiloiseen mikrosatelliittiin, sopii Suomelle erittäin hyvin, koska matkapuhelimien valmistaminen edellytti aikoinaan samanlaista mentaliteettia ja osaamista. Ensimmäisiä versioita suomalaisesta piensatelliittiosaamisesta ovat Aalto-1 ja Aalto-2-satelliitit. Kotimaisten piensatelliittien lisäksi suomalaisen teollisuuden tuotteita on mukana muun muassa ESA:n kaukokartoitussatelliiteissa ja avaruustutkimusluotaimissa sekä operatiivisissa EU:n Sentinel-sarjan kaukokartoitussatelliiteissa⁹. Nämä ovat muodostaneet pääosan suomalaisesta avaruuslaiterakennustoiminnasta.

Piensatelliittien avulla voidaan mitata monia eri kohteita ja asioita. Esimerkiksi parkkipaikkojen käyttöasteesta, maataloudesta ja lentokoneiden liikkeistä voidaan kerätä dataa pelkästään piensatelliittien voimin. Piensatelliittien sovelluskohteita ovat myös erilaiset ilmakehän ominaisuuksien mittaukset ja ilmastonmuutoksen seuranta sekä näihin liittyen muun muassa arktisen alueen olosuhteiden (esim. jäätilanne) seuranta. Piensatelliitit käyttävät GNSS:ää ja niissä on GPS-vastaanotin, jonka avulla ne voivat välillisesti paikantaa muun muassa edellä mainittuja lentokoneita sekä laivoja. Piensatelliittien tehokas käyttäminen esimerkiksi automaattiliikenteessä edellyttää kuitenkin niiden määrän lisäämistä. Pelkästään globaaliin jatkuvaan radiopeittoon tarvitaan arvioiden mukaan 60 piensatelliittia. GNSS-paikannustiedoissa voi olla virheitä muun muassa ionosfäärin aiheuttamista poikkeamista johtuen, mutta

⁹ Sentinel satelliitit ovat olennaisin osa EU:n kaukokartotusalan Copernicus-ohjelmaa, entiseltä nimeltään GMES, Global Monitoring for Environment and Security.

piensatelliitit voivat mahdollisesti ratkaista epätarkkuutta koskevan ongelman tarjoamalla virhekorjauksia. On arvioitu, että noin 30 piensatelliitin lähettäminen avaruuteen saattaisi ratkaista esimerkiksi Suomea koskevien GNSS-paikannustietojen epätarkkuuden.

Kaikki liikennemuodot ovat kehittymässä kohti automaattisia kulkuneuvoja tai aluksia, jolloin automaattiliikenne tarvitsee monipuolista paikka- ja paikannustietoa toimiakseen. Näihin tavoitteisiin pääsemiseksi GNSS:n avulla on siirryttävä usean järjestelmän yksitaajuuslaitteista kaksitaajuuslaitteisiin. GNSS:ää voidaan tulevaisuudessa auttaa myös piensatelliiteilla, kun tehdään esimerkiksi suhteellista paikannusta ympäristön ja ympäröivien kulkuneuvojen suhteen tai voitaisiin muodostaa piensatelliittien konstellatioista ihan oma satelliittipaikannusjärjestelmäkin¹⁰. Piensatelliittien ollessa lähempänä maata verrattuna GNSS-satelliitteihin, signaalin voimakkuus olisi vahvempi parantaen häiriönsietoa ja pureutuen paremmin kaupunki- ja sisätilaympäristöihin.

2.5.5 Tietoliikennesatelliittiliikenne

Kaupallisten satelliittioperaattorien tarjoamia tietoliikennesatelliittiyhteyksiä käytetään muun muassa yritysten datayhteyksien välittämiseen satelliitin kautta, internet-yhteyksiin, televisiolähetysten välittämiseen sekä puhelinyhteyksiin. Tyypillisesti käytettävät satelliitit ovat maahan nähden paikallaan pysyviä geostationäärisellä radalla olevia satelliitteja, mutta esimerkiksi Iridium- ja Globalstar-satelliittioperaattorit tarjoavat matalammilla radoilla toimivien satelliittien kautta puhe- ja datapalveluja. Esimerkkinä uudenaikaisesta markkinoille pyrkivästä palvelusta on OneWeb-satelliittioperaattori, joka pyrkii tarjoamaan nopeita dataliikenneyhteyksiä matalalla kiertävillä satelliiteilla. Tavoitteena kyseisellä operaattorilla on rakentaa 648 satelliitin verkko, jonka on tarkoitus olla käytössä vuonna 2019¹¹.

Uudentyyppisistä palveluista huolimatta tällä hetkellä kuluttajille laajimmalle levinneenä tietoliikennesatelliittiliikenteen sovellutuksena Suomessa voi pitää televisio-ohjelmien vastaanottoa geostationäärisistä satelliiteista. Tilastokeskuksen tilaston¹² mukaan 5.7 prosentilla kotitalouksista on satelliittivastaanottoon kykenevä lautasantenni käytössä. Satelliittitelevisiion kautta on saatavilla laaja tv- ohjelmatarjonta useiden eri satelliittien välityksellä. Suomen pohjoisen sijainnin vuoksi geostationäärisellä radalla olevat satelliitit

¹⁰ Reid, Tyler, Orbital Diversity for Global Navigation Satellite Systems, Ph.D. Dissertation, Stanford University, May 2017,
<http://web.stanford.edu/group/scpnt/gpslab/pubs/theses/TylerReidThesis2017.pdf>

¹¹ One-web satelliittioperaattorin web-sivut 2017: <http://oneweb.world/>

¹² Tilastokeskus 2017: http://www.stat.fi/til/kbar/2017/03/kbar_2017_03_2017-03-27_kuv_012_fi.html

näkyvät maassamme kuitenkin matalalla elevaatiokulmalla, minkä vuoksi esimerkiksi puut tai mäet voivat estää satelliittivastanoton joissain paikoissa.

Suomessa satelliittitietoliikenteen kaupallisia palveluita tarjoavat operaattorit ovat tällä hetkellä ulkomaisia yrityksiä.

3. Suomen avaruushallinto

3.1 Avaruusohjelmat ja -järjestöt, joissa Suomi on mukana

Suomi on mukana EU:n Galileo-, EGNOS- ja kaukokartoitusalan Copernicus-ohjelmissa sekä valtioiden välisessä Euroopan avaruusjärjestössä (ESA) ja Euroopan sääsatelliittijärjestössä (EUMETSAT). ESA toimii avaruusteknologian, avaruustutkimuksen sekä avaruuden hyödyntämisen kehittäjänä kattaen alaan liittyvän tutkimustoiminnan sekä niiden käytännön sovellutusten kehityksen, jotka liittyvät muun muassa ilmaston ja ympäristön tilan seurantaan, navigointiin sekä tietoliikenteeseen. EUMETSAT vastaa eurooppalaisista sääsatelliiteista, joista rakentuu nykyään tärkein globaali meteorologinen havaintojärjestelmä. EU, ESA ja EUMETSAT toimivat kiinteässä yhteistyössä, koska ESA vastaa kaikkien eurooppalaisten satelliittien rakentamisesta ja niiden teknologiasta.

EU:n Galileo- ja EGNOS-ohjelmaa johtaa komission Euroopan GNSS-ohjelmakomitea, jossa ovat edustettuina kaikki jäsenmaat Suomi mukaan luettuna. Komissio on delegoiduilla säädöksillä ja sopimuksilla delegoinut avaruussegmentin kehittämisen ESA:lle ja maasegmentin ja signaalipalvelujen tarjonnan GSA:lle, jonka hallintoelimissä Suomi on mukana. Galileo-ohjelman hallinnollisissa komiteoissa Suomea edustaa pääosin LVM ja Viestintävirasto. EU:n kaukokartoituksen Copernicus-ohjelman hallinto on kevyempi kuin Galileo-ohjelman. Copernicus-komiteassa Suomea edustaa Ilmatieteen laitos. ESA:n eri toimintasektorien päättävissä elimissä Suomea edustaa TEM ja Tekes, jotka ovat delegoineet osan tehtävistä alan tutkimuslaitoksille.

EU:n Galileo-ohjelman budjetti vuosina 2014–2020 on noin 7 miljardia euroa ja Copernicus-ohjelman noin 4 miljardia euroa, josta Suomen rahoitusosuus Galileo-ohjelmaan on vuosittain 15 miljoonaa euroa ja Copernicus-ohjelmaan 8,6 miljoonaa euroa. EU:n Horizon 2020 -puiteohjelman budjetti on noin 1,4 miljardia euroa, josta Suomen rahoitusosuus on noin 3 miljoonaa euroa/vuosi. Suomen EUMETSAT jäsenyyteen liittyvät hallinnolliset toimet ja jäsenmaksut hoidetaan Ilmatieteen laitoksen resursseilla osana LVM:n hallinnon alaa. EUMETSAT:n jäsenmaksu vuonna 2017 on 7,2 miljoonaa euroa. Lisäksi LVM:n toimesta on rahoitettu Ilmatieteen laitoksen Sodankylässä sijaitsevan kansallisen satelliittivastaanottokeskuksen toimintaa yhteensä 7,1 miljoonaa euroa vuosina

2010–17. Suomen vuoden 2017 19,5 miljoonan euron ESA-jäsenmaksusta vastaa TEM ja Tekes. ESA:n maksuista merkittävä osa palautuu Suomeen teollisena palautteena tutkimushankkeiden ja teollisuustilausten muodossa.

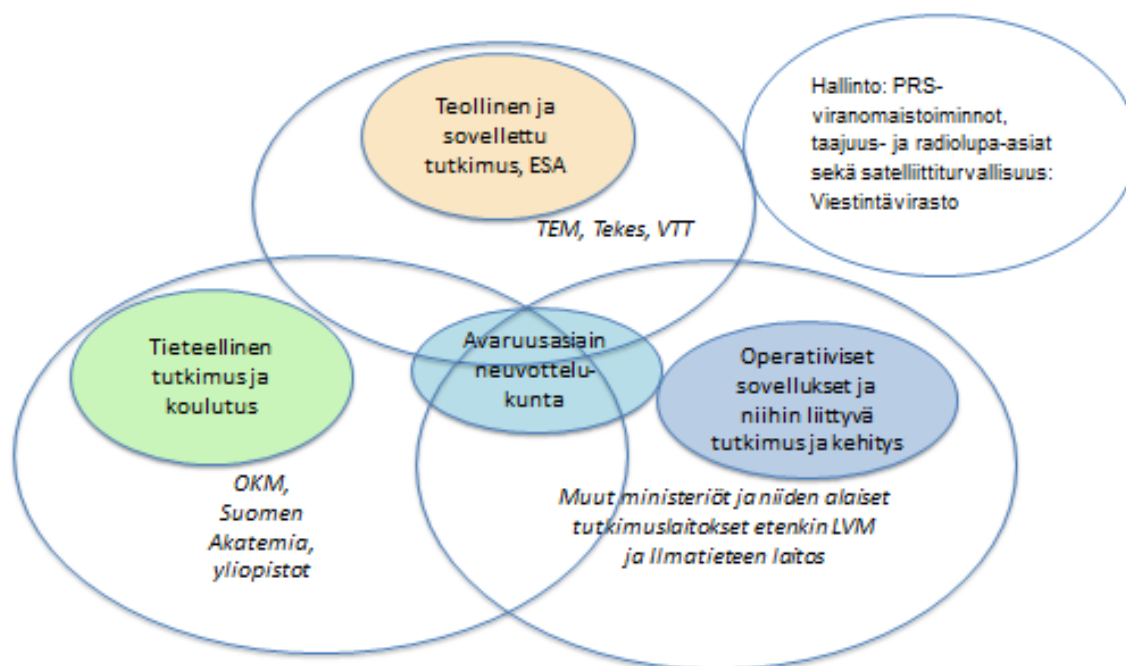
2000-luvun alussa suomalainen avaruusteollisuus osallistui neljän ensimmäisen Galileo-satelliitin toteutukseen noin 8 miljoonan euron alihankintaurakoilla, mutta sen jälkeen suuremman satelliittisarjan voittaneeseen konsortioon suomalainen teollisuus ei kuulu (varsinaisiin avaruuslaitteisiin ja teknologiaan liittyvä tutkimus ja teollinen toiminta Suomessa keskittyvät nykyisellään avaruusalan muille sektoreille). Vuonna 2017 käynnistyy Euroopan avaruusjärjestön satelliittipaikannuksen sovellusohjelma NAVISP, johon Suomi panostaa 1,5 miljoonaa euroa. ESA:n ja EU:n satelliittipaikannustutkimuksen johtavia tahoja julkisella puolella ovat Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskus ja Tampereen teknillinen yliopisto.

3.2 Suomen nykyinen avaruushallinto

Suomen nykyinen avaruushallinto perustuu hajautettuun malliin, jossa kukin hallinto vastaa omasta vastuualueestaan alla mainituin vastualuein. Avaruusasiainneuvottelukunta koordinoi Suomen avaruustoimintaa. Avaruusasioiden päävastuu Suomessa on TEM:llä, koska avaruusasiat nähdään pääasiassa teollisuus- ja elinkeinopolitiikkaan liittyvinä. Ministeriöllä on käytettävissään myös Tekesin avaruusosaaminen sekä TEM:n ja Tekesin avaruustoimintaan varattu budjetti. Ministeriöt vastaavat kuitenkin itse oman hallinnonalansa avaruustoiminnan kehittämisestä ja hyödyntämisestä. TEM vastaa EU:n kilpailukykyneuvostossa esillä olevien avaruuskysymysten kansallisten kantojen muodostamisesta ja elinkeinoministeri toimii Suomen edustajana EU:n ja ESA:n avaruusalan ministerikokouksissa. Euroopan avaruusjärjestön ylimmässä toimielimessä (ESA:n neuvosto) Suomen edustajina toimivat työ- ja elinkeinoministeriön ja Tekesin edustajat. Tekes toimii myös avaruusasiain neuvottelukunnan sihteeristönä ja koordinoi Suomen osallistumista ESA:n ohjelmiin.

