

Suomen Radionavigointiselvitys 2002

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	12
1.1	TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	13
1.2	TUTKIMUKSEN RAJAUS.....	13
1.3	LYHENTEITÄ.....	13
2	MAALLA SIJAITSEVAT PAIKANNUSJÄRJESTELMÄT	18
2.1	LENTOLIIKENNE.....	18
2.1.1	<i>NDB (Non Directional Beacon)</i>	18
2.1.2	<i>VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range)</i>	18
2.1.3	<i>DME (Distance Measuring Equipment)</i>	18
2.1.4	<i>ILS (Instrument Landing System)</i>	18
2.1.5	<i>MLS (Microwave Landing System)</i>	19
2.1.6	<i>Ilmailun VDF-suuntimo (VHF Direction Finding)</i>	19
2.1.7	<i>Transponder / toisiotutkat (SSR / MSSR-tutkat)</i>	19
2.1.8	<i>PAR (Precision Approach Radar)</i>	20
2.1.9	<i>TILS (Tactical ILS)</i>	20
2.2	MERENKULKU.....	20
2.2.1	<i>Tutkamajakka (Racon eli Radar Beacon)</i>	20
2.2.2	<i>Merenkulun DGPS (Differential Global Positioning System)</i>	21
2.2.3	<i>AIS (Automatic Identification System)</i>	21
2.2.4	<i>Merenkulun VDF-suuntimo (VHF Direction Finding)</i>	21
2.3	MUUT MAALLA SIJAITSEVAT JÄRJESTELMÄT.....	22
2.3.1	<i>GSM (Global System for Mobile Communication)</i>	22
2.3.2	<i>UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) / 3G (CDMA)</i>	22
2.3.3	<i>VIRVE (Suomen Viranomaisradioverkko)</i>	23
2.3.4	<i>WLAN (Wireless Local Area Network)</i>	24
2.3.5	<i>Bluetooth</i>	24
2.3.6	<i>RFID (Radio Frequency Identification)</i>	25
2.3.7	<i>Fokus DGPS (Differenciaalinen GPS)</i>	25
2.3.8	<i>RTK-GPS (Real Time Kinematic)</i>	25
2.3.9	<i>AGPS (Assisted Global Positioning System)</i>	26
3	SATELLIITTIPAIKANNUSJÄRJESTELMÄT	27
3.1	GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM).....	27
3.2	GLONASS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM).....	28
3.3	EGNOS (EUROPEAN GEOSTATIONARY NAVIGATION OVERLAY SERVICE, "GNSS 1" (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)).....	29
3.4	GALILEO ("GNSS 2").....	29

3.5	COSPAS / SARSAT (COSMICHEKAY SISTYEMA POISKA A VARIYNICH SUDOV / SEARCH AND RESCUE SATELLITE AIDED TRACKING)	30
3.6	ARGOS (ADVANCED RESEARCH AND GLOBAL OBSERVATION SATELLITE).....	31
3.7	ORBCOMM (ORBITAL COMMUNICATION).....	31
4	JÄRJESTELMÄTAULUKOT.....	33
4.1	JÄRJESTELMIEN KÄYTTÖTARKOITUKSET JA -YMPÄRISTÖT.....	33
4.2	JÄRJESTELMIEN YLLÄPITÄJÄT, KÄYTTÄJÄMÄÄRÄT JA TULEVAISUUDENNÄKYMÄT.....	35
4.3	TEKNISET TIEDOT.....	39
4.4	TAAJUUDET.....	44
5	JÄRJESTELMIEN KÄYTTÄJIEN TARPEET JA TULEVAISUUDEN TOIVEET	47
5.1	YLEISTÄ.....	47
5.2	MERENKULKU.....	47
5.2.1	<i>Yleistä</i>	47
5.2.2	<i>Vaatimukset</i>	49
5.3	MAALIIKENNE	49
5.3.1	<i>Tieliikenne</i>	49
5.3.1.1	Yksilöliikenne.....	50
5.3.1.2	Tavaraliikenne	51
5.3.1.3	Joukkoliikenne	51
5.3.2	<i>Rautatieliikenne</i>	52
5.4	ILMAILU.....	55
5.5	HENKILÖKOHTAINEN NAVIGOINTI.....	57
5.5.1	<i>Yleistä</i>	57
5.5.2	<i>Vaatimukset</i>	57
5.6	HÄTÄVIRANOMAISET	58
5.6.1	<i>Yleistä</i>	58
5.6.2	<i>Vaatimukset</i>	58
6	SUOMALAISET LAITEVALMISTAJAT.....	59
6.1	GPS-PIIRIT JA –MODUULIT	59
6.1.1	<i>µNav Microelectronics</i>	59
6.1.2	<i>Fastrax</i>	59
6.1.2.1	Yritys.....	59
6.1.2.2	Tuotteet.....	59
6.2	MATKAPUHELIMET , RANNETIETOKONEET YM.....	60
6.2.1	<i>Suunto</i>	60
6.2.1.1	Yritys.....	60
6.2.1.2	Suunto G9 golfiin	61
6.2.1.3	Suunto M9 purjehdukseen.....	61
6.2.2	<i>Benefon</i>	61

6.2.2.1	Yritys.....	61
6.2.2.2	Esc!	62
6.2.2.3	Track.....	63
6.2.3	<i>Nokia</i>	64
6.2.3.1	Yritys.....	64
6.2.3.2	Paikannusominaisuudet GSM - ja UMTS-puhelimissa.....	64
6.3	METSÄSTYSTUTKAT YMS. TELEMETRIALAITTEET	65
6.3.1	<i>Yleistä</i>	65
6.3.2	<i>Tracker</i>	66
6.3.3	<i>Ultracom</i>	69
6.3.3.1	Yritys.....	69
6.3.3.2	Ultrapoint metsästystutka	69
6.3.3.3	GSM-paikannus.....	71
6.3.4	<i>Suomen Koiratutkat</i>	71
6.3.5	<i>Vaisala</i>	71
7	TAAJUUSHALLINTO	73
7.1	TAAJUUKSIEN HAKEMINEN VIESTINTÄVIRASTOLTA.....	73
7.2	RADIONAVIGOINTI JA -PAIKANNUS VIESTINTÄVIRASTON TAAJUUSJAKOTAULUKOISSA	73
8	LÄHTEET	111
8.1	HENKILÖLÄHTEET.....	111
8.2	KIRJALLISUUS- JA INTERNET -LÄHTEET	112
8.3	AIHEESEEN LIITTYVÄÄ KIRJALLISUUTTA.....	113

Taulukot

TAULUKKO 1 RADIONAVIGOINNIN MÄÄRITELMÄ RADIO-OHJESÄÄNNÖN MUKAAN.....	12
TAULUKKO 2 RADIONAVIGOINTIJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖTARKOITUKSET JA -YMPÄRISTÖT	33
TAULUKKO 3 RADIONAVIGOINTIJÄRJESTELMIEN YLLÄPITÄJÄT, KÄYTTÄJÄMÄÄRÄT JA TULEVAISUUDEN- NÄKYMÄT.....	36
TAULUKKO 4 RADIONAVIGOINTIJÄRJESTELMIEN TEKNISET TIEDOT.....	39
TAULUKKO 5 RADIONAVIGOINTIJÄRJESTELMIEN KÄYTTÄMÄT TAAJUUDET TAAJUUSJÄRJESTYKSESSÄ	44
TAULUKKO 6 RADIONAVIGOINTIJÄRJESTELMIEN KÄYTTÄMÄT TAAJUUDET JÄRJESTELMITÄIN	45
TAULUKKO 7 SUOMEN JA LÄHIALUEIDEN DGPS-ASEMAT	48
TAULUKKO 8 VAATIMUKSET JUNAN PAIKANTAMISEEN.....	53
TAULUKKO 9 VAADITTAVAT NÄKYVYYSARVOT TARKKUUSLÄHESTYMISESSÄ LENTOKENTÄLLE LUOKITTAIN	56
TAULUKKO 10 TARKKUUSVAATIMUKSET TÄSMÄ-/TARKKUUSLASKEUTUMISAPUVÄLINEILLÄ. TÄSMÄ- /TARKKUUSLASKEUTUMISSA KÄYTETÄÄN ILS:ÄÄ.....	56
TAULUKKO 11 E-TARKKUUSLASKEUTUMISEN TARKKUUSVAATIMUKSET	56
TAULUKKO 12 FASTRAX ITRAX02 GPS-VASTAANOTINMODUULIN TEKNISET TIEDOT	60
TAULUKKO 13 MAXIMA-KOIRATUTKAN TEKNISET TIEDOT	68
TAULUKKO 14 ULTRAPPOINT -METSÄSTYSTUTKAN TEKNISET TIEDOT	70
TAULUKKO 15 RADIONAVIGOINTI VIESTINTÄVIRASTON TAAJUUSJAKOTAULUKOSSA TAAJUUKSILLA 9 KHZ – 26175 KHZ.....	74
TAULUKKO 16 RADIONAVIGOINTI VIESTINTÄVIRASTON TAAJUUSJAKOTAULUKOSSA TAAJUUKSILLA 26175 KHZ – 470 MHZ.....	79
TAULUKKO 17 RADIONAVIGOINTI VIESTINTÄVIRASTON TAAJUUSJAKOTAULUKOSSA TAAJUUKSILLA 470 MHZ – 3400 MHZ	82
TAULUKKO 18 RADIONAVIGOINTI VIESTINTÄVIRASTON TAAJUUSJAKOTAULUKOSSA TAAJUUKSILLA 3400 MHZ – 31,000 GHZ.....	87
TAULUKKO 19 RADIONAVIGOINTI VIESTINTÄVIRASTON TAAJUUSJAKOTAULUKOSSA TAAJUUKSILLA 31,000 GHZ – 400 GHZ.....	101

Kuvat

KUVA 1 RATAVERKON HENKILÖ- JA TAVARALIIKENNE.....	54
KUVA 2 JUNIEN KULUNVALVONTAJÄRJESTELMÄ.....	54

1 Johdanto

Alla olevassa taulukossa on radionavigoinnin määritelmä ITU:n Radio-ohjesäännön mukaan. Radiomääritys on siis tässä pääkäsite, jolle on määritelty kolme sovellusta alakäsitteiksi, joista yksi on radionavigointi. Näitä termejä käytetään Radio-ohjesäännön eri radioliikenteiden määritelmissä.

Taulukko 1 Radionavigoinnin määritelmä Radio-ohjesäännön mukaan¹

- Radiodetermination (radiomääritys): The determination of the position, velocity and/or other characteristics of an object, or the obtaining of information relating to these parameters, by means of propagation properties of radio waves.
 - **Radionavigation (radionavigointi)**: Radiodetermination used for the purposes of navigation, including obstruction warning.
 - Radiolocation (radiopaikannus): Radiodetermination used for purposes other than those of radionavigation.
 - Radio direction-finding: Radiodetermination using the reception of radio waves for the purpose of determining the direction of a station or object.

Tämän selvityksen tarkoituksena on tuottaa tietoa Suomessa käytössä olevista radionavigointijärjestelmistä, tulevaisuuden odotuksista sekä järjestelmien käyttäjäryhmien tulevaisuuden näkemyksistä. Aikaisempia kokonaiskartoituksia Suomen radionavigointijärjestelmistä ei ole tehty ja siten tämän selvityksen tarkoituksena on toimia alan peruslähteenä.

Tarve selvitykselle on syntynyt sekä kansallisesta että kansainvälisestä lähtökohdasta. Suomen viranomaisilla on tarve luoda kokonaiskäsite Suomessa käytössä olevista eri liikennemuotojen paikannustekniikoista järjestelmien hallinnoinnin pohjaksi. Taustalla vaikuttaa myös Euroopan Unionin tarve kartoittaa jäsenmaidensa radionavigointisuunnitelmia sekä pyrkimys yhtenäistää käytössä olevat radiotaajuudet.

Liikenne- ja viestintäministeriö tilasi selvityksen Suomen radionavigointisuunnitelmaksi. Selvityksessä tarkastellaan viranomaisten ja yksityisen sektorin käytössä nykyisin olevia ja suunniteltuja radionavigointijärjestelmiä, niiden teknisiä ominaisuuksia, käytettäviä radiotaajuuksia ja käytön luonnetta. Nykytilanteen kartoittamisen lisäksi arvioidaan järjestelmien tulevaisuutta. Navigointijärjestelmät voivat perustua satelliittipohjaisiin ratkaisuihin, toisen ja kolmannen sukupolven matkapuhelinverkon tarjoamaan verkkopaikannukseen tai erilaisiin radiomajakoihin.

¹ International Telecommunication Union (1998). Radio Regulations, Edition of 1998, Part 1 Articles. Lainaus kohdasta Article S1, Section I - General terms. ISBN 92-61-07621-1.

Suomen radionavigointijärjestelmistä ei ole olemassa kokonaiskartoitusta, vaikka yksittäisiä tutkimuksia on tehty erilaisista radionavigointiin liittyvistä aiheista. Tällainen on mm. Valtion teknisen tutkimuslaitoksen (VTT) vuonna 2000 julkaisema ”Henkilökohtainen navigointi. Markkinat, teknologia ja sovellukset” –tutkimusraportti, jossa paikannusjärjestelmiä käsitellään Sitran ”henkilökohtainen navigointi” –kärkihankkeen näkökulmasta. Tämän lisäksi aiheesta löytyy ulkomaista aineistoa, kuten esim. Ruotsin merenkulkulaitoksen radionavigointisuunnitelma ”Radionavigeringsplan för Sverige år 2000”.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on:

- Kartoittaa Suomessa käytössä olevat radionavigointijärjestelmät
- Luoda kuvauksia radionavigointijärjestelmistä
- Kartoittaa Suomalaiset radionavigointivalmistajat ja niiden Suomen markkinoille tekemät laitteet
- Selvittää järjestelmien käyttäjäorganisaatioiden näkemyksiä ja tarpeita

1.2 Tutkimuksen rajaus

Selvityksessä tarkastellaan tutkimushetkellä Suomessa käytössä olevia radioaaltojen käyttöön perustuvia paikannusmenetelmiä. Lisäksi selvityksessä arvioidaan järjestelmien käyttöä tulevaisuudessa sekä mahdollisten uusien paikannusteknologioiden merkitystä.