LVM:n toimenpitein on vuonna 2014 perustettu Viestintävirastoon viranomainen valmistelemaan ja myöhemmin hallinnoimaan kansallisesti Galileon julkisesti säänneltyä palvelua (PRS). PRS-viranomaisen toimivaltuudet on huomioitu lainsäädännössä (tietoyhteiskuntakaari). Viestintävirasto on perustanut hallinnonalojen välisiä yhteistyöryhmiä valmistelemaan PRS-palvelun käyttöönottoa. PRS-palveluun liittyvien asiakokonaisuuksien lisäksi PRS-viranomainen huolehtii varsinaisten toimivaltuuskenttensä ulkopuolella myös joistakin muista satelliittinavigointiin liittyvistä turvallisuusvastuista kansainvälisten komitea- ja työryhmäedustusten kautta.

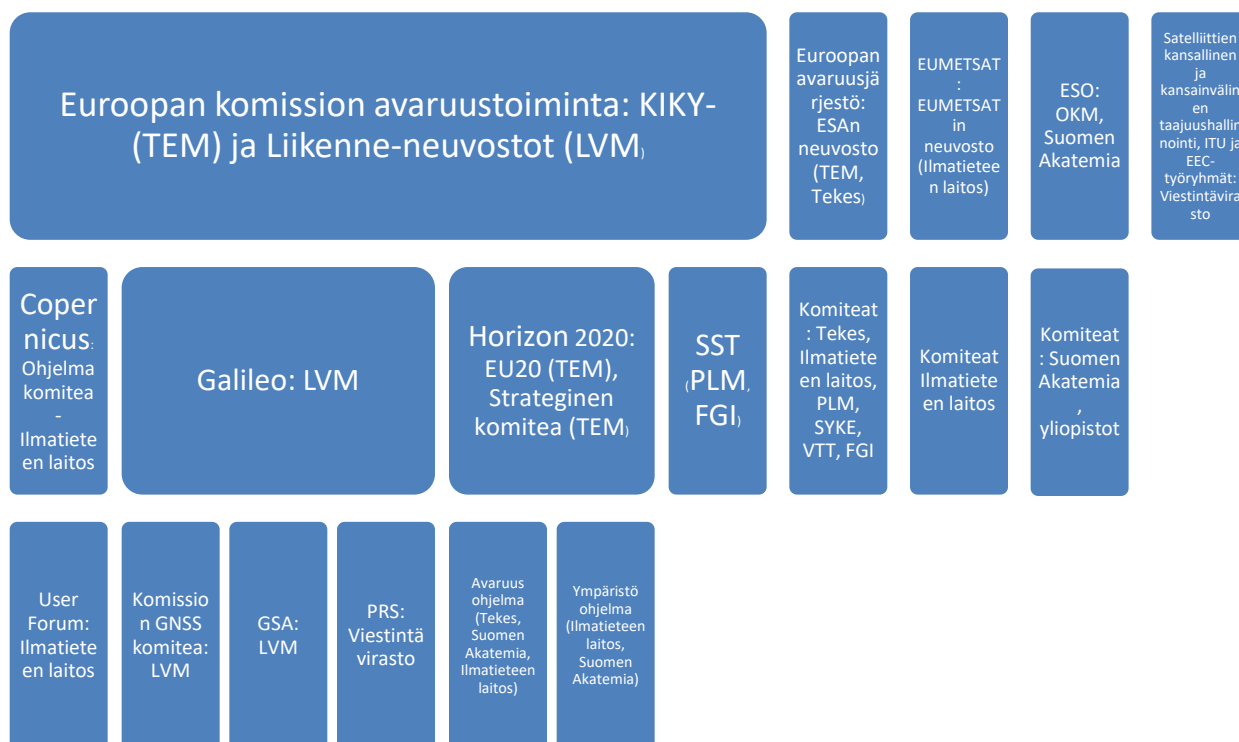
Satelliittiliikenteen taajuusasioiden hallinnointi sekä radiolupien myöntäminen suomalaisille satelliiteille on keskitetty LVM:n hallinnonalalla Viestintävirastolle, joka vastaa kansallisella ja kansainvälisellä tasolla Suomen taajuushallinnoinnista. Satelliittiliikenteen taajuushallinnointi hoidetaan vastaavasti esimerkiksi Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa ja Virossa. Kuvassa 4 on esitetty Suomen hajautettu avaruushallinto, joka on luotu Suomen liittyessä Euroopan avaruusjärjestöön.



Kuva : Suomen hajautettu avaruushallinto

Suomen avaruusasian neuvottelukunta on tähän saakka käsitellyt pääosin Suomen kantoja ESA:ssa, jossa painopiste on ollut avaruusinfran rakentamisessa. Se on myös käsitellyt satelliittikaukokartoituksen ja myöhemmin myös satelliittipaikannuksen kehittämistä. Jokainen hallinnonala on vastannut omalta osaltaan satelliittien lähettämien signaalien hyödyntämisestä. Suomi osallistuu myös EU:n avaruustoimintaan, joka on viime aikoina ollut hyvin aktiivista. Se on lisännyt myös hallinnollista työtä. Alla on kuvattu kuvassa 5 eri viranomaisten osallistuminen erilaisiin kansainvälisiin avaruusalan järjestöihin. EU:n avaruusasioita käsitellään sekä kilpailukykyneuvostossa että liikenneneuvostossa, joihin ministerit osallistuvat. Avaruustoimintaan keskittyneiden organisaatioiden ohella Suomi osallistuu satelliittiliikenteen taajuusasioiden valmisteluun kansainvälisen televiestintäliiton ITU:n (International Telecommunication Union) sekä Euroopan telehallintojen

sähköisen viestinnän komitean ECC:n (Electronic Communications Committee) alaisissa työryhmissä.



Kuva : Suomen edustus eurooppalaisissa avaruusorganisaatioissa

Vähitellen Euroopan kaksi suurta avaruushanketta, Galileo ja Copernicus, ovat täysimääräisessä käytössä. Tällöin tulee harkittavaksi Suomen avaruushallinnon painopisteen ja vaikuttamisen siirtäminen avaruuden hyödyntämiseen ja satelliittien tuottamien signaalien hyödyntämiseen. Euroopan kahden suuren hankkeen kehittäminen ja hyödyntäminen ovat keskeisiä Euroopan innovatiivisuuden ja uusien kaupallisten mahdollisuuksien käynnistämisessä myös Suomessa.

3.2.1 Keskitetyn avaruushallinnon edut

Toimenpideohjelman valmistelun aikana on tullut esiin ehdotus keskitetystä avaruushallinnosta, jossa kaikki avaruuteen liittyvät toiminnot voitaisiin yhdistää yhteen hallintoon nykyisen hajautetun mallin sijaan. Tarkoitus ei olisi perustaa uutta virastoa, vaan toiminnot voitaisiin keskittää yhteen jo olemassa olevaan toimintoon. Jos avaruusala olisi keskitetty yhteen keskukseseen, se pystyisi paremmin palvelemaan niin satelliittien kehittämistä ja rakentamista kuin satelliittijärjestelmien hyödyntämistä.

Avaruushallinnon keskittäminen tarjoaisi muun muassa seuraavia mahdollisuuksia:

- 1) avaruusalan tehokkaampi johtaminen ja koordinaatio, mm. radiotaajuuksien, ilmatilanhallinnan ja kertyneen datan yhteiskunnallisesti merkittävä käyttö hyötyvät tehokkaammasta koordinaatiosta, samoin vastaisuudessa uuden Suomen strategisen avaruusohjelman laatiminen ja toimeenpano (nyt on voimassa Avaruusasiain neuvottelukunnan laatima Suomen kansallinen avaruusstrategia vuosille 2013–2020),
- 2) ketterä ja joustava hallinto, joka pystyy reagoimaan muuttuviin tilanteisiin ja tarjoamaan ketterän tien avaruuteen liittyville kehitysprojeekteille,
- 3) yhden luukun periaate (eri toimijoille tarjotaan keskitetysti avaruusalan tietoa ja palvelua),
- 4) paremmat toimintaedellytykset uudelle avaruusliiketoiminnalle (New Space) ja matalampi kynnyks kasvaville yrityksille päästä kasvavalle uudelle markkina-alueelle,
- 5) globaalien teknologia-, tuote- ja palveluinnovaatioiden tehokkaampi edistäminen ja käyttöönotto eri sovellusalueilla, kuten automaattiliikenteessä
- 6) datan saannin turvaaminen huolehtimalla Suomen edellytyksistä saada käyttöön satelliittien tuottamaa dataa (liittyen niin paikannukseen kuin EO-sektoriin)
- 7) Suomen avaruusalan parempi näkyvyys ja vaikuttavuus kansainvälisesti ja kansallisesti,
- 8) ESA:n rahoitusmekanismin varojen tehokkaampi tulouttaminen takaisin ja kansallisten rahoitusinstrumenttien tehokkaampi kohdentaminen
- 9) avaruuteen liittyvän tutkimuksen ja koulutuksen kehittämiseksi sekä piensatelliittien kehitystyölle sekä
- 10) avaruusalan pitkäjänteinen kehittäminen, operatiivisten toimintojen turvaaminen ja alan jatkuvuus.

Useissa EU-maissa on keskitetty avaruushallinto. Näin on esim. Ruotsissa, Norjassa ja Itävallassa. Kuitenkin useissa maissa, kuten Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa ja Virossa, satelliittiliikenteen taajuushallinnoinnista vastaa Viestintävirastoa vastaava kyseisen maan taajuushallintoviranomainen. Myös Suomessa on olennaista varmistaa jatkossa satelliittiliikenteen tehokas taajuussuunnittelu ja -hallinnointi, jotta pystytään turvaamaan suomalaisten radiojärjestelmien (satelliitti- ja maanpäällisten järjestelmien) häiriötön toiminta sekä toisaalta se, etteivät suomalaiset radiojärjestelmät häiritse muiden maiden radiojärjestelmiä.

Suomalaisten satelliittien taajuuksien saatavuuden varmistaminen oikea-aikaisesti on välttämätöntä huomioida keskitetyn avaruushallinnon tehtävien suunnittelussa ja vastuutuksissa, jotta esimerkiksi piensatelliittien käyttöönotto voidaan jatkossakin mahdollistaa.

3.3 Satelliittitaajuuksien hallinnointi ja radiolupamenettelyt

Satelliittitoiminnassa taajuuksia käytetään muun muassa satelliittien ohjaukseen maasta sekä satelliitin informaation tuottamiseen (esimerkiksi tutkalla) ja sen lähettämiseen satelliitista maahan. Siten taajuusasiat koskettavat kaikkia satelliitteja, mukaan lukien radionavigointisatelliitit ja piensatelliitit. Taajuussuunnittelulla ja kansainvälisellä sopimisella mahdollistetaan satelliittien ja niihin liittyvien maa-asemien toimiminen suunnitellusti ja häiriöttömästi. YK:n alaisen kansainvälisen televiestintäliiton ITU:n Radio-ohjesääntö sisältää menettelyt satelliittitaajuuksien käytöstä sopimiselle (taajuuskoordinoinnit, notifiointit ja rekisteröinti kansainväliseen taajuusrekisteriin) sekä ohjaa näiden menettelyiden käyttöä. Suomessa satelliittiliikenteen taajuushallinnoinnista sekä ITU:n Radio-ohjesäännön mukaisista menettelyistä vastaa Viestintävirasto.

Suomalaisissa satelliiteissa sijaitsevien radiolähettimien hallussapito ja käyttö edellyttää Viestintäviraston myöntämää radiolupaa, mikäli taajuuksista on sovittu Suomen nimissä. Satelliittien taajuushallinnoijan olennaisimpina tehtävinä radiolupien myöntämisen lisäksi ovat Suomen satelliittiresurssien esimerkiksi yleisradiosatelliittiresurssin ja maanpäällisten radioliikenteiden suojaus uusia ulkomaisia satelliitteja vastaan sekä sen varmistaminen, että suomalaisille satelliittijärjestelmille löytyy riittävästi sopivia taajuuksia siten, että suunniteltu käyttö ei aiheuta häiriöitä muille palveluille Suomessa tai muualla.

ITU:n Radio-ohjesääntöä päivitetään maailman radiokonferenssissa noin neljän vuoden välein. Konferenssien välillä kansainvälisissä työryhmissä (ITU- ja CEPT-alaryhmät) tehdään tarvittavia tutkimuksia ja yhteensopivuustarkasteluja, joissa Viestintävirasto sekä suomalaiset intressiryhmät ovat mukana vaikuttamassa. Tyypillisesti satelliiteille osoitetut taajuusalueet ovat päällekkäin muiden maanpäällisten järjestelmien, yleisimmin radiolinkki- ja tutkakaistojen, kanssa. Taajuusalueiden täyttyessä satelliittiliikenteet kilpailevat uusista taajuuksista ja niiden käyttöehdoista muiden palveluiden, kuten esimerkiksi 5G:n kanssa.

4. Tavoitteena satelliittinavigointijärjestelmien hyödyntäminen

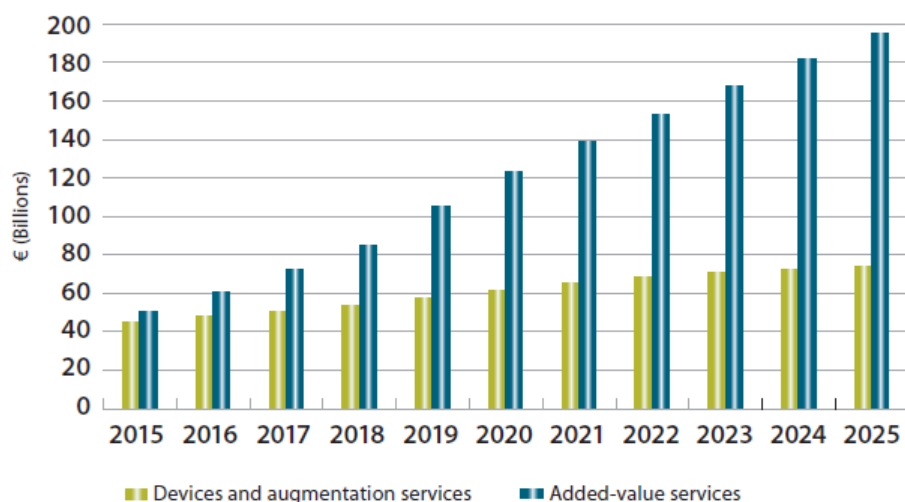
4.1 Satelliittinavigointijärjestelmien markkinakatsaus

Maailmanlaajuisen avaruustoiminnan volyymi oli vuonna 2014 arviolta 230 miljardia euroa. Tästä satelliittien valmistus, laukaisu avaruuteen ja niiden operointi kattoi noin 90 miljardia euroa. Sovellusmarkkinoiden, joka pääosin oli TV-ohjelmien välitystä ja satelliittipaikannus laitteita ja palveluita, liikevaihto oli

140 miljardia euroa. Tästä satelliittipaikannuksen sovellusten ja päätelaitteiden osuus oli noin 60 miljardia euroa.¹³

EU:n GSA-satelliittipaikannusviraston vuoden 2017 markkinaraportin¹⁴ mukaan satelliittipaikannuslaitteiden myynti ja lisäpalvelut kasvavat vuosittain 6,4 % vuosien 2015–2020 aikana. Lisäarvopalvelujen odotetaan kasvavan 20 % vuosien 2015–2020 aikana. Vuonna 2017 maailmanlaajuisen satelliittipaikannuksen markkinoiden liikevaihto on 70 miljardia euroa. Automaattiliikenteen, 5G:n, älykkäiden kaupunkien ja IOT:n nopean kehityksen vuoksi GNSS-lisäarvopalvelujen liikevaihdon odotetaan nousevan 195 miljardiin euroon vuoteen 2025 (kuva 6).

Maailmanlaajuinen liikevaihto tulotyypeittäin



Kuva : Laitteet ja lisäpalvelut (Devices and augmentation) -pylväät kuvaavat GNSS-vastaanottimien ja niitä välittömästi tukevien laitteiden sekä palveluiden markkinoiden kehittymistä.

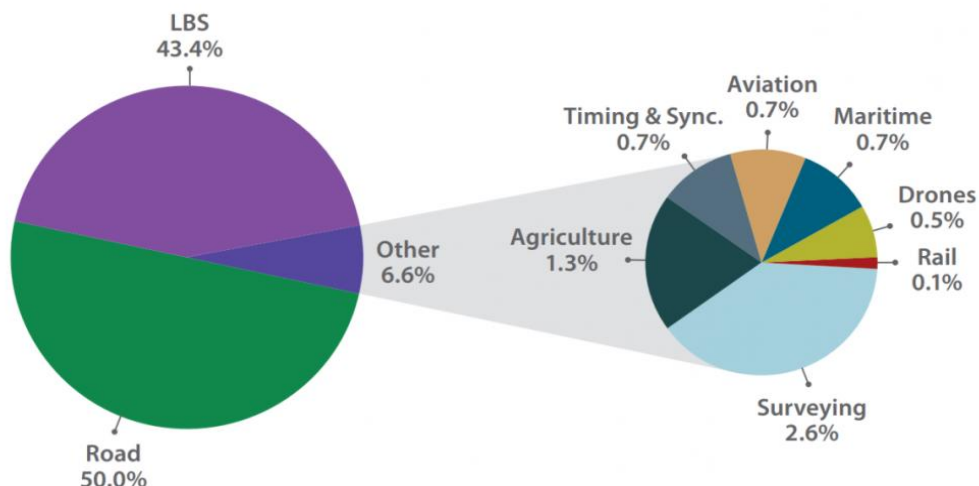
Lisäarvopalvelut (Added-value services) pylväät kuvaavat kaikkia niitä palveluita, jotka luovat lisäarvoa palvelulle GNSS-tekniikkaa hyödyntämällä. Tällaisia palveluita voivat olla muun muassa navigointipalvelut ja älypuhelinsovellukset.

Markkinaraportin mukaan vuonna 2017 GNSS-laitteita on 5,8 miljardia ja vuonna 2020 8 miljardia eli yli yksi laite per henkilö maailmassa. Älypuhelimia on 5,4 miljardia ja lähes kaikki uudet älypuhelimet sisältävät satelliittipaikannuksen. Tieliikenteen laitteita on 380 miljoonaa. Maailmanlaajuisen

¹³ Lähde: Socio-economic impacts from Space activities in the EU in 2015 and beyond, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Directorate GROW, Unit I1— Space Policy and Research, Contact: Iulia SIMION, Project Officer, iulia.simion@ec.europa.eu, European Commission B-1049 Brussels

¹⁴ GSA:n vuoden 2017 markkinaraportti:
https://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/gnss_mr_2017.pdf

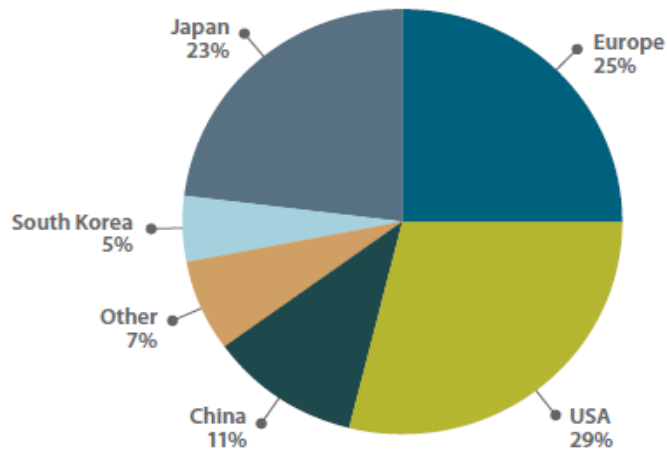
satelliittinavigointijärjestelmien yhteenlasketusta liikevaihdosta 50,0 % tulee tieliikenteen sovelluksista ja 43,4 % älypuhelimien ja tablettien sovelluksista (kuva 7).¹⁵



Kuva : Yhteenlasketun satelliittinavigoinnin liikevaihdon jakautuminen toimialoittain 2015-2025

Euroopan osuus satelliittinavigoinnin liikevaihdosta on 17 miljardia euroa (25 % maailmanlaajuisesta liikevaihdosta). Tähän kuuluu muun muassa paikannus tieliikenteessä (esimerkiksi hollantilaisen TomTom-yrityksen paikannuslaitteet), merenkulun ja ilmailun paikannus, maanmittauksen paikannus (esimerkiksi sveitsiläisen Leica-laitteet), paikannuslaitteet maanviljelyssä, sijaintiin perustuvat ohjelmistopalvelut (esimerkiksi älylaitteiden satelliittipaikannusta hyödyntävät sovellukset) ja tarkka ajan määrittäminen (käytössä muun muassa sähkön jakelussa). Alla olevassa kuvassa 8 on esitetty koko GNSS-alan liikevaihdon jakautuminen eri alueiden ja valtioiden välillä.

¹⁵ GSA:n vuoden 2017 markkinaraportti:
https://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/gnss_mr_2017.pdf



Kuva : Koko GNSS-alan liikevaihdon vertailua alueittain ja maittain.

4.1.1 Suomen avaruus- ja satelliittinavigointimarkkinan arvo

Tekesin mukaan Suomessa on noin 90 toimijaa, joiden toimintaan kuuluu avaruusteknologiaan perustuvien sovellusten kehittäminen. Suomessa toimivia satelliittinavigointialan yrityksiä on kymmeniä, muun muassa u-Blox (paikannuselektronikkapiirien valmistus), HERE (kartat), Reaktor (piensatelliitit), Iceye (piensatelliitit), Mobisoft, Aplicom ja Paetronics (ajoneuvokaluston hallinta), Beaconsim (simulaattorit), Alpha Positron ja SSF (pseudoliitit, jotka korvaavat satelliittien signaalia esimerkiksi konttisatamissa ja avolouhoksissa), Suunto ja Sports Tracking Technologies (liikunta), Tracker (muun muassa metsästyskoirien paikan seuranta) ja Vaisala (mittalaitteet ja -järjestelmät).

Suomen satelliittinavigointijärjestelmiä ja -laitteita valmistavien yritysten liikevaihto on vähintään 300 miljoonaa euroa. Kaikkia satelliittinavigointijärjestelmiä hyödyntävien yritysten määrää ja liikevaihtoa on kuitenkin vaikea arvioida. EU:n BKT:sta 6-7 % eli 800 miljardia euroa liittyi suoraan satelliittinavigointiin sen eri muodoissa. Kokonaismäärällä kuvataan kaikkia niitä tilanteita, jotka ovat riippuvaisia satelliittinavigoinnista. Koko EU:n BKT:sta voidaan myös päätellä, että Suomenkin BKT:sta arviolta 6 % eli noin 15 miljardia euroa on riippuvaista satelliittipaikannuksesta.

Tekesin tekemässä vaikuttavuusarvioinnissa kysyttiin suomalaisilta yrityksiltä, toimisivatko heidän tuotteensa, palvelunsa tai prosessinsa ilman avaruusteknologiaa. 25 % sadoista vastaajista katsoi, että heidän tuotteensa tai palvelunsa tarvitsee avaruusteknologiaa. Taloudellisilla tunnusluvuilla ilmaistuna tämä tarkoittaa, että avaruusteknologia on osa sellaista alaa, joka mahdollistaa vähintään 22 miljardin euron liikevaihdon, yli 40 000 työpaikkaa ja 13 miljardin euron edestä vientiä suomalaisille yrityksille. Se on noin 20 % Suomen viennistä.

Satelliittinavigointijärjestelmät voivat edistää Suomessa virinnyttä automaattilaivojen kehitystä ja voivat avata myös uusia markkinamahdollisuuksia Suomessa rakennetuille automaattilaivoille. Se voi myös edistää automaattiliikenteeseen liittyvien uusien palvelujen syntymistä. Lähitulevaisuudessa voidaan myös olettaa turvapaikannukseen eli PRS- ja CS-palveluun liittyvän liiketoiminnan kasvavan.

4.2 Logistiikka

Logistiikassa satelliittinavigoinnille tai satelliittipaikannukselle on paljon potentiaalisia käyttökohteita, kuten kaluston sijainnin reaaliaikainen seuranta. Kun kaluston sijainti on tiedossa, voidaan kuljetus- ja reittisuunnitelmia tarvittaessa muuttaa hyvinkin nopeasti. Tämä on usein tarpeen kappaletavaran jakelu- ja keräilykuljetuksissa, jossa tilanteet muuttuvat hetki hetkeltä. Myös lähetyserä- tai kollikohtainen seuranta on mahdollista reaaliaikaisena. Reaaliaikainen kuljetusten seurantamahdollisuus palvelee myös asiakasta, joka haluaa usein tänä päivänä seurata oman tilauksensa saapumista. Reaaliaikainen kuljetusten seuranta ja lyhyen ajan luotettavat ajoaikaennusteet ovat osa Just On Time -toimintatapaa, jossa oikea-aikaisilla kuljetuksilla vähennetään välivarastojen tarvetta, tehostetaan tuotantoprosesseja ja parannetaan asiakaspalvelua. Nykypäivän logistiikassa nopeutta tärkeämpää on usein ennustettavuus ja luotettavuus, jolloin oman sijainnin lisäksi tarvitaan reaaliaikaista ja usein paikannukseen perustuvaa tietoa liikenneuhkista, -häiriöistä sekä säästä ja kelistä. Tulevaisuuden logistiikassa, jossa sovelletaan uusia toimintamalleja, kuten joukkoistaminen, tulee satelliittipaikantamisella olemaan entistä merkittävämpi rooli.