Laittevalmistajaselvityksessä kartoitetaan lähinnä jo myynnissä olevia laitteita, koska liikesalaisuussyistä tulevista laitteista on saatavissa rajallisesti tietoa.

1.3 Lyhenteitä

Seuraavassa on tässä raportissa esiintyviä lyhenteitä.

ACAS	Airborne Collision Avoidance System
AGPS	Assisted Global Positioning System
AIS	Automatic Identification System
AM	Amplitude Modulation
AoA	Angle of Arrival
AOR-E	Atlantic Ocean Region East

ARGOS	Advanced Research and Geographic Observation Satellite
ARNS	Aeronautical RadioNavigation Service
BT	Bluetooth
C/A	Coarse Acquisition Code (GPS)
CDMA	Code Division Multiple Access
CI	Cell Identification
CLS	Collecte Localisation Satellites
CMOS	Complementary Metal-Oxide Semiconductor
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales, Ranska
COSPAS	Cosmicheskay Sistyema Poiska Avariynich Sudov (Space System for the Search of Vessels in Distress)
DF	Direction Finding
DGPS	Differential Global Positioning System
DME	Distance Measuring Equipment
DoD	Department of Defense (USA)
DoT	Department of Transport (USA)
DSP	Digital Signal Processing
E112	Enhanced 112. 112-hätänumeroon soittavan sijainti saadaan selville.
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System
ELT	Emergency Locator Transmitter
E-OTD	Enhanced-OTD
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio
ERP	Effective Radiated Power
ETCS	European Train Control System
ETS	European Telecommunications Standard. ETSI:n standardi.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute. Huolehtii eurooppalaisesta telealan standardoinnista. Järjestössä on jäseniä 54 maasta.
FM	Frequency Modulation

GEO	Geosynchronous Earth Orbit (korkeus ~ 36 000 km, satelliitti pysyy maasta katsoen paikallaan)
GLONASS	GLObal NAvigation Satellite System
GMDSS	Global Maritime Distress Safety Systems
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
HeLMi	Helsingin joukkoliikenteen Liikennevaloetuet ja Matkustajainformaatio
HiperLAN	High Performance Radio LAN
HKL	Helsingin kaupungin liikennelaitos
HP	High Precision (GLONASS)
HTML	Hyper Text Markup Language
ICAO	International Civil Aviation Organization.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
I-ETS	Interim European Telecommunications Standard (Interim = Tilapäinen). ETSIn standardi.
ILS	Instrument Landing System
IMO	International Maritime Organisation
INMARSAT	International Maritime Satellite Organisation
INS	Inertial Navigation System
IOR	Indian Ocean Region
IPDL-OTDOA	Idle Period Downlink – Observed Time Difference of Arrival
IRS	Inertial Reference System
ISM	Industrial, Scientific and Medical -taajuudet (koiratutkat, Bluetooth, WLAN...)
ITU-R	International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector
IVL	Ilmavoimien Viestintätekniiikan Laitos

L1	GPS L1: 1575,42 MHz
L2	GPS L2: 1227,6 MHz
L5	GPS L5: 1176,45 MHz
LAN	Local Area Network
LEO	Low Earth Orbit (korkeus ~ alle 3000 km)
LLZ	Localizer
LMU	Location Measurement Unit
LORAN	LOnge Range Navigation System
LUT	Local User Terminal
MCC	Mission Control Centre
MEO	Medium Earth Orbit (korkeus ~ 3000 – 30.000 km)
MLS	Microwave Landing System
MoU	Memorandum of Understanding
MPTP	Mobile Phone Telematics Protocol
MSSR	Monopulse Secondary Surveillance Radar
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NDB	Non-Directional Beacon
NMEA	National Maritime Electronics Association
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ORBCOMM	Orbital Communication
OTD	Observed Time Difference
PAR	Precision Approach Radar
PLB	Personal Locator Beacon
PPS	Precise Positioning Service (GPS)
PRN	Pseudo-Random Number (GPS)
Racon	Radar Beacon, tutkamajakka
RF	Radio Frequency

RFID	Radio Frequency Identification
RNP	Required Navigation Performance
RTCM	Real Time Correction Message
RTD	Real Time Difference
RTK	Real Time Kinematic
Rx	Tarkoittaa verkon signaalin voimakkuutta kuvaavaa tietoa
SARSAT	Search And Rescue Satellite Aided Tracking
SMS	Short Message Service
SP	Standard Precision (GLONASS)
SS	Standard Positioning Service
SSR	Secondary Surveillance Radar
TA	Time Advance
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
TDOA	Time Difference of Arrival
TILS	Tactical Instrument Landing System
TOA	Time of Arrival
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
VDF	VHF Direction Finding
VHF	Very High Frequency
VIRVE	Suomen Viranomaisradioverkko
VOR	VHF Omnidirectional Range
VTS	Vessel Traffic Service
WAAS	Wide Area Augmentation System
WGS84	World Geodetic System 1984
WLAN	Wireless Local Area Network
WML	Wireless Markup Language

2 Maalla sijaitsevat paikannusjärjestelmät

2.1 Lentoliikenne

2.1.1 NDB (*Non Directional Beacon*)

Suuntaamaton radiomajakka. Yksinkertaisin radiosuunnistuslaite, ollut käytössä 1940 – luvulta lähtien. Osoittaa ohjaajalle majakan sijaintisuunnan lentokoneen pituusakselin suuntaan nähden. Järjestelmä on halpa, mutta melko epätarkka ja vaatii tuekseen joko kompassin tai muun suuntimisvälineen.

NDB:tä käyttää Suomessa siviili- ja sotilasilmailu. Järjestelmä pysyy käytössä vuoteen 2010, mikä jälkeen sen arvioidaan poistuvan käytöstä asteittain.

2.1.2 VOR (*Very High Frequency Omnidirectional Range*)

VHF-monisuuntamajakka. Ollut kansainvälisesti standardoitu järjestelmä vuodesta 1949. Osoittaa ohjaajalle lentokoneen sijaintisuunnan majakkaan nähden. Toimii käyttäen AM- ja FM-moduloitua VHF-signaalia. Maalaitteisto on suhteellisen kallis ja järjestelmä tultaneen korvaamaan satelliitti- ja moni-DME-järjestelmillä.

VOR:ää käyttää Suomessa siviili- ja sotilasilmailu. Järjestelmä pysyy käytössä vuoteen 2010, mikä jälkeen sen arvioidaan poistuvan käytöstä asteittain.

2.1.3 DME (*Distance Measuring Equipment*)

Etäisyydenmittausjärjestelmä. Ollut käytössä 1960 – luvulta lähtien. Perustuu radioaallon kulkuajan mittaukseen. Elektroniikan kehittyessä järjestelmän koko ja kustannukset ovat pienentyneet. Lentolaskimien yleistyessä voidaan suuri osa ilmailunavigaatiosta hoitaa DME-asemiin tukeutuen.

DME:n käyttäjiä ovat siviili- ja sotilasilmailu. Lentolaskimien yleistyessä voidaan suuri osa ilmailunavigaatiosta hoitaa DME-asemiin tukeutuen. DME:n käytön arvellaan lisääntyvän vuoteen 2015 mennessä.