Metsäteollisuuden raakapuukuljetukset perustuvat pitkälti satelliittipaikannukseen. Kun ajokone tuo puut metsästä tien varteen, merkitsee ajokoneen kuljettaja pinon paikan sähköisesti satelliittipaikannuksen avulla. Kuljetusten työnjohto hyödyntää pinojen paikkatiedon ja suunnittelee kuljetukset ja välittää tiedon edelleen kuljetusyritykselle ja autoihin. Kuljettaja etsii kulloinkin haettavan pinon ja puut saadun paikkatiedon ja auton sijainnin ilmoittavan navigaattorin avulla. Tieto puiden hakemisesta ja matkasta edelleen jalostukseen siirtyy kuljetussuunnittelun tietoon ja on nähtävillä kuljettajan ilmoituksen ja auton paikkatiedon perusteella. Vastaavanlaista järjestelmää käytetään myös muun muassa polttoainekuljetuksissa ja vaikkapa maidon noutamisessa tuottajilta.

Satelliittipaikannuksen yhdistäminen sähköiseen rahtikirjatietoon tehostaa kuljetusten ohjausta ja seurantaa. Tietoa kuljetettavasta tavarasta ei tarvitse tällöin erikseen tallentaa seurantaa varten, vaan se on valmiiksi sähköisessä

muodossa. Samalla virhemahdollisuudet vähenevät ja käytettävä tieto on oikeaa ja jatkuvasti ajantasaista.

Satelliittinavigointi parantaa myös kuljetusten turvaa ja turvallisuutta. Arvokkaan tavaran ja erityisesti vaarallisten aineiden kuljetuksissa on hyvä tietää, missä kuorma on milloinkin. Vaarallisten aineiden kuljetusten kohdalla myös kuljetettavan aineen vaaraominaisuudet ja sijainti on hyvä olla esimerkiksi pelastusviranomaisien tiedossa mahdollisen onnettomuuden tai vaikka lastivarkauden sattuessa. Toisaalta nämä asettavat myös tiukkoja vaatimuksia tietoturvalle, etteivät paikka- ja lastitiedot pääse väärin käsiin.

Merenkulussa alusten reaaliaikainen paikannustieto yhdistettynä muihin tietoihin mahdollistaa liikennevirtojen ja yksittäisten alusten reittien optimoinnin. Myös satamakäynteihin liittyviä alukseen ja lastin käsittelyyn kohdistuvia tapahtumia voidaan ennakoida ja sujuvoittaa ajantasaiseen paikannustietoon perustuen. Väylien kunnossapidossa satelliittinavigoinnin tarjoamaa tarkkaa paikkatietoa käytetään muun muassa väyläsyvyyden ja turvalaitteiden sijainnin varmistamisessa.

Tieliikennelogistiikan sovelluksissa sijaintitieto välittyy ajokeskuksiin kuljetusten ohjauksen ja nykyisin usein myös asiakkaiden tarpeisiin ja GPS-paikantimet ovat yleistyneet ajoneuvoista myös perävaunuihin ja kontteihin. Kuljetusten suunnittelussa ja optimoinnissa sekä kaluston seurannassa hyödynnetään yleisesti satelliittipaikannusta, jonka avulla kerätään myös tietoa ajotavasta.

Raskaissa ajoneuvoissa pakolliset ajopiirturit ja toukokuusta 2006 lähtien vaaditut digitaaliset ajopiirturit eivät sisällä pakollisena komponenttina satelliittipaikanninta, mutta markkinoilla on saatavilla laitteita, jossa gps on mukana. Laitetta keskeisempää on logistinen tietojärjestelmä ja langaton ip-yhteys, jonka avulla ajoneuvon paikantava päätelaite liittyy osaksi organisaation tietojärjestelmää.

4.3 Automaattinen liikenne

Eritasoiset automaattisen liikenteen sovellukset nojautuvat hyvin pitkälti tuki- ja taustajärjestelmien tuottamaan tietoon. Tarkka paikanmääritys on elinehto koko automaattisen liikenteen kehittämiseksi, koska paikanmääritys näyttelee keskeisintä roolia autonomisten järjestelmien päätöksenteossa.

Automaattisen liikennevälineen paikanmääritys perustuu absoluuttiseen ja suhteelliseen paikanmääritykseen¹⁶. Absoluuttinen paikanmääritys perustuu yleisimmin GNSS-satelliittipaikannusratkaisuihin, joista tunnetuin on GPS.

¹⁶ <http://gpsworld.com/expert-advice-sensor-fusion-for-highly-automated-driving/>

Suhteellinen paikanmääritys rakentuu vastaavasti kameroiden, mittalaitteiden ja erityyppisten optisten sensoreiden tuottamaan tietoon. Suhteellisella paikanmäärityksellä määritetään paikannettavan kohteen suhde muihin ympäröiviin kohteisiin. Automaattiliikenteessä oleellimmat suhteellisen paikanmäärityksen välineet ovat inertiamittalaitteet, etäisyysmittarit ja laserkeilaimet.

Automaattisen liikenteen päätöksentekojärjestelmissä keskeisimpiä ratkaistavia asioita ovat liikennevälineen sijainti, suunta ja nopeus liikenneympäristössä sekä suhde muihin liikenneympäristönsä kohteisiin. Lisäksi tarvitaan ennusteita muiden kohteiden liikkeistä. Tämän vuoksi liikenteen autonomiset ratkaisut eivät kykene selviytymään pelkästään absoluuttisten GNSS-ratkaisujen avulla vaan tarvitaan suhteellisia paikanmääritysratkaisuja. Automaattisen liikenteen sovellukset käyttävät lähes poikkeuksetta niin sanottua fuusioitua paikanmääritystä, jossa yhdistetään eri GNSS-ratkaisujen ja suhteellisten paikannusratkaisujen tuottama tieto yhteen. Tämä fuusioitu paikanmääritystieto kertoo autonomisia päätöksiä tekeville järjestelmille ne lähtötiedot, jolla päätöksentekoalgoritmit voivat suorittaa tarvittavat liikennevälineen ohjailukomennot (muun muassa oma sijainti väylällä, nopeus, suunta ja muiden kohteiden etäisyydet).

Ylivoimaisesti haastavin asia paikannusjärjestelmien kannalta on automaattiajaminen kaupunkiliikenteessä, koska keskeisenä vaatimuksena on saavuttaa luotettava alle 10 cm paikannustarkkuus mahdollisista fyysisistä esteistä huolimatta. Tällä hetkellä yleinen arvio on, että nykyiset GNSS-ratkaisut kuten GPS, Galileo ja GLONASS ovat lähtökohtaisesti riittämättömiä tarkkaan paikanmääritykseen etenkin automaattiajamiselle kaupunkiliikenteessä.

Satelliittipaikannuksen katkoksia voidaan jonkin verran kompensoida käyttämällä inertiamittausta ja odometriaa (auton pyöristä mitattu matka ja nopeus). Tällaiset ratkaisut ovat tuttuja esimerkiksi tunneleissa tapahtuvassa paikanmäärityksessä. Suhteellisen paikanmäärityksen keinoja voidaan tukea myös maamerkein, jotka voivat olla joko luonnollisia tai keinotekoisia, kuten maahan upotettuja transpondereita.

Fyysiset olosuhteet ja toimintalogiikka vaihtelevat eri liikennemuotojen välillä paljon, mikä tuottaa eri paikanmääritysratkaisuille sekä haasteita että mahdollisuuksia. Merialueilla tarkkuusvaatimukset eivät ole yhtä suuret kuin tieliikenteessä, mutta sitä vastoin sää aiheuttaa haasteita sekä tarkkuuteen että toimintavarmuuteen. Merenkulussa lisäksi paikanmäärityksen tukeminen on hankalampaa epävarmojen tiedonsiirtoyhteyksien vuoksi.

Rautatieliikenteessä niin ikään tarkkuusvaatimukset eivät ole samaa luokkaa kuin tieliikenteessä ja lisäksi liikenne tapahtuu kiinnitetyssä ympäristössä (raiteet).

Sitä vastoin rautatieliikenteessä tarvitaan muita keinoja tukea satelliittipaikannusta suhteellisen paikanmäärittelyn keinoin, koska esimerkiksi tunneleissa paikannussignaali voi kadota pitkäksikin aikaa. Ilmailussa paikanmäärittely perustuu pääosin GNSS-järjestelmien tuottamaan tietoon ja radionavigointiratkaisuihin. Ilmailussa ei myöskään ole samoja senttimetriluokan tarkkuusvaatimuksia.

4.4 Hyödyntäminen tieliikenteessä

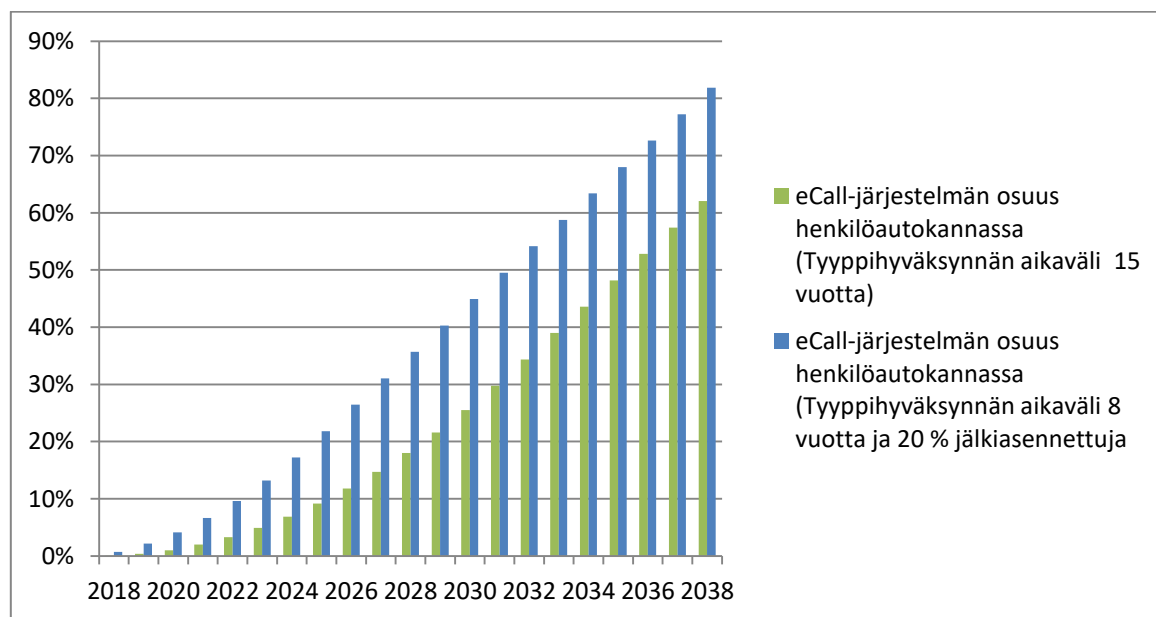
Nykytila

Paikannukseen perustuvien palveluiden markkina on nopeassa kasvussa. Tieliikenteessä on jo käytössä olevia sovelluksia kuten tienkäyttömaksut, eCall (eurooppalainen hätäpuhelujärjestelmä), digitaalinen ajopiirturi, pysäköintipalvelut sekä erilaiset joukkoliikenne- tai matkaketjupalvelut. Paikannuksen hyötyjä ei kuitenkaan pidä tarkastella pelkästään liikenteen ja logistiikan palveluiden näkökulmasta, koska suurin potentiaali on erityyppisten palveluiden yhdistämisessä. Käyttäjän sijainti on keskeinen tekijä palveluiden yhdistämisessä. Paikannuksen avulla on esimerkiksi mahdollista toteuttaa yhdistelmäpalveluita liikkumisen, kaupan alan ja markkinoinnin ympärille eli esimerkiksi liikkeessä käyttäjä pystyy saumattomasti saamaan informaatiota tuotteiden tarjouksista ja hoitamaan erityyppisiä ostoksia.

Tällä hetkellä koko EU:ssa yhteentoimivia sähköisiä tienkäyttömaksujärjestelmiä (EETS-palvelu, European Electronic Toll Service) ei sovelleta missään EU-maassa, mutta sen sijaan erillisiä sähköisiä tienkäyttömaksujärjestelmiä on noin 200, joista osa hyödyntää satelliittipaikannusta. Yksi näistä EU:n yhteentoimivista sähköisistä tienkäyttömaksujärjestelmistä perustuu GNSS:n hyödyntämiseen. Komissio on antanut keväällä 2017 ohjelman, jonka tavoitteena on päästä eroon aikaperusteisesta tienkäyttömaksusta (vinjetti) ja siirtyä ajosuoritteisiin käyttömaksuihin. Tarkoitus olisi saada aikaan koko EU:ssa yhteentoimiva järjestelmä. Tavoitteena on välttää ruuhkat ja ympäristöhaitat. Kuljettaja tulisi toimeen yhdellä sopimuksella ja yhdellä ajoneuvolaitteella koko EU:ssa.

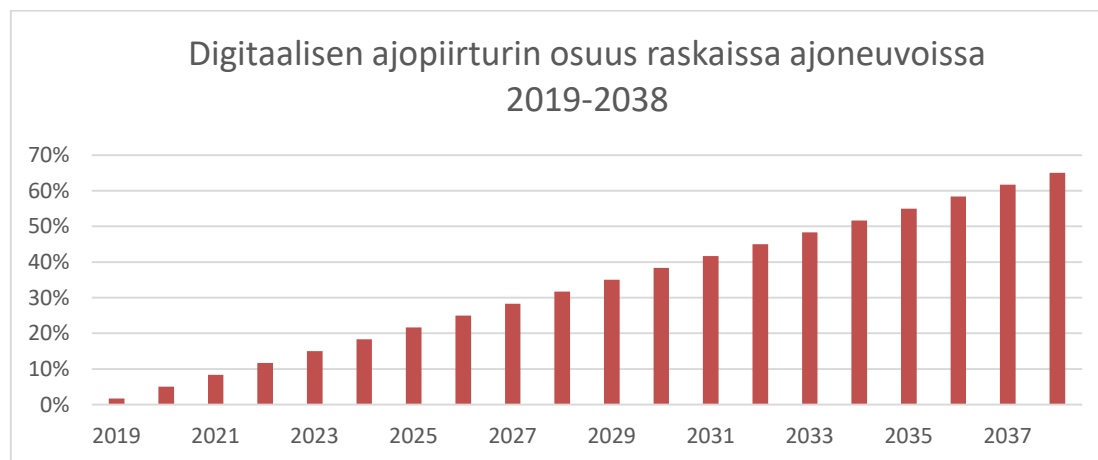
Alla on esitetty kahden kuvaajan avulla eCall-järjestelmän yleistymistä seuraavan kahdenkymmenen vuoden aikana (kuva 9.). Vihreässä kuvaajassa on laskettu eCall-järjestelmän käyttöönottoprosentti uusissa ajoneuvoissa pisimmän mahdollisen tyyppihyväksyntäaikavälin mukaan. Tyyppihyväksynnän aikavälin ollessa 15 vuotta voidaan arvioida, että 15 vuoden kuluttua kaikki uudet käyttöönotettavat henkilöautot sisältäisivät eCall-järjestelmän, jolloin 38 % koko henkilöautokannasta olisi varustettu eCall-järjestelmällä. Toisessa arviossa on laskettu eCall-järjestelmän osuus kaikista henkilöautoista 8 vuoden tyyppihyväksyntäaikavälillä sekä arviolla siitä, että 20 prosenttiin vanhoista

henkilöautoista jälkiasennetaan eCall-järjestelmä, jolloin 31 prosenttia koko henkilöautokannasta olisi varustettu eCall-järjestelmällä.



Kuva : Arvio eCallin osuudesta henkilöautokannassa vuosina 2018-2038.

Digitaalisten ajopiirtureiden, joiden teknologia perustuu satelliittipaikannukseen, (kuva 10.) yleistymistä raskaissa ajoneuvoissa voidaan verrata eCall-järjestelmän yleistymiseen. Arvioiden mukaan jo kahdenkymmenen vuoden kuluttua eli vuonna 2037 60 prosenttia raskaista ajoneuvoista sisältää digitaalisen ajopiirturin. Arvio perustuu siihen, että 1.6.2019 jälkeen ensirekisteröityihin ajoneuvoihin tulee digitaalinen ajopiirturi. Tätä vanhempia raskaita ajoneuvoja ei tarvitse varustaa digitaalisella ajopiirturilla.



Kuva : Arvio digitaalisen ajopiirturin käyttöönotosta raskailla (yli 7,5 tonnin) ajoneuvoilla.

Paikannuksen merkitys korostuu tulevaisuudessa, kun liikenne samoin kuin liikennejärjestelmä digitalisoituvat, ja tiedon keskeinen yhteinen nimittäjä on tarkka sijaintitieto. Tämä koskee liikenne- ja tiesuunnittelua, väylärakentamista, väyläomaisuuden hallintaa, kunnossapitoa ja liikenteenhallintaa. Paikantamiselta vaaditaan näissä käyttötarkoituksissa entistä parempaa tarkkuutta ja toimintavarmuutta. Automaatiota tukevan tieinfrastruktuurin (kiintopisteet, ajoratamaalaukset, tiedonsiirtomajakat ja -tukiasemat jne.), monianturifuusion ja digitaalisten karttakuvausten lisäksi käytettäneen tekoälyä hyödyntäviä SLAM-tyyppisiä ratkaisuja (Simultaneous Localization And Mapping). Nämä yhdessä RTK-GNSS –paikannuksen kanssa muodostanevat tieliikenteessä tulevaisuuden paikannusratkaisun automaattiajamiselle ja muille vaativille sovelluksille.

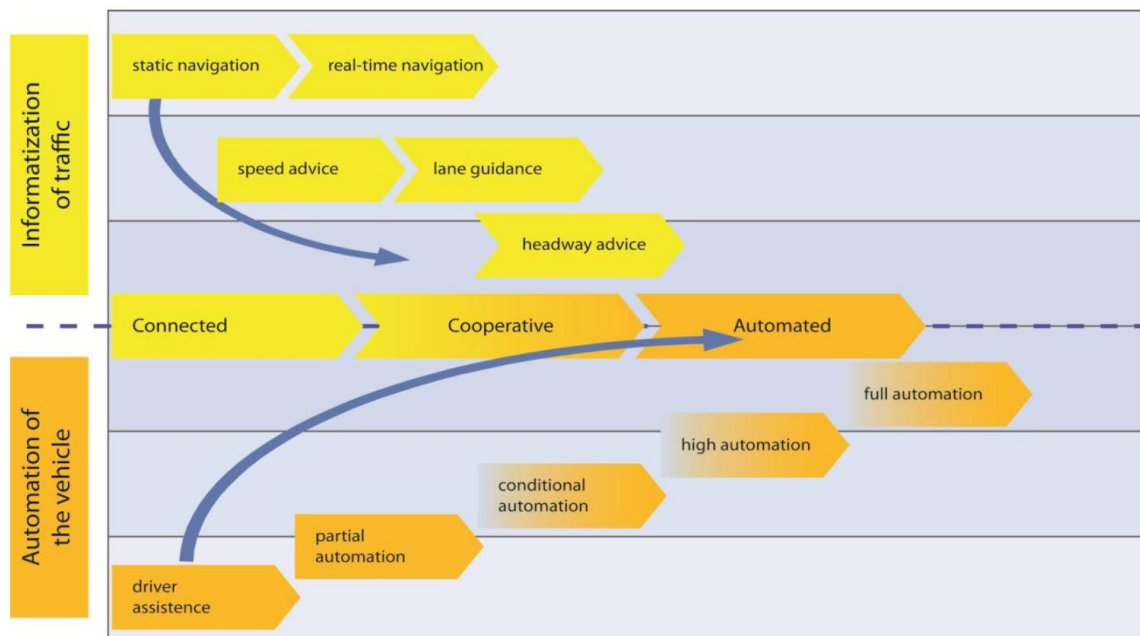
Tulevaisuus

Automaatio tieliikenteessä lisääntyy kuljettajaa tukevien järjestelmien lisääntymisen myötä. Monet näistä, kuten kaistallapysymisen tuki ja pysäköinninavustin hyödyntävät ajoneuvon tarkkaa sijaintitietoa. Ajoneuvot ovat yhteyksissä toisiinsa ja ympäröivään infrastruktuuriin ja luovat verkottuneen, vuorovaikutteisen ja reaaliaikaisen älykkään liikennejärjestelmän (C-ITS), jossa tarkka sijainti on perusedellytys järjestelmän toimivuudelle ja turvallisuudelle. Ensimmäiset kolmetoista koko EU:n alueella yhteentoimivaa verkottuneen liikkumisen palvelua otetaan käyttöön vuonna 2019. Ne parantavat erityisesti liikenneturvallisuutta, ja niissä riittää useimmiten nykyinen GPS-järjestelmän paikannustarkkuus. Seuraavaksi käyttöönotettavat seitsemän palvelua parantavat ajoneuvonavigointia kaupunkialueilla ja niissä paikannuksen tarkkuusvaatimukset ovat aloituspalveluita suuremmat, mutta niissäkin riittää useimmiten GPS:n paikannustarkkuus.

Vaikka järjestelmät perustuvat toistaiseksi vielä GPS-järjestelmien paikannustarkkuuteen, Galileo- ja EGNOS-palveluiden merkitys tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Komission ehdotuksessa sähköisiä tienkäyttömaksujärjestelmiä koskevan direktiivin muuttamiseksi uutena vaatimuksena esitetäänkin, että satelliittipaikannusta hyödyntävät ajoneuvolaitteet tulee olla jatkossa Galileo- ja EGNOS-yhteensopivia.

Verkottunut ja automatisoituva ajaminen yhdistyvät vähitellen toisiinsa ja vuoteen 2030 mennessä ajoneuvojen valmiuksien sekä liikenneympäristön on ennustettu olevan valmiina täysin autonomiselle liikenteelle sekä yksittäisillä väylillä että kaupunkiympäristössä. Tällöin liikkumisen seuranta on reaaliaikaista, satelliittipaikannuksen tarkkuusvaatimus alle 10 senttimetriä ja tiedonsiirtokapasiteetin täytyy olla nykyistä huomattavasti suurempi. Satelliittipaikannuksessa edellytetään signaalin korjauspalvelua ja ratkaisuja, joilla varmistetaan yksilönsuoja ja järjestelmän tietosuoja. Väyläinfrastruktuurin täytyy olla digitoitu ja saatavilla tulee olla autonomisen ajamisen edellyttämät

tarkat digitaaliset kartat. Satelliittinavigoinnin täytyy toimia myös sisätiloissa ja tunneleissa, mikä edellyttää ratkaisujen kehittämistä sisätilapaikannukseen. Kaikki uudet ajoneuvot ovat myös ennusteiden mukaan osa esineiden internetiä vuoteen 2025 mennessä. Liikkuminen on palveluistumassa. Uudet palvelut ovat usein reaaliaikaisia ja palvelevat liikkujaa ovelta ovelle. Tämä edellyttää sekä liikkujan, että liikennevälineen paikantamista matkaketjun eri osissa, jotta saumaton palveluketju voidaan varmistaa.



Kuva : Automaation kehitys tieliikenteessä.

Ennen automaattiajamisen yleistymistä täytyy ratkaista siihen liittyvät yksilönsuojaan, tietosuojan ja järjestelmäturvallisuuteen liittyvät kysymykset. Euroopan komissio selvittää ratkaisuvaihtoehtoja C-ITS-hankkeessa ja antaa esityksensä teknisistä ratkaisuista ja mahdollisen erityislainsäädännön laatimisesta loppuvuodesta 2017.

4.5 Hyödyntäminen rautatieliikenteessä

Nykytila

Satelliittipaikannusta käytetään junien kulkutietojen tuottamiseen. Valtaosa junista on nykyisin varustettu GPS-paikantimilla, jotka välittävät sijaintitiedon GPRS-radiotekniikan avulla aikataulujärjestelmään, josta tiedot ovat eri tavoin virkailijoiden ja yleisön saatavilla. Suomessa VR on julkaissut vuonna 2011 mm. Junat kartalla -palvelun sekä kulkutiedot tarjoavan rajapintapalvelun. Vuonna 2017 uudistettu Junat kartalla -palvelu hyödyntää junien GPS-paikannusta sekä Liikenneviraston kulkutietoja.

Vuonna 2019 Liikennevirasto julkaisee avoimena datana junien GPS-sijaintitiedot tarjoten ne hyödynnettäväksi erilaisille palveluntarjoajille. Myös matkustajainformaatiojärjestelmät ja mobiilisovellukset voivat käyttää tätä satelliittipaikannuksella parannettua juniensijaintitietoa. Radantarkastuspalvelut ja radanpidon ominaisuustietojen ylläpito hyödyntävät GPS-paikannusta.

Tulevaisuus ja Eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä ERTMS

Eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (ERTMS, European Rail Traffic Management System) ja sen eurooppalainen junien kulunvalvontajärjestelmä (ETCS, European Train Control System) ovat teknisiä ratkaisuja, joilla EU tavoittelee liikenteen ja infrastruktuurin tehokkaampaa käyttöä. Viime aikoina sekä EU:n rautatievirastossa ERA:ssa että Euroopan satelliittinavigointivirastossa GSA:ssa on kiinnitetty huomiota satelliittipaikannuksen ja automaation tuomiin mahdollisuuksiin raideliikenteen kulunvalvonnassa.

Junien kulunvalvonnan tasoja on kehitteillä kolme. ERTMS-taso 3 hyödynnetään satelliittinavigointia. ERA on aloittanut ERTMS-tasosta 3 kiinnostuneiden rautatieliikennettä harjoittavien yritysten kanssa neuvotteluita siitä, miten raideliikenteessä yhteistyöllä hyödynnettäisiin satelliittipaikannusta junaliikenteen ohjaamisessa. On arvioitu, että ERTMS-tason 3 vaatimat raide- ja vetokalustoinvestoinnit voivat lopulta olla ykköstason investointeja edullisemmat. ERTMS-taso 3 perustuu satelliittinavigoinnin hyödyntämiseen. Edullisuus edellyttää täysin uusia teknisiä ratkaisuja, joita ei vielä ole tuoteistettu ja kaupallistettu.

Helmikuussa 2017 käynnistyi Euroopan ensimmäinen satelliittipohjainen kulunvalvonnan kokeilu. Kokeilussa testataan Italian Sardiniassa satelliittitekniikan toimivuutta junaliikenteen kulunvalvonnassa. Suomi valmisteli kesällä 2017 kansallisen täytäntöönpanosuunnitelman vähintään 15 vuodelle ratojen varustamisesta päivitetyllä kansallisella teknologialla (JKV, junien kulunvalvonta) vuoteen 2038. Käytössä oleva teknologia ei vastaa edes ERTMS-tasoa 1. Tavoitteena tulisi olla suoraan ERTMS-taso 3, jotta vältettäisiin välitasojen investoinnit ja pystyttäisiin hyödyntämään satelliittinavigointia.