2.1.4 ILS (*Instrument Landing System*)

Mittaritarkkuuslähestymisjärjestelmä. Kansainvälisesti standardoitu vuonna 1947. Nykyään yleisin tarkkuuslähestymisjärjestelmä. Antaa ilma-alukselle tarkan suunta- ja pystykulmatiedon kiitorataan nähden. Nykytekniikalla toteutettuna järjestelmä on stabiili ja tarkka, mutta matalahkon VHF-

taajuuden takia vaatii suuren antennijärjestelmän ja on herkkä ympäröivän maaston ominaisuuksille.

Suomessa ILS:ää käyttää siviili- ja sotilasilmailu, ja sen arvioidaan olevan käytössä ainakin vuoteen 2015.

2.1.5 *MLS (Microwave Landing System)*

Mikroaaltotarkkuuslähestymisjärjestelmä. Antaa lentokoneen ohjaajalle vaaka- ja pystykulmatiedon kiitotien keskiviivan suhteen. Suunniteltu 1970-luvulla korvaamaan ILS-järjestelmä. Käyttö ei ole kuitenkaan yleistynyt suunnitellusti. Todennäköisesti MLS:ää ei oteta käyttöön Suomessa vuoteen 2010 mennessä.

2.1.6 *Ilmailun VDF-suuntimo (VHF Direction Finding)*

Radiosuuntimisjärjestelmä. Osoittaa lennonjohtajalle ilma-aluksen VHF-radiolähetteen tulosuunnan. Käytetään lennonjohto- ja pelastustarkoituksiin. VDF ei ole varsinainen navigointijärjestelmä. Suomessa VDF:ää käyttää siviili- ja sotilasilmailu, ja sen käyttöön ei ole odotettavissa muutoksia vuoteen 2010 mennessä.

2.1.7 *Transponder / toisiotutkat (SSR / MSSR-tutkat)*

Tutkajärjestelmä, joka antaa paikkainformaation lisäksi ilma-aluksen tunnistuksen ja lentokorkeuden. Tutka-asemat lähettävät tiettyä kyselypulsissisarjaa, johon ilma-alusten transponderit vastaavat joko sille erikseen annetulla MODE-A –koodilla tai/ja MODE-C –koodilla eli ilma-aluksen korkeustiedolla. A-koodia käytetään ilma-aluksen tunnistamista varten ja lennonjohto määrää käytettävän koodin jokaiselle lennolle erikseen. Maa-asema (tutkalaite) laskee ilma-aluksen etäisyyden lähetyspulsissisarjan ja vastauspulsisijonon välisestä aikaerosta. Lähetys- ja vastaanottokanavat toimivat eri taajuuksilla. MODE-S –ominaisuudella varustetut transponderit voivat välittää dataa myös keskenään ja näin mahdollistaa ilma-alusten törmäys-/liikennevaroitusten toiminnan sekä maassa että ilmassa.

Kyseessä on paikkannustekniikka, jossa tutka-asema välittää muodostamansa ilma-alusten paikkainformaation jollekin kolmannelle järjestelmälle esim. lennonjohtajan käyttöön. Transponderit itsessään eivät välitä koodattua paikkainformaatiota, korkeustietoa lukuun ottamatta.

Järjestelmää ylläpitävät Ilmailulaitos ja Ilmavoimat. Käyttäjinä ovat likipitäen kaikki Suomessa lentävät moottoroidut ilma-alukset. Puutteet harraste-/yleisilmailussa. Transponder on pakollinen varuste lennettäessä lentopinnan 95 (n. 9500 jalkaa eli n. 2900m) yläpuolella tai Helsinki-Vantaan

lähi- ja lähestymisalueella. Järjestelmä on käytössä koko maailmassa ja se perustuu kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAO:n ohjeisiin.

Tulevaisuudessa toiminta jatkuu ennallaan. Joitakin maa-asemia voidaan varustaa ns. MODE-S – toiminteella, jolloin mahdollistetaan datansiirto tiettyjen transponderlaitteiden ja maa-aseman välillä.

2.1.8 PAR (Precision Approach Radar)

PAR on tarkkuuslähestymistutkajärjestelmä, joka perustuu lennonjohtajan ilmailutaajuudella olevalla radiolla lentäjälle antamiin lähestymisohjeisiin. Järjestelmä tarvitsee aina lennonjohtajan.

Järjestelmää ylläpitää Ilmavoimat. PARia käytettiin noin 1500 lähestymisessä sotilas- ja siviilikoneille vuoden 2001 aikana. Järjestelmän arvioidaan olevan käytössä ainakin vuoteen 2010 asti.

2.1.9 TILS (Tactical ILS)

Ensimmäiset TILS-järjestelmät hankittiin Suomeen 80-luvun alussa. Vuoden 2000 jälkeen on hankittu uusia laitteita ja entiset laitteet on modifioitu vastaamaan paremmin tämän hetkisiä tarpeita. Käyttö on ainoastaan sotilaskoneiden tarkkuuslähestymistä varten. Maassa sijaitseva TILS-maa-asema lähettää suunta- ja korkeuskulmatietoa, jonka sotilaskoneen vastaanotin tulkitsee ja osoittaa ristimittarilla lentäjälle poikkeaman suunnan ja määrän.

Järjestelmää ylläpitää Ilmavoimat. Järjestelmää käyttää noin 60 sotilaskonetta. Järjestelmän arvioidaan olevan käytössä ainakin vuoteen 2020 asti.

2.2 Merenkulku

2.2.1 Tutkamajakka (Racon eli Radar Beacon)

Merenkulun turvamajakka. Tutkamajakoita käytetään merkitsemään tutkakuvaan väylien turvalaitteita (reunamerkit, linjataulut), tai muita merkittäviä kohteita. Tutkamajakka on ”aktiivinen” tutkamaali, jossa aluksen tutkan signaali liipaisee liikkeelle tutkamajakan tunnuksen muotoon puettun vastaussignaalin. Tunnukset ovat tutkan ruudulla näkyvien morsemerkkien muodossa. Yleisin käytössä oleva tunnus on T (= —).

Käyttäjiä ovat merialueilla liikkuvat tutkalla (S- tai X-taajuuskaista) varustetut alukset. 5 – 10 vuoden aikajaksolla ei ole odotettavissa merkittäviä muutoksia.

2.2.2 Merenkulun DGPS (Differential Global Positioning System)

DGPS on merenkulussa laajasti käytetty GPS-paikannus- ja navigointijärjestelmän tukijärjestelmä. Suomen alueella DGPS-tukiasemia on toiminnassa 8 kpl. Tukiasemaverkon kautta lähetetään korjauksia GPS-paikannukseen. Korjaukset lasketaan tukiasemilla ja ne kohdistuvat satelliittien näennäisetäisyyksiin (pseudo-range). Korjaukset lähetetään noudattaen ITU-R M.823 standardia.

Merenkulun DGPS:llä on Suomessa tuhansia käyttäjiä, ja palvelun odotetaan jatkuvan.