4.6 Hyödyntäminen meriliikenteessä

Nykytila

Perinteisesti satelliittien hyödyntäminen meriliikenteessä on ensisijaisesti kohdistunut paikannussatelliittien hyödyntämiseen laivojen navigointitoiminnassa ja merenkulkijoiden hätäviestien paikallistamisessa. Kansainvälisen

merenkulujärjestön (International Maritime Organisation, IMO) sääntelyn alla olevassa ammattimerenkulussa aluksen automaattinen paikanmäärittyslaite on pakollinen varuste ja etenkin avomerillä laivojen sijainnin määrittämisessä ja navigoinnissa tukeudutaan käytännössä aina paikannussatelliittien antamaan paikka- ja aikatietoon. Yksittäisten alusten ja yleisen liikennetilanteen seurannan helpottamiseksi aluksen itse määrittämät paikannustiedot välitetään lisäksi eteenpäin erilaisiin valvontakeskuksiin. Tämä on erityisen tarpeellista aluksen ollessa hädässä tai avun tarpeessa. Paikannustiedon välittämiseen käytettyjä järjestelmiä ovat esimerkiksi alusten automaattinen tunnistusjärjestelmä (AIS, Automatic Identification System) sekä merenkulun hätä- ja turvallisuusjärjestelmä (Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS).

Paikannuksen tueksi ja sijaintitiedon välittämiseen on merenkulun omien radio- ja tiedonsiirtojärjestelmien lisäksi tarjolla erilaisia muitakin tietoliikennejärjestelmiä ja palveluja: mm. matkapuhelinverkkoja ja langattomia lähiverkkoja rannikon läheisyydessä sekä tietoliikennesatelliittien puhelin- ja verkkojärjestelmiä avomerellä. Nykyisin myös muussa kuin IMO:n sääntelemässä ammattimerenkulussa (kalastusalukset, huviveneet) hyödynnetään laajasti satelliittipaikannusta ja käytettävät paikannusvastaanottimet ovat kehittyneet sähköisiä merikarttoja ja tietoliikenneyhteyksiä hyödyntäviksi monitoimisiksi navigointi- ja tiedonkäsittelylaitteiksi. Kalastusaluksiin kohdistuu EU alueella raportointivelvoitteita, jotka edellyttävät tarkkaa elektronista paikanmäärittystä ja käytännössä näissä aluksissa satelliittinavigointivastaanottimen käyttö on välttämätöntä.

Taloustutkimuksen huviveneilijöihin kohdistaman kyselyn (2012) perusteella lähes kaikki aktiiviveneilijät käyttävät painettuja merikarttoja navigointiin, minkä lisäksi 80 % veneilijäryhmästä hyödyntää karttaplotteria tai navigointiohjelmaa paperikarttoja tukevana informaatiolähteenä. Noin puolet vastaajista ei päivittänyt merikarttoja, mutta sen sijaan käytti Liikenneviraston ilmaista ”Tiedonantoja merenkulkijoille” -palvelua, jossa tiedotetaan merikarttoihin ja väyliin kohdistuvista muutoksista.

Satelliittipaikannusjärjestelmien tukena käytetään lisäksi usein avustejärjestelmiä, jotka parantavat paikannustiedon tarkkuutta ja luotettavuutta. Avustejärjestelmät lähettävät erillisen tiedonsiirtokanavan kautta GNSS-järjestelmiä täydentävää tietoa. Merenkulussa laajimmin käytössä olevia järjestelmiä ovat satelliittipohjaiset avustejärjestelmät kuten EGNOS ja differentiaali-GPS-järjestelmä. Satelliittinavigoinnilla tuotettua paikannus- ja navigointitietoa varmennetaan aluksilla tutkatiedon ja muiden aluksen omien sensoreiden tuottaman tiedon avulla sekä ylläpitäen perinteistä visuaalista navigointia.

Kaikkien ammattimerenkulussa käytettävien alusten navigointilaitteiden pitää olla IMO:n hyväksymiä. Aivan hiljakkoin IMO on hyväksynyt toiminnalliset

vaatimukset monitaajuusvastaanottimelle (Multi-System Shipborne Radionavigation Receiver -laite), joka voi nimensä mukaisesti käyttää hyväkseen useita erilaisia ja eri periaatteella toimivia navigointijärjestelmiä erilaisissa kokoonpanoissa. Laitteen avulla voidaan esimerkiksi hyödyntää samanaikaisesti useaa eri GNSS-järjestelmää tai niiden avustejärjestelmää ilman, että jokaista navigointijärjestelmien yhdistelmää varten tarvitsee määrittää erilliset IMO:n toiminnalliset vaatimukset. Tämän toivotaan jatkossa helpottavan järjestelmien yhteiskäyttöä, nopeuttavan uusien järjestelmien (kuten Galileo ja EGNOS) käyttöönottoa ja sitä kautta parantavan navigointitiedon luotettavuutta ja laatua.

Tulevaisuus

Merenkulun automaation lisääntyminen, etäohjattavien ja autonomisten laivojen tuleminen vaatii tulevaisuudessa erityistä luotettavuutta tiedonsiirtojärjestelmiltä. Tiedonsiirtojärjestelmät välittävät pitkälle automaatiota ohjauksessa hyödyntävien sekä etäohjauksessa olevien laivojen paikka-, olosuhde- ja reittitietoja sekä välittävät maalta laivoihin niiden hallintaan ja ohjaukseen tarvittavia signaaleja. Etäohjattavien alusten tiedonsiirtojärjestelmien luotettavuus, kapasiteetin riittävyys, alueellinen kattavuus sekä kyberturvallisuus tulevat olemaan keskeisessä osassa tulevaisuudessa meriliikenteen riskien hallinnassa.

Laivojen ja satamien automatisointi tulee lisääntymään. Jatkossa laivojen ja satamien laitteet verkottuvat osana yleistä IOT –kehitystä, mikä tuo lisäkapasiteetin tarvetta meriliikenteen tietoverkko- ja satelliittijärjestelmiin. Laivojen automaation lisäämisellä on mahdollista estää ja lieventää inhimillisen toiminnan seurauksena mahdollisesti syntyviä vaaratilanteita, valvoa tehokkaasti laivan toimintoja sekä optimoida kulkureittiä päästöjen ja polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi. Aluksille voidaan enenevässä määrin myös tarjota elektronisessa muodossa olevaa navigointia avustavaa tietoa. Satelliittinavigointijärjestelmien tueksi pystyttäisiin esimerkiksi jo nykyteknologialla tuottamaan ns. vaihehavaintokorjauksia, jotka mahdollistavat reaaliaikaisen 3D-sijaintitiedon laskennan alusvastaanottimissa jopa desimetritarkkuudella, sisältäen siis myös aluksen tarkan sijaintitiedon korkeussunnassa. Aluksen tarkka 3D-sijaintitieto yhdistettynä tarkkaan tietoon väylän syvyysprofiilista taas mahdollistaisi aluksen kulkusyväyksen reaaliaikaisen tarkastelun, kuljetettavan lastin maksimoinnin sekä syvien reittivaihtoehtojen käytön polttoainesäästöjen saavuttamiseksi. palvelun haaste ja jatkokehitystä vaativa osa-alue on kuitenkin kapasiteetiltaan ja kattavuudeltaan riittävän, luotettavan, keskeytymättömän ja standardoidun tiedonsiirtoyhteyden järjestäminen alukselle.

Suomella on vahvaa osaamista ja kokemusta niin meriteollisuudessa kuin ICT-alalla, mikä antaa erityiset vahvuudet olla toteuttamassa kärkimaiden joukossa

meriliikenteen automaation, etäohjattavien ja autonomisten laivojen tulemista. Suomessa on Tekesin toimesta käynnistetty syksyllä 2016 autonomisen meriliikenteen ekosysteemihanke. Sen tavoitteena luoda Suomeen maailman ensimmäiset miehittämättömän merenkulun tuotteet, palvelut ja kokonaisuutena toimiva ekosysteemi vuoteen 2025 mennessä. Ekosysteemin osapuolia ovat alansa johtavat yritykset, kuten esim. Rolls Royce, Wärtsilä, ABB sekä innovatiiviset ICT-alan yritykset. Hanketta koordinoi DIMECC Oy. Ekosysteemin puitteissa ollaan Suomeen perustamassa meriliikenteen automaation, etäohjattavien ja autonomisten laivojen testausaluetta.

4.7 Hyödyntäminen ilmailussa

Nykytila

Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO on laatinut suorituskykyyn perustuvan navigointi -konseptin (PBN, Performance Based Navigation), jolla tavoitellaan globaalisti yhdenmukaisia navigointimenetelmiä, joissa satelliittipaikannusjärjestelmät ovat keskeisessä roolissa. Käyttöönnoton edistämiseksi Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA on valmistellut toimintaa tukevia säädöksiä ja ohjeita. Tällä hetkellä on valmisteltavana komission täytäntöönpanoasetus, joka tulee edellyttämään eri lennonvaiheisiin tarkoitettujen PBN-menetelmien käyttöönottoa tulevana vuosina. Suomessa nämä vaatimukset ovat suurelta osin jo täytetty.

Suomi on ollut yksi Euroopan edelläkävijämaita ilmailun satelliittinavigoinnin käyttöönotossa. GPS-pohjaisen navigoinnin mahdollistavat lentomenetelmät ovat jo käytössä kaikilla Suomen lentoasemilla ja valtaosa mittarilennoista Suomessa lennetään ilma-aluksilla, joissa on GPS-vastaanotin. Nämä ovat osaltaan mahdollistaneet ilma-alusten vapaan reitityksen toimintamallin, sekä ympäristöystävälliset jatkuvan nousun ja jatkuvan liu'un menetelmät.

Suomessa lentoasemien kaikille kiitoteille on mahdollista lähestyä GPS-järjestelmää käyttäen. Ensisijaisesti käytetään kuitenkin kiitotiekohtaista maalaitejärjestelmää (ILS-järjestelmä), koska se on tarkempi. SBAS-vastaanottimella (Satellite Based Augmentation System) saadaan Euroopan alueella käyttöön EGNOS-järjestelmällä tarkennettu ja luotettavuudeltaan varmistettu paikannustieto. Ainoa kotimainen EGNOS-järjestelmävalmius on Joensuun lentokentällä. Rajavartiolaitoksen ilma-alustoiminnassa hyödynnetään navigoinnissa EGNOS-järjestelmää.

Lennonjohto paikantaa tänä päivänä ilma-aluksen toisiotutkien tietojen avulla ja tutkapalvelu toimii myös tukevana ja varajärjestelmänä satelliittipohjaiselle navigoinnille. Etsintä- ja pelastuspalvelussa käytetään hätälähettämiä, jotka

lähettävät onnettomuuden yhteydessä sijaintitietoa satelliittien kautta lentopelastuskeskukselle.

Tulevaisuus

Lisähyötyjä voidaan edelleen saavuttaa pyrkimällä hyödyntämään EGNOS-järjestelmän mahdollisuuksia. Järjestelmän hyödyntämiseen kelpoisten ilma-alusten osalta sillä voidaan parantaa lentopaikkojen ja helikopterilentopaikkojen saavutettavuutta huonoissa sääolosuhteissa, mahdollistaa ympäristön ja melun kannalta optimoidut lentoreitit, sekä joissakin tapauksissa välttää maalaiteinvestointeja. Käytännössä tämä edellyttää kuitenkin, että EGNOS-järjestelmän suorituskyky Suomen alueella on nykyistä parempi ja ilma-alusten valmiudet järjestelmän hyödyntämiseen ovat merkittävästi nykyistä kattavammat. Tällä hetkellä valtaosalla kaupallisen lentoliikenteen ilma-aluksista ei ole valmiuksia EGNOS-järjestelmän hyödyntämiseen, eikä nyt laskeutumisissa käytössä olevaa maalaitejärjestelmää toiminnallisesti vastaava EGNOS-järjestelmän palvelutaso LPV200 ole toistaiseksi käytettävissä koko Suomen alueella.

Lähitulevaisuudessa, ennen LPV200-lähestymislentomenetelmän käyttöönottoa, otetaan käyttöön APV SBAS-lähestymislentomenetelmät Suomen lentoasemille, joilla jo mahdollistetaan satelliittipohjaisia lähestymisiä EGNOS-järjestelmän antamilla reunaehdoilla Suomessa. APV SBAS-menetelmillä saavutetaan riittävän alhaiset lähestymisminimit, jolloin menetelmien kysyntä tulee asteittain lisääntymään tulevaisuudessa myös raskaamman ilma-aluskaluston osalta ja ne ovat myös yleisilmailun saavutettavissa.

Satelliittipaikannus tarkentuu edelleen SBAS-järjestelmän mahdollistamasta tasosta käytettäessä lentoasemakohtaista GBAS-järjestelmää (Ground based augmentation system), joka mahdollistaa yhdellä järjestelmällä lentoaseman kaikille kiitoteille paremman tarkkuuden ja pienemmät operointiminimit. Teknologia on kuitenkin vasta kehittymässä. Galileo-järjestelmän käyttöönotto ja hyödyt tulevat perustumaan kaksitaajuus- ja multikonstellaatiovastaanottimien käyttöönottoon. Sen osalta standardit ovat valmisteluvaiheessa ja käyttöönottovaihe alkanee aikavälillä 2020–2025.

Lähitulevaisuudessa lennonjohdon tutkia voidaan korvata esimerkiksi aikatieta hyödyntävillä satelliittinavigointijärjestelmillä, joissa hyödynnetään ilma-aluksen lähettämää omaa paikannustietoa. Järjestelmissä tarkka aikatieta on kriittinen.

Miehittämätön ilmailu ja sen käyttö kaupallisiin tarpeisiin tulee kasvamaan merkittävästi lähivuosina ja avaamaan uusia toimintamahdollisuuksia.

Lennätettäessä näköyhteyden ulkopuolella tarkka satelliittipaikannus on toiminnan edellytys.

4.8 Hyödyntäminen viranomaiskäytössä

Salattu, vain valtuutetuille käyttäjille suunnattava PRS-palvelu luo valituille viranomaisille lisävarmuutta aika- ja paikkasignaalin hyödyntämisessä sekä luotettavan olosuhdetiedon tuottamisessa. Rikollisten on entistä vaikeampi häiritä esimerkiksi poliisin tai tullin paikannuskykyä rikostutkinta- tai hälytystehtävissä. Maanpuolustuksen asejärjestelmien ja muiden paikka- ja aikatietosidonnaisten toimintojen alttiutta tahallisuudelle häirinnälle pienenee nykyisestä.

Turvallisuus- ja pelastusviranomaisten toiminta tulee jatkossa perustumaan entistä enemmän liikkuvien yksiköiden sekä liikutettavien, kauko-ohjattujen että autonomisten valvonta- ja havainnointisensoreita sisältävien yksiköiden käyttöön. Reaaliaikainen oikea sijaintitieto on tämän toimintakyvyn kannalta kriittisen merkittävää. Havaintoihin ja tutkintaan liittyen täsmällinen ja todistettavasti oikea sijainti- ja aikatieto on kriittistä havaintojen ja valvonnan oikeellisuuden todentamisen kannalta. Autonominen toiminta ei ole ollenkaan mahdollista ilman varmaa ja oikeaa paikannusta.

Turvallisuus- ja pelastusviranomaisten (poliisi, rajavartiolaitos, pelastustoimi, hätäkeskuspalvelut) tarpeet kohdistuvat pääasiassa päätelaitteiden ja sitä kautta henkilöstön ja yksiköiden alueellisesti kattavaan ja luotettavaan paikannukseen sekä ulko-, että sisätiloissa. Tarkan paikannuksen edellytyksenä on paikkatietoaineiston ajantasaisuus ja virheettömyys sekä helppo saatavuus. Esimerkiksi miehittämättömien lennokkien käytön lisääntyessä paikannustarkkuudelle asetetut vaatimukset kasvavat entisestään. Paikannukseen liittyvä aikaleima on myös olennainen erityisesti mahdollisten jälkikäteen tehtävien analyysien kannalta. Turvallisuus- ja pelastusviranomaisten kannalta palvelujen jatkuva saatavuus, häiriöttömyys, häiriö- ja häirintäsietoisuus sekä luotettavuus on olennaisen tärkeää.

4.9 Hyödyntäminen maataloudessa ja maanmittauksessa

4.9.1 Maatalous

Satelliittipaikannuksen hyödyntämisellä maataloudessa tähdätään pellonkäytön optimointiin. Tavanomainen traktorilla suoritettava peltotyö sisältää aina päällekkäisyyttä koska halutaan varmistaa, että taudeille otollisia hoitamattomia kaistaleita ei jää. Peltotöiden keskimääräinen päällekkäisyys on noin 10

prosenttia. Pelkästään minimoimalla päällekkäinen työ saadaan minimoitua polttoaineenkulutusta, ympäristövaikutuksia ja pellon tiivistymistä.

Avainasemassa on olemassa olevan ja tuotetun datan yhdistäminen. Satelliittikuvilla saadaan tietoa esimerkiksi biomassasta ja lennokeilla voidaan saada hyvinkin yksityiskohtaisia karttoja peltoaloista. Yhdistelmädatan avulla voidaan tehdä päätöksiä muun muassa lannoituksen tarpeellisuudesta ja vaikuttaa näin kustannuksiin ja ympäristön kuormitukseen sekä tarkkailla maataloustukien oikeaa kohdentamista.

Suomessa peltolohkot ovat pieniä ja tällä hetkellä peltotöitä avustavat ajo-opastimet ja niihin saatavat korjauspalvelut aiheuttavat merkittäviä kustannuseriä.

4.9.2 Maanmittaus

Maanmittauslaitos on käyttänyt toiminnassaan satelliittipaikannusta jo 80-luvun puolivälistä. Nykyään Suomen koordinaatiston rungon muodostaa pysyvien GNSS-asemien FinnRef-verkko, jota parhaillaan laajennetaan.

Käytännössä kaikki maanmittaustoimitusten vaatimat mittaukset tehdään verkko-RTK-mittauksena (Real Time Kinematic) joitakin maasto-olosuhteiltaan hankalia paikkoja lukuun ottamatta. Maastotietokannan päivittämisessä on viime vuosina siirrytty myös satelliittimittausten käyttöön ja maastossa tapahtuneet muutokset kerätään suoraan maastotietokoneelle GNSS-laitteen ja etäisyysmittarin avulla.

Edellytys RTK-mittauksen käytölle on ollut mittauslaitteiden ohjelmistojen ja tekniikan kehittymisen ohella myös satelliittipaikannusjärjestelmien kehittyminen. Paikannussatelliittien uudet signaalit ja niiden lukumäärän lisääntyminen auttavat mittaamista huonoissa maasto-olosuhteissa (peitteinen puusto). RTK-mittaus on tehostanut huomattavasti maanmittaustoimitusten maastotöitä. Galileon käyttöönoton jälkeen mittaaminen tehostuu edelleen, kun paikannussatelliittien (GPS, Galileo, GLONASS, Beidou) määrä lisääntyy ja niiden lukumäärä on riittävä mittaamiseen lähes kaikissa olosuhteissa.

Maanmittauslaitos kehittää FinnRef-verkkoa lisäämällä tukiasemien määrää vuosien 2017–2019 aikana. Tiheämpi verkko edesauttaa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien ylläpidossa. FinnRef-verkkoa käytetään eri tavoin myös tutkimuksessa. Maanmittauslaitos tarjoaa myös kaikille avointa ja maksutonta FinnRef-palvelua 0,5 metrin tarkkuudella. Paikannuspalvelua kehitetään FinnRef-verkon tihennyksen yhteydessä ja Maanmittauslaitos alkaa vuonna 2019 käyttää FinnRef-paikannuspalvelua omassa toiminnassaan.

FinnRef-verkko tuottaa myös lisäarvoa GNSS-järjestelmien käyttäjille. Sen avulla seurataan koko ajan kuinka maankohoaminen ja mannerlaattojen liikkeet vaikuttavat Suomen koordinaattijärjestelmään. FinnRef on osa euroopanlaajuista GNSS-verkkoa, jonka avulla ylläpidetään eurooppalaista koordinaattijärjestelmää, jonka käyttöön EU:n INSPIRE-direktiivi velvoittaa. Erityisesti Paikkatietokeskuksen Metsähovin tutkimusaseman mittauksia käytetään globaalin koordinaattijärjestelmän ylläpidossa, GNSS-satelliittien ratojen laskennassa ja maan asennon määrittämisessä, joita ilman koko GNSS-järjestelmä ei voisi toimia nykyisenkaltaisena.

4.10 Hyödyntäminen sijaintiin perustuvissa ohjelmisto- ja sisältöpalveluissa

Nykyään navigointiin ja paikannukseen käytetään yleisesti älypuhelimia, tabletteja, älykelloja sekä autonavigaattoreita. Satelliittipaikannusta apuna käyttäviä massamarkkinoille suunnattuja älypuhelinsovelluksia on runsaasti saatavana. Sovellukset liittyvät esimerkiksi erityyppiseen navigointiin, sosiaaliseen mediaan, urheiluun, viihdekäyttöön (kuten geokätköily tai PokemonGo). Peliteollisuuteen ja myös hyötykäyttöön liittyvät virtuaalimallisuuden palvelut ovat yleistymässä ja ne tarvitsevat tarkan sijaintitiedon toimiakseen.

Lisäksi on saatavissa lukuisia viranomais- ja yrityssovelluksia, joilla voidaan muun muassa tehostaa logistiikkaa tai saada apu nopeasti onnettomuuspaikalle. Näiden palvelujen kannalta tärkeitä ominaisuuksia älylaitteille ovat virrankulutuksen ohella paikannuksen saatavuus, nopeus ja luotettava toiminen eri ympäristöissä.

Älypuhelimien käyttömahdollisuuksia sekä käytettävyyttä parantaa useamman eri satelliitti-konstellaation hyödyntäminen. GNSS-markkinaraportin 2017¹⁷ mukaan kasvava osa kalliimmista älypuhelimista sisältää useamman konstellaation tuen kuten GPS+GLONASS. Vuonna 2016 tuli markkinoille ensimmäinen älypuhelin, johon oli integroitu mahdollisuus käyttää Galileo-satelliittinavigointijärjestelmää. Mahdollisuus useamman konstellaation käyttöön älylaitteissa voi johtaa tulevaisuudessa myös siihen, että niillä voidaan korvata joitakin edullisimpia ammattikäyttöön tarkoitettuja vastaanottimia ja sovelluksia.

Älypuhelimet käyttävät yleisesti avustettua paikannusta (A-GNSS), joka nopeuttaa satelliittipaikannusratkaisun saamista (TTFF- Time to First Fix). Menetelmässä satelliittipaikannusta avustetaan lähettämällä maanpäällisen tietoliikenneverkon avulla puhelimelle muun muassa satelliittien ratatiedot.

¹⁷ European Global Navigation Satellite System Agency, 'GNSS Market Report, Issue 5 (2017), <https://www.gsa.europa.eu/2017-gnss-market-report>

Paikannus nopeutuu kun tätä hitaasti saapuvaa dataa ei tarvitse odottaa satelliiteista (GPS almanakan ja ratatietojen täydellinen lataaminen kestää 12,5 minuuttia). Vaihtoehtoisesti mobiililaitte voi lähettää omaa dataansa tukiasemalle, joka ratkaisee paikan ja palauttaa sen mobiililaitteelle. Kummassakin tapauksessa paikkaratkaisu voidaan saada hieman heikommassa havainto-olosuhteissa kuin pelkkää satelliittidataa käyttäen. Sijaintitiedon selvittämisen nopeuteen vaikuttaa myös maasto; kaupungeissa muun muassa korkeiden rakennusten katveet aiheuttavat viiveitä sijaintitiedon määrittämiseen.

Sisätiloissa A-GNSS:n lisäksi voidaan hyödyntää myös muita laitteiden sensoreita ja verkkoja kuten langattomia lähiverkkoja (WLAN). Lähiverkkopaikannusta voidaan käyttää esimerkiksi potilaan paikannukseen sairaala-alueella, ostoskärryjen seurantaan kaupoissa sekä opastukseen museoissa ja lentokentillä, jos näissä tiloissa on langaton lähiverkko.

4.11 Hyödyntäminen aikasynkronoinnissa

Mittanormaalilaitokset ja ajoituslaboratoriot tuottavat koordinoitua maailmanajan toteutuksen, UTC(k), yhteiskunnan käyttöön. Valtioiden virallinen aika pohjautuu yleensä kansallisen mittanormaalilaitoksen tuottamaan UTC-aikaan, jonka toteuttaja Suomessa on Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (myöhemmin tekstissä VTT). Järjestelmien synkronoinnin lähteenä onkin käytännössä järkevä käyttää koordinoitua maailmanaikaa, sillä sen ylläpitoon osallistuu 72 kansallista metrologialaitosta ja aikalaboratoriota.

Moniin tarkoituksiin riittävä aikatieto saadaan pienin kustannuksin satelliittinavigaatiojärjestelmistä. Näin saatu aika ei kuitenkaan sellaisenaan täytä metrologisia tai lainsäädännöllisiä vaatimuksia jäljitettävyydestä. Samoin riskit palvelun luotettavuudessa ja jatkuvassa saatavuudessa estävät usein satelliittijärjestelmistä tai tietoliikenneverkoista saatavan ajan suoran käytön kriittisissä sovelluksissa. Erityisesti on huomattava, että Galileon järjestelmäaika on yhdistelmä useasta UTC-toteutuksesta eikä se sellaisenaan täytä metrologisia tai lainsäädännöllisiä vaatimuksia jäljitettävyydestä UTC-aikaan. Yhdysvalloissa GPS-järjestelmän katsotaan täyttävän jäljitettävyyksivaatimukset, mutta Euroopan tasolla tulkinta on epäselvä, koska US Naval Observatory ei ole metrologialaitos, eikä se ole osapuoli keskinäisessä tunnustettavuussopimuksessa. Jäljitettävyyksivaatimukset voidaan molemmissa tapauksissa täyttää monitorointivastaanottimella tai vastaanotinten verkolla, jonka tuottamaa aikaa verrataan UTC-ajan toteutukseen ja mitattu aikaerotieto välitetään käyttäjille.

Aikasynkronoinnin tarkkuuden, saatavuuden ja luotettavuuden tarve riippuu käyttökohteesta. Yksinkertaisin tarve on kellojen ei-kriittinen synkronointi, jolloin menetelmäksi riittää Internetin aikapalvelu (NTP, Network Time Protocol).