2.2.3 AIS (Automatic Identification System)

AIS on alusten automaattinen tunnistusjärjestelmä, joka perustilassaan toimii alusten välisenä törmäyksenestojärjestelmänä. Aluksessa oleva ns. transponderi lähettää automaattisesti muutaman sekunnin välein aluksen tunnistus ja sijaintitietoa ympäröiville aluksille ja/tai maa-asemille. Lähettävä sijaintitieto saadaan (D)GPS-järjestelmästä. GPS-lähetystyö käytetään myös lähetysten tarkkaan tahdistamiseen.

Maalla sijaitsevien kiinteiden transpondereiden (tukiasemien) avulla esim. VTS-keskukset voivat käyttää järjestelmää alusten tunnistamiseen ja seuraamiseen. Järjestelmän kautta voidaan lähettää lyhyitä viestejä ja tiedotuksia.

Kysymyksessä ei ole varsinainen radionavigointijärjestelmä, vaan kommunikaatioalusta ja siihen liittyvä sovellus, joka tehokkaasti käyttää hyväksi radionavigointisatelliittien paikannus- ja ajoituspalveluja.

Käyttäjää on Suomessa joitakin kymmeniä. Järjestelmää tullaan lähivuosina laajentamaan siten, että se kattaa kaikki Suomen rannikkoalueet. IMO:n päätöksen mukaan järjestelmä tulee asteittain pakolliseksi kaikkiin matkustajalaivoihin ja suureen osaan rahtilaivoista, mukaan lukien kotimaan liikenteessä olevat alukset, vuoden 2008 heinäkuuhun mennessä. Ohjelman nopeuttaminen niin, että ohjelma saataisiin päätökseen vuoteen 2004 mennessä, on IMO:n harkinnan alaisena.

2.2.4 Merenkulun VDF-suuntimo (VHF Direction Finding)

VDF-suuntimo on vanhin radionavigoinnin apukeino ilmaliikenteessä ja merenkulussa. Sitä käytetään merenkulun liikenteen ohjaamiseen etenkin Ruotsissa mutta ei Suomessa. Ruotsin merenkululaitoksella on VDF-suuntimoita kymmenkunta lossiasemilla ja 4 kauko-ohjattua suuntimoa. Tietyt lossiveneet on myös varustettu VHF suuntimoilla. Suuntimatietoa voidaan käsitellä manuaalisesti ja merkitä merikorttiin.

Peilaus tapahtuu asemissa automaattisesti nk. Doppler-suuntimolla. Suuntimon suuruus on esim. 4 dipolia halkaisijaltaan 0,5 m ja pyörimisnopeus 64 kierrosta sekunnissa.

Ruotsin merenkulussa käytetään suuntimoa yhä vähemmän jos ollenkaan. Olemassa olevia kiinteitä järjestelmiä ei korvata. Olemassa olevien järjestelmien käyttöajan odotetaan menevän vuoden 2010 yli.²

2.3 Muut maalla sijaitsevat järjestelmät

2.3.1 GSM (*Global System for Mobile Communication*)

Matkaviestinpohjaiset paikannusjärjestelmät. Kaikki menetelmät perustuvat tukiasemien hyödyntämiseen: erilaisia menetelmiä on useita esim. (Cell-ID eli solutunniste), TA (Time Advance), DF (Direction finding), TOA / TDOA (Time of Arrival / Time Difference of Arrival), OTD (Observed Time Difference), E-OTD (Enhanced-OTD) jne.

Cell-ID:n ja TA:n etu on, että niitä voidaan ilman muutoksia käyttää nykyisissä järjestelmissä, mutta heikkoutena on keskimääräisen tarkkuuden suuri vaihtelevuus, esim. yhtä tukiasemaa hyödyntävällä Cell-ID:llä 50 m:stä (pikosolu) aina 35 km:iin (esim. makrosolu maaseudulla). Muut menetelmät vaativat muutoksia joko tukiaseman ja / tai matkaviestimen laitteistoon ja / tai ohjelmistoihin. Esim. E-OTD -menetelmässä mitataan matkaviestimen aikaeroja eri tukiasemiin, joita tarvitaan vähintään kolme. Lisäksi tukiasemaverkko pitää olla synkronoitu tai mittausta varten tukiasema on varustettava sopivalla lisälaitteella esim. RTD:llä (Real Time Difference). Mittauksen tuloksena saadaan periaatteessa kaksiulotteinen eli maanpinnan suuntainen paikkaratkaisu. Jos tukiasemia on vain kaksi saadaan ratkaisuna kaksi samanarvoista paikkaa, joista vasta jonkin lisätiedon perusteella voidaan valita oikea. Lisätietomenetelmänä voidaan käyttää esim. suunnan määrittystä tukiasemasta nähden. Lisäksi apumenetelmänä voidaan käyttää myös signaalitehon vaimentumista mittaavaa menetelmää (Rx).

GSM-paikannuksen käyttäjiä on tällä hetkellä hyvin vähän, kaupalliset palvelut ovat vielä kokeilu-tyyppisiä.

2.3.2 UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) / 3G (CDMA)

Tulevaisuuden 3G-matkaviestinpohjaisina paikannusmenetelminä todennäköisesti ovat esim. ”Enhanced” Cell-ID ja IPDL-OTDOA (Idle Period Downlink – Observed Time Difference of Arrival) jne. ”Enhanced” Cell-ID tarkoittaa parannettua solutunnistusmenetelmää, jossa etäisyys tukiasemasta voidaan määrittää (tarkkuus n. 100 m), mutta paikka sijaitsee sellaisen ympyrän kehällä, jonka keskipisteessä on ko. tukiasema ja säde on mitattu etäisyys. Toisaalta tulevaisuudessa esim.

² Radionavigeringsnämnden. Sjöfartsverket. Radionavigeringsplan för Sverige år 2000. Sverige 2000. www.sjofartsverket.se/tabla-d/pdf/d14/utredningar/rnp2000.pdf

sisätiloihin sijoitettavien pikosolujen määrä nousee rajusti, mikä merkitsee huomionarvoista parannusta sisätilapaikannukseen. IPDL-OTDOA -menetelmä edellyttää vähintään kolmen tukiaseman näkymistä, joiden välisiä aikaeroja tai viive-eroja mitataan. Lisäksi tulosta voidaan parantaa käyttämällä lisämenetelmänä esim. Round Trip Time –kulkuajavaiivemittausta, solujen sektoritietoa tai signaalitehon vaimenemista mittaavaa menetelmää (Rx).

UMTS-paikannus ei ole vielä käytössä. Tulevaisuudessa käyttäjiä odotetaan olevan erittäin paljon (esim. Euroopan alueella ehkä kymmeniä miljoonia), kun kaupalliset palvelut saadaan luotua ja tuottaminen käyntiin. UMTS lienee lähitulevaisuuden eräs parhaita vaihtoehtoja sisätilanavigointiin ja –paikannukseen (mm. johtuen pikosolujen yleistymisestä sisätiloissa).

2.3.3 VIRVE (Suomen Viranomaisradioverkko)

VIRVE-projekti aloitettiin vuonna 1987, hanke käynnistyi vuonna 1997. Suomeen rakennettava VIRVE-viranomaisverkko korvaa vanhentuneet, erillisistä järjestelmistä koostuvat radioverkot asteittain vuoteen 2003 mennessä.

Uuden VIRVE-verkon tarkoituksena on vahvistaa turvallisuusviranomaisten valmiutta suorittaa niille määritellyt tehtävät menestyksellisesti kaikissa tilanteissa. Hankkeen tarkoituksena on luoda Suomen turvallisuusviranomaisten käyttöön tehokas ja kattava radioverkko, joka palvelee kaikkia käyttäjäryhmiä ja parantaa viranomaisten toimintaedellytyksiä.

Nykyisiin järjestelmiin verrattuna nyt toteutettavan verkon keskeisiä etuja ovat nopeus, monikäyttöisyys ja salauksen tuoma turvallisuus. Verkon suunnittelussa ja rakentamisessa otetaan huomioon korkeat käytettävyyksivaatimukset sekä jokapäiväisessä toiminnassa että poikkeusoloissa.

Viranomaisradioverkon ensisijaisia käyttäjiä ovat valtion ja kuntien turvallisuudesta vastaavat viranomaiset. Yhtenäinen radioverkko luo aiempaa vankemmat puitteet eri viranomaistahojen toimivalle yhteistyölle. Uuden verkon myötä otetaan käyttöön myös uudet johtamismenetelmät, jotka osaltaan tehostavat viranomaistoimintaa.³

Tällä hetkellä käytössä on noin 5.000 radiopuhelinta, joilla on noin 10.000 käyttäjää. Tulevaisuuden määrät tulevat olemaan noin 50.000 radiopuhelinta ja 75.000 käyttäjää.

VIRVEssä hyvää: korvaa vanhat järjestelmät.

VIRVEssä huonoa: uuden konseptin tienraivaaja-tyyppiset ongelmat.

Lisätietoja: www.virve.com

³ <http://www.virve.com/tavoitteet/tavoitteet.html>

2.3.4 WLAN (*Wireless Local Area Network*)

WLAN on langattomaan tiedonsiirtoon kehitetty lähiverkkoteknologia (kantama 30-200 m). WLAN-paikannus on kehitetty tutkimusprojekteissa (jotka jatkuvat osin edelleen). Menetelmää voidaan käyttää langattoman lähiverkon kuuluvuusalueella sisä- ja ulkotiloissa. Käyttö edellyttää tietokonelaitetta, jossa on WLAN-tietoliikenneyhteyteen tarvittava laite ja ohjelmisto sekä paikannusohjelmistoa, jonka olennainen osa on mittauksiin perustuva malli verkon signaalivoimakkuuksista. Malli ja paikannusohjelmisto voivat olla joko päätelaitteessa tai verkon palvelimessa. Paikannettavan laitteen havaitsemia signaaleja verrataan malliin, josta päätellään sijainti. Paikannuksen hyödyntäminen ei välttämättä edellytä pääsyä verkkoon.

Paikannukseen WLAN-verkkoa ei vielä käytetä kuin koeluontoisesti. Tulevaisuudessa käyttäjämäärät kasvavat merkittävästi. Paikannuksesta osana langatonta lähiverkkoa tulee etenkin ammattikäytössä merkittäviä sovelluksia teollisuuden, varastoinnin, kaupan ja terveydenhuollon piirissä (katso myös Bluetooth, jossa on runsaasti kuluttajasovelluksia).

IDC ennustaa, että WLAN-tuotteiden toimitukset kasvavat 41 prosentin vuosivauhtia vuosina 2000-2005, mikä merkitsee lähes 3,2 miljardin dollarin kokonaisliikevaihtoa vuonna 2005 (1,08 miljardia dollaria vuonna 2000).⁴

Lisätietoja:

<http://www.ekahau.com>

<http://www.research.microsoft.com/~padmanab/papers/infocom2000.pdf>

http://www.ele.vtt.fi/projects/iie/12122001/indoor_positioningvth.ppt

2.3.5 Bluetooth

Bluetooth korvaa perinteisiä kaapeleita laitteiden välisessä kommunikaatiossa ja synkronoinnissa. Bluetooth on kehitetty laitteiden väliseen signaalin välitykseen lyhyillä matkoilla (kantama n. 10 m ja n. 100 m).

BT-standardointityön osana ollaan määrittelemässä paikannusta palveleva profiili (Local Positioning Profile). Profiili julkaistaneen vuoden 2002 aikana. Sen mukaan toteutettavat BT-laitteet voivat vaihtaa sijaintia koskevaa tietoa, joka ohjelmoidaan/tallennetaan luovuttavaan laitteeseen.

Bluetooth-teknologiaa ei vielä käytetä paikannukseen. Bluetooth on kuitenkin potentiaalinen paikannustekniikka massakäyttöön.

⁴ http://www.digitoday.fi/digi98fi.nsf/pub/te20010816083511_kni_37457999

Markkinatutkimuslaitos Dataquest ennakoi, että vuonna 2001 myytiin vain neljä miljoonaa bluetooth-piirisarjaa, mutta vuonna 2002 36 miljoonaa ja vuonna 2003 jo 186 miljoonaa bluetooth-piirisarjaa. Toinen tutkimuslaitos Cahners In-Stat arvioi vuonna 2001 myydyn 13 miljoonaa bluetooth-piirisarjaa, ja ennustaa vuoden 2005 myynniksi peräti 780 miljoonaa piirisarjaa.

Lisätietoja:

<http://www.bluetooth.com>

<http://www.ericsson.fi/technology/Bluetooth.shtml>

2.3.6 RFID (Radio Frequency Identification)

RFID on kehitetty langattomaan tunnistamiseen lyhyillä matkoilla (kantama < 4 m).

Uusimpiin ohjelmoitaviin RFID-piireihin voitaisiin tallentaa sijaintitieto, joka voitaisiin vastaanottaa sopivalla päätelaitteella (esim. matkapuhelimella). Paikannuskäyttö on idea-asteella.

Teknologiaa ei vielä käytetä paikannukseen Suomessa. RFID:n odotetaan yleistyvän matkakorteissa ym.

Lisätietoja:

<http://www.vtt.fi/tte/tutkimus/tte7/tutkimus/palomar/palomar.htm>

<http://www.vtt.fi/vtt/uutta/uutiset2000/uutinen188.htm>

2.3.7 Fokus DGPS (Differentiaalinen GPS)

Fokus on GPS-paikannuksen tukijärjestelmä. Se perustuu Geodeettisen laitoksen ylläpitämän FINREF-havaintoverkon GPS-paikannussignaaleista laskemiin etäisyyskorjauksiin, jotka välittävät RTCM (Real Time Correction Message) -viestinä paikannusvastaanottimille. Edellyttää korjausvastaanotinta, joka on liitettävissä navigointivastaanottimeen.

Merenkululaitoksella on vastaava differentiaalipalvelu merenkulkijoille rannikkoalueella ja Suur-Saimaalla.

2.3.8 RTK-GPS (Real Time Kinematic)

GPS-paikannuksen tukijärjestelmä. Perustuu omalla tunnetulla tukiasemalla vastaanotetun GPS-signaalin välittämiseen liikkuvalla vastaanottimelle, joka laskee omien ja vertailuhavaintojen perusteella sijaintinsa suurella tarkkuudella. Havainnot lähetetään joko radio- tai GSM-modeemiyhteydellä.