Huomattavasti tarkempaa aikasynkronointia, joka tyypillisesti saadaan satelliittinavigointijärjestelmistä, tarvitaan muun muassa tietoliikenne- ja sähköverkkojen mittausten ja kontrollin, aikaleimapalveluiden, sähköisen kaupankäynnin, digitaalisten TV- ja radiolähetysten ja passiivitutkajärjestelmien synkronointiin. Näissä sovelluksissa tarvitaan mikrosekuntiluokan tarkkuuden lisäksi usein myös jäljitettävyyttä ja todennettavuutta. Kriittisissä sovelluksissa tarvitaan riittävän luotettavuustason saavuttamiseksi monijärjestelmä- ja kaksitaajuusvastaanottoa, T-RAIM (Time Receiver Autonomous Integrity Monitoring) toiminnallisuutta, eheyden monitorointia sekä mahdollisesti rinnakkaisia aikasynkronointimenetelmiä (kts. 2.3.2 häiriöt ja häirintä). Kaikkein suurinta tarkkuutta tarvitaan tieteellisissä sovelluksissa, joissa pyritään nanosekuntiluokan tarkkuuksiin.

Tarkkojen aikasynkronointimenetelmien merkitys kasvaa tulevaisuudessa:

- Tulevaisuuden 5G-tietoliikenneverkot hyödyntävät taajuuksia entistä tehokkaammin. On nähtävissä, että 5G-verkoissa tullaan käyttämään häiriöiden poistotekniikoita, tukiasemaverkon tihentämistä, sekä moniantennitekniikkaa, joissa kaikissa tarvitaan tarkkoja synkronointimenetelmiä.
- Seuraavan sukupolven sähköasemien hallinta perustuu digitaaliseen mittaus- ja suojaustiedon siirtoon. Tämä asettaa uusia vaatimuksia aikaleimojen luotettavuudelle. Satelliittijärjestelmien kautta saatava aika ei ole riittävän luotettava kriittisissä sovelluksissa, jolloin on käytettävä rinnakkaisia synkronointimenetelmiä.
- Ilmailun passiivitutkajärjestelmissä ilma-alus paikannetaan aikaleimaamalla sen yksilöllisen signaalin saapumisaika paikannusverkon vastaanottiin. Tällöin verkon synkronointi vaikuttaa suoraan paikannuksen tarkkuuteen. Sovellus on kriittinen ja siinä tarvitaan luotettavia synkronointimenetelmiä.
- Euroopan arvopaperimarkkinaviranomainen (ESMA) on julkaissut 28 teknistä standardia, joiden täytäntöönpano tapahtuu rahoitusvälineiden markkinat –direktiivillä. Standardi RTS-25 edellyttää tapahtumien jäljitettävää aikaleimaamista.

Aikasynkronointi on yhteiskunnan huoltovarmuuden kannalta kriittistä energian tuotanto-, siirto- ja jakelujärjestelmissä, tieto- ja viestintäjärjestelmissä, -verkoissa ja -palveluissa, finanssialan palveluissa, liikenteessä ja logistiikassa, vesihuollossa, infrastruktuurin rakentamisessa ja kunnossapidossa, elintarvikehuollossa, terveydenhuollossa ja teollisuudessa.

5. Toimenpiteet

1. Selvitetään tarve ja mahdollisuus perustaa Suomeen avaruushallinto. Arvion toteuttaa LVM yhteistyössä TEM:n ja muiden keskeisten toimijoiden kanssa.

2. Vaikutetaan kaikilla EU-tasoilla Suomen EGNOS-kattavuusongelman ratkaisemiseksi ja samojen Galileo- ja EGNOS-palvelujen saamiseksi Suomeen kuin jo on Keski-Euroopassa. Tehdään yhteistyötä jäsenmaiden kanssa, joilla on samat kattavuusongelmat. Näitä ovat erityisesti Norja ja Ruotsi sekä Romania, Kypros, Italia, Espanja ja Portugali, mahdollisesti myös Baltian maat. EGNOS-kattavuuden ratkaiseminen nostetaan Suomen EU- 2019 puheenjohtajuusohjelmaan. Toimista vastaavat LVM, Paikkatietokeskus ja Trafi.

3. Päivitetään kansallinen ilmailun navigaatiostrategia

Päivitetään Trafin vuonna 2012 julkaisema Ilmailun navigaatio- ja valvontalaittejärjestelmien strategia. Satelliittinavigointi nähdään siinä keskeisenä kehityksen mahdollistajana. Suorituskykyyn perustuvan navigoinnin (Performance Based Navigation) laajan käyttöönoton myötä satelliittinavigointi tulee entisestään yleistymään. Osasta perinteisiä radionavigaatiolaitteita voidaan vähitellen luopua ja tutkalaitteita korvata uusilla järjestelmillä. Toimista vastaavat LVM ja Trafi.

4. Rautatiet

1) Laaditaan selvitys ERTMS-tason 3 mahdollisesta käyttöönotosta. Selvityksessä tullaan arvioimaan siirtymistä nykyisestä junien kulunvalvontajärjestelmästä (JKV) suoraan satelliittinavigointia hyödyntävään ERTMS-tasoon 3. Selvityksen tavoitteena on arvioida ERTMS-tasoon 3 siirtymisestä aiheutuvia hyötyjä, haittoja, kustannuksia ja täytäntöönpanon aikataulua. Hyötyjä ja haittoja tulee verrata erityisesti ERTMS-tasoon 1 ja Suomen nykyjärjestelmän hyötyihin ja haittoihin. Toimista vastaavat Liikennevirasto ja Trafi.

2) Laaditaan selvitys satelliittipaikannuksen hyödyntämisen mahdollisuuksista tasoristeysonnettomuuksia ehkäisevänä tekijänä. Toimista vastaavat Liikennevirasto ja Trafi.

5. Satelliittinavigoinnin edistäminen Arktisessa neuvostossa

1) Selvitetään **arktisen navigoinnin haasteet**, mukaan lukien satelliittinavigoinnin haasteet (kattavuusongelmat pohjoisessa ja koillisessa) ja niiden ratkaisuvaihtoehdot. Tuloksia käytetään hyväksi kansainvälisessä ja EU-vaikuttamisessa. Toimista vastaavat Paikkatietokeskus, LVM ja Livi.

2) Edistetään eri satelliittinavigointijärjestelmien (GPS, Galileo, GLONASS ja BeiDou) rinnakkaista hyödyntämistä päätelaitteissa, sovelluksissa ja palveluissa. Toimista vastaavat laitevalmistajat ja markkinat.

3) Kokeillaan satelliittinavigoinnin ja kansallisen FinnRef-verkoston mahdollisuuksia sekä satelliittinavigointia tukevien fyysisen ja digitaalisen tieinfrastruktuuriratkaisujen toimivuutta automaattiliikenteessä Arktisilla alueilla. Toimista vastaavat Livi, Paikkatietokeskus ja Trafi.

4) Tehdään pilottihanke Galileo-signaalin käyttömahdollisuuksien selvittämiseksi revontulialueen ionosfäärisään monitoroinnissa, mikä edesauttaa olosuhdetietojen välitystä pitkän kantaman HF-linkillä (High frequency) arktiselle laivaliikenteelle. Toimista vastaavat Ilmatieteen laitos, Paikkatietokeskus ja LVM.

6. Valmistellaan valtioneuvoston periaatepäätös Galileo-satelliittinavigointijärjestelmän PRS-palvelun kansallisesta toteutuksesta Suomessa. Toimista vastaavat LVM ja Vivi.

7. Laaditaan reaaliaikainen eri GNSS-signaalien laadun ja kattavuuden kuva Suomessa. Toimista vastaavat Paikkatietokeskus ja Ilmatieteen laitos.

8. Selvitetään, miten Suomessa ja Itämeren piirissä pystyttäisiin välittämään luotettava syväystieto GNSS-menetelmällä meriliikenteelle. Toimista vastaavat Livi ja Paikkatietokeskus.

9. Vaikutetaan seuraavan sukupolven Galileo-ohjelman kehitykseen huomioiden Suomen satelliittinavigoinnille asettamat tavoitteet. Toimista vastaavat LVM, Paikkatietokeskus ja Vivi.

10. Selvitetään digitaalisen osaamisen, mukaan lukien satelliittinavigointiosaamisen ja asiantuntemuksen, varmistaminen tulevaisuudessa. Toimista vastaa LVM.

11. Selvitetään, miten satelliittinavigointia hyödynnetään liikenteenhallinnassa eri liikennemuotoja koskevassa automaatiossa, ja laaditaan suunnitelma tiedon saataville asettamisesta lisäarvopalvelujen hyödynnettäväksi. Toimista vastaavat Trafi ja Livi.

12. GNSS-tietoisuuden edistäminen

- 1) Edistetään tietoisuutta Galileo- ja EGNOS-järjestelmien mahdollisuuksista. Toimista vastaavat LVM, Vivi ja Paikkatietokeskus.
- 2) Edistetään monijärjestelmä- ja monitaajuusvastaanottimien yleistymistä. Tämä parantaa paikannuksen tarkkuutta ja luotettavuutta ja jatkuvuutta. Toimista vastaavat markkinat.
- 3) Vaikutetaan siihen, että GSA järjestää Suomessa Galileo Hackathonin. Toimista vastaavat LVM, Paikkatietokeskus ja Vivi.

13. Aikasynkronointi

- 1) LVM ja TEM pyrkivät vaikuttamaan komission, GSA:n ja ESA:n toimiin, joilla voidaan kehittää Galileo-järjestelmää niin, että sen välittämää aikaa voidaan hyödyntää kaikkialla maailmassa sellaisissa palveluissa, jotka lakisääteisesti edellyttävät jäljitettävyyttä UTC-aikaan. Jäljitettävyyttä tarvitsevat esimerkiksi rahoitusvälineiden markkinat -direktiivin alaiset toimijat sekä muut aikaleimojen tuottajat. Toimista vastaavat LVM ja TEM.
- 2) Kehitetään uusia ratkaisuja satelliittijärjestelmien, erityisesti Galileon, välittämän ajan hyödyntämiseen Suomessa sellaisissa palveluissa, jotka lakisääteisesti edellyttävät jäljitettävyyttä UTC-aikaan. Täydennetään FinnRef-verkon toiminnallisuutta kattamaan kansallisen UTC-ajan välitys Suomessa. Toimista vastaavat VTT ja Paikkatietokeskus.

14. Tehdään pilottihanke satelliittinavigointijärjestelmien ja tietoliikenneverkkojen kehittyneiden ajansiirtoprotokollien yhteiskäytöstä yhteiskunnalle kriittisissä aikasynkronoinnin sovelluksissa, kuten tieto- ja viestintäjärjestelmissä, sähköverkoissa tai ilmailussa. Toimesta vastaa VTT.

Lyhenteet

AGNSS, Assisted GNSS, avustettu GNSS-paikannus (useisiin satelliittinavigointijärjestelmiin perustuva)

AIS, Automatic Identification System, merenkulun alusten tunnistamisen ja sijaintitietojen välittämisen järjestelmä

Beidou, Kiinan satelliittipaikannusjärjestelmä (esiintyy myös nimellä Compass)

COSPAS-SARSAT, SAR Satellite, maailmanlaajuinen pelastusjärjestelmä (COSPAS on venäjänkielisestä nimestä)

CS, Galileo Commercial Service, Galileo-järjestelmän kaupallinen paikannuspalvelu

DGPS, Differential GPS, differentiaalinen gps-paikannus

EGNOS, European Geostationary Navigation Overlay Service, Euroopan satelliittipohjainen paikannuksen tukijärjestelmä (SBAS)

FOC, Full Operational Capability, Galileo-järjestelmän hyödyntämisvaihe

Galileo, Euroopan kehitteillä oleva satelliittinavigointijärjestelmä

GBAS, Ground Based Augmentation System, maanpäällinen paikannuksen tukijärjestelmä

GLONASS, Global Navigation Satellite System, Venäjän maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä

GNSS, Global Navigation Satellite System, maailmanlaajuinen satelliittinavigointijärjestelmä

GPS, Global Positioning System, Yhdysvaltojen maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä

GSA, European GNSS Agency, Euroopan satelliittinavigointivirasto

IRNSS, Indian Regional Navigational Satellite System, Intian kehitteillä oleva satelliittinavigointijärjestelmä

LBS, Location-based services, paikannukseen perustuvat palvelut; paikkaperusteiset palvelut

NMA, Navigation Message Authentication

OS, Galileo Open Service, Galileo-järjestelmän avoin paikannuspalvelu

PNT, position, navigation, time, paikka-, navigointi- ja aikaratkaisu

PPS, Precise Positioning Service, GPS-järjestelmän sotilaskäytön paikannuspalvelu

PRS, Public Regulated Signal, Galileon viranomaiskäyttöön varattu signaali; Galileo-järjestelmän julkisesti säännelty aika- ja paikannuspalvelu

QZSS, Quasi-Zenith Satellite System, Japanin kehitteillä oleva satelliittinavigointijärjestelmä

RNSS, Radio Navigation Satellite System, radionavigointisatelliittijärjestelmä (sama kuin GNSS)

RTK-GPS, Real-Time Kinematic GPS, reaaliaikainen, tosiaikainen kinemaattinen gps

SAR, Search and Rescue Service, etsintä- ja pelastuspalvelu (Galileossa erityinen hätäviestin välityspalvelu)

SBAS, Satellite Based Augmentation System, satelliittipohjainen paikannuksen tukijärjestelmä

SoL, Safety of Life, EGNOS:n ihmishengen turvaava palvelu

VOR, Very high frequency Omni-directional radio Range, radiomajakoihin perustuva lentokoneiden paikannusjärjestelmä