Järjestelmä on käyttökelpoinen erityisesti avoimessa maastossa. Käyttö on rajoitettua puustoisessa maastossa ja liikkuvassa ajoneuvossa.

Vastaavia järjestelmiä on käytössä satoja. Järjestelmän arvioidaan olevan käytössä seuraavat 5 – 10 vuotta.

2.3.9 AGPS (*Assisted Global Positioning System*)

AGPS on kehitteillä oleva matkaviestinverkon avustama satelliittipaikannus. GSM ja UMTS-standardointien yhteydessä määritellyssä menetelmässä matkapuhelinverkko lähettää avustetiedon paikantavalle päätelaitteelle joko solulähetteenä (Cell Broadcasting). Avustetieto sisältää mm. satelliittien tuoreet ratatiedot, korjaukset, solun paikkatiedon sekä aikatiedon. Näiden avulla avustettu GPS-paikannin pystyy suoriutumaan koordinaattien laskennasta parissa sekunnissa. Avustetiedon myötä laitteiden herkkyuden uskotaan paranevan, jolloin paikannus voi tapahtua myös hankalissa kaupunkiolosuhteissa ja jopa sisätiloissa. Menetelmästä on myös muunnelma, jossa päätelaite lähettää havaintotiedot laskettavaksi verkon paikannuspalvelimeen. Ratatietojen osalta avustetietoa välitetään jo valmistajakohtaisessa ratkaisussa tekstiviestien avulla mm. Benefonin päätelaitteisiin.

3 Satelliittipaikannusjärjestelmät

3.1 GPS (Global Positioning System)

Kehitystyö aloitettiin 1970-luvulla, jolloin Yhdysvaltain laivaston TIMATION- ja ilmavoimien 621B-ohjelmat yhdistettiin NAVSTAR GPS -ohjelmaksi. GPS on tarkoitettu pääasiassa reaaliaikaiseen tarkkaan paikannukseen ja navigointiin maalla, merellä ja ilmassa maailmanlaajuisesti, ympäri vuorokauden ja kaikissa sääolosuhteissa. Alkuperäinen tarkoitus oli palvella lähinnä sotilaskäyttöä (USA DoD ja NATO), mutta siviilisovellutukset ovat tulleet globaalisti tärkeimmiksi. Lisäksi GPS tarjoaa ajastuspalvelun, jossa signaalin sisältämää aikamerkkiä voidaan käyttää esim. tietoverkkojen synkronoinnissa.

Navstar-satelliittijärjestelmä muodostuu 24 satelliitista, jotka on sijoitettu kuudelle 60° välein sijaitsevalle kiertoradalle. Kullakin kiertoradalla on neljä satelliittia, ja niiden kiertonopeus on 12 tuntia. Satelliittien ratakorkeus on sellainen, että kukin satelliitti kulkee radallaan tietyn pisteen yli noin 24 tunnin välein (nelisen minuuttia aiemmin joka päivä), koska maapallo pyörii satelliittien alla. Ratojen kaltevuus on noin 55° ekvaattoritasosta. Tällä järjestelyllä napa-alueita lukuun ottamatta kaikkialla maapallolla näköpiirissä on aina vähintään viisi satelliittia.

Navstar-järjestelmää ylläpidetään siten, että aina voidaan taata 21 toimintakuntoista satelliittia. Tämän varmistamiseksi on varasatelliitteja aina kolme. Useimmiten toimintakunnossa olevia on paljon enemmänkin, parhaillaan niitä on 27. Järjestelmään kuuluu kaikkiaan 32 satelliittia, jotka tunnustetaan satelliitin PRN (pseudo-random number) -koodinumeron perusteella. Laitteiden käynnistysruudulla näistä numeroista näkyvät ne, joita laite tietää hakea Almanac Data-tietojen avulla. Tätä Almanac Dataa päivitetään (mm. aktiivisten satelliittien vaihtuessa) satelliittien lähettämästä informaatiosta.

Navstar-satelliittijärjestelmää alettiin rakentaa helmikuussa 1978. Nykyisiin nk. Block II -tyypin satelliitteihin siirryttiin alkuvuodesta 1989 alkaen. Täysi valmius saavutettiin vuonna 1995, josta alkaen on järjestelmässä ollut käytössä aina vähintään 24 toimintakuntoista satelliittia. Toimintakuntoisena satelliitti voidaan pitää keskimäärin 10 vuotta. Parhaillaan käynnissä olevalla ja vuoteen 2006 ulottuvalla ohjelmalla satelliitteja uusitaan jälleen.⁵

Satelliitit lähettävät kahta paikannuskoodia C/A (L1-kaistassa) ja P (Sekä L1- että L2-kaistassa). C/A-koodipaikannusta kutsutaan SPS-palveluksi (Standard Positioning Service) ja P-

⁵ <http://www.kotiposti.net/navistre/sivut/info/gpstietoutta.html>

koodipaikannusta PPS-palveluksi (Precise Positioning Service). SPS on julkinen, PPS on varattu vain sotilaskäyttöön (kryptattu P-koodi = Y-koodi).

Absoluutisessa paikannuksessa vastaanotin havaitsee satelliitin lähettämän koodin, vertaa koodia vastaanottimessa generoituun/tallennettuun koodiin ja ratkaisee etäisyyden (vektorin) satelliittiin kulkuajan perusteella. Lopulliseen paikannukseen tarvitaan neljän satelliitin havainnot. Paikannustarkkuutta voidaan parantaa differentiaalipaikannuksella (DGPS), katso luvut 2.2.2 Merenkulun DGPS (Differential Global Positioning System) ja 2.3.7 Fokus DGPS (Differensiaalinen GPS).

Relatiivisessa, staattisessa paikannuksessa vähintään 2 vastaanotinta havaitsee sekä koodin että kantoaallon vaiheen useassa havaintojaksossa siten, että havaintopisteistä muodostuu vektoriverkko. Jälkilaskennassa ratkaistaan vastaanotinten väliset vektorit ja lopulliset sijainnit, kun osa verkon pisteistä on tunnettuja. Menetelmällä päästään erittäin suureen tarkkuuteen (~2-10 mm/km havaintojaksojen pituudesta riippuen). Voidaan toteuttaa myös reaaliaikaisena kinemaattisena mittaustena (RTK), jolloin tarkkuus on jonkin verran heikompi.

Järjestelmä toimii muuten kattavasti ja tarkasti, mutta paikalliset olosuhteet rajoittavat jonkin verran käytettävyyttä. Poikkeusoloissa haittana ovat yhteen vieraaseen valtioon keskittynyt hallinto ja huono häiriönsieto.

3.2 GLONASS (Global Navigation Satellite System)

GLONASS on GPS-järjestelmän Venäjän vastine sotilaalliseen paikannukseen.

Järjestelmä perustettiin 1970 -luvun puolivälin jälkeen ja siihen kuuluu 24 satelliittia, jotka kiertävät maapalloa 19100 km korkeudella. Ratojen inkliinaatio on 64,8 astetta. 1990-luvun alussa järjestelmän kunto rapistui ja lopulta käytössä oli vain kuusi satelliittia. Tällä hetkellä (22.3.2002 tilanne) toimivia satelliitteja on vain seitsemän.⁶

Satelliitit lähettävät kahta paikannuskoodia. SP-palvelu (Standard Precision) on vapaasti kaikkien käyttäjien saatavilla. HP-palvelu (High Precision) on tarkoitettu vain sotilaalliseen käyttöön.

Absoluutisessa paikannuksessa vastaanotin havaitsee satelliitin lähettämän koodin, vertaa koodia vastaanottimessa generoituun/tallennettuun koodiin ja ratkaisee etäisyyden (vektorin) satelliittiin kulkuajan perusteella. Lopulliseen paikannukseen tarvitaan neljän satelliitin havainnot. Paikannustarkkuutta voidaan parantaa differentiaalipaikannuksella.

Relatiivisessa, staattisessa paikannuksessa vähintään 2 vastaanotinta havaitsee sekä koodin että kantoaallon vaiheen useassa havaintojaksossa siten, että havaintopisteistä muodostuu vektoriverk-

⁶ <http://www.rssi.ru/SFCSIC/nagu.txt>

ko. Jälkilaskennassa ratkaistaan vastaanotinten väliset vektorit ja lopulliset sijainnit, kun osa verkon pisteistä on tunnettuja. Menetelmällä päästään erittäin suureen tarkkuuteen. Voidaan toteuttaa myös reaaliaikaisena kinemaattisena mittauksena (RTK), jolloin tarkkuus on jonkin verran heikompi.

GLONASS-järjestelmää voidaan käyttää GPS-satelliittien tukijärjestelmänä, jos vastaanotin kykenee hyödyntämään GLONASS-signaalia.

3.3 EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service, "GNSS 1" (Global Navigation Satellite System))

EGNOS on Euroopan Avaruusjärjestö ESan, Euroopan komission ja Eurocontrolin yhteinen projekti. Se on Euroopan globaalien navigointisatelliittijärjestelmän ensimmäinen vaihe ja Galileon edeltäjä.

EGNOS on samankaltainen kuin Yhdysvaltojen WAAS (Wide Area Augmentation System) ja Japanin MSAT (Multi-transport Satellite-based Augmentation System). GPS-korjausviestit sisältävät EGNOS avaruussignaalia (SIS, Signal In Space) lähettää kolme geostationaarista satelliittia: Inmarsat AOR-E (Atlantic Ocean Region East), Inmarsat IOR (Indian Ocean Region) ja Artemis.

Järjestelmä on toiminnassa vuoteen 2004 mennessä ja se tullaan integroimaan Galileoon. Järjestelmä on tällä hetkellä kokeiltavissa AOR-E ja IOR –satelliiteista tulevilla testisignaaleilla.

3.4 Galileo ("GNSS 2")

Galileo tulee olemaan Euroopan oma siviilien hallussa oleva globaali satelliittinavigaatiojärjestelmä. Galileo on Euroopan GNSS-strategian toisen vaiheen järjestelmä. Galileo tulee tarjoamaan avoimet, kaupalliset, hengenpelastus- ja säädellyt palvelut. Tavoitteena on, että Galileo on yhteensopiva GPS:n ja sen seuraavien sukupolvien, ja toivottavasti myös GLONASSin mahdollisten uusien versioiden kanssa.

Järjestelmään kuuluu 30 MEO (Medium Earth Orbits) satelliittia (27 toiminnassa olevaa ja 3 aktiivista varaosaa) ympyränmuotoisilla kiertoradoilla 23.616 km maanpinnan yläpuolella. Kiertoradat tulevat olemaan 56 asteen kulmassa päiväntasaajaan nähden ja siten takaavat hyvän peittoalueen pohjoiselle 75. leveysasteelle asti. Ensimmäiset satelliitit tullaan laukaisemaan 2004, ja vuoteen 2006 mennessä riittävästi satelliitteja pitäisi olla radoillaan palvelun kokeilun aloittamiseksi. Järjestelmä tulee olemaan toiminnassa 2008 mennessä.

Lisätietoja:

http://www.esa.int/export/esaSA/GGGMX650NDC_navigation_0.html

<http://www.galileo-pgm.org/>

3.5 COSPAS / SARSAT (Cosmicheskay Sistyema Poiska Avariynich Sudov / Search And Rescue Satellite Aided Tracking)

Pelastussatelliittijärjestelmä hätäpoijun paikantamiseen.

Vuonna 1979 Neuvostoliitto, Yhdysvallat, Kanada ja Ranska allekirjoittivat sopimuksen kokeilu-toiminnan käynnistämiseksi hätäpoijujen paikantamiseksi satelliittien avulla. Ensimmäinen satelliitti laukaistiin radalleen 1982. Järjestelmä on myös osana merenkulun maailmanlaajuisista hätä- ja turvallisuusjärjestelmää GMDSS:ää (Global Maritime Distress Safety Systems). COSPAS/SARSAT -järjestelmän osat ovat avaruusosa, maaosa ja hätäpoijut.

Avaruusosassa on kahdenlaisia satelliitteja:

- Matalalla lentoradalla (800 – 1000 km korkeudella) maapalloa napojen kautta kiertäviä LEO-satelliitteja.
- Geostationarisella radalla (paikallaan maapalloon nähden) päiväntasaajan yläpuolella (~ 36000 km korkeudella) sijaitsevia GEO-satelliitteja. Satelliitit vastaanottavat hätäpoijun lähettämän datan ja välittävät tiedot edelleen alas maa-asemille.

Maaosaan kuuluu maa-asemia (LUT, Local User Terminal), jotka vastaanottavat satelliittien välittämän datan, laskevat hätäpoijun todennäköisen paikan ja lähettävät puretun datatiedon valvontakeskuksille (MCC, Mission Control Centre). Hätäpoijun paikantamiseen käytetään Dopplerin menetelmää sekä satelliittipaikannusta (uudet hätäpoijut). MCC-valvontakeskus lähettää hälytyssanoman edelleen paikannuksen mukaan ao. maan pelastuskeskukselle. Kaikki Suomen aluetta koskevat hälytyssanomat lähetetään Turun meripelastuskeskukseen. Suomen aluetta lähin LUT-asema sijaitsee Tronsössä (Norja) ja sen MCC-valvontakeskus Bodössä (Norja).

Hätäpoijuja on merenkulun käytössä (EPIRB, Emergency Position Indicating Radio), ilmailun käytössä (ELT, Emergency Locator Transmitter) ja henkilökohtaisessa käytössä on kannettavia hätäpoijuja (PLB Personal Locator Beacon). 406 MHz:llä toimiviin poijuihin koodataan aina poijun oma tunnus. Mikäli kyseessä on aluksen tai ilma-aluksen 406 MHz EPIRB, koodataan lisäksi halinnon määräämä aluksen tai ilma-aluksen tunniste.

Järjestelmän peittoalue kattaa koko maapallon. Hätäpoijut ovat pakollisia osalle aluksista ja ilma-aluksista. Hätäpoijut voivat myös käynnistyä automaattisesti (esim. aluksen uppoaminen, ilma-aluksen maahansyöksy). Hätäkäyttöön tarkoitettujen järjestelmän ylläpito on kallista.

Suomessa on noin 150 käyttäjää taajuudella 406 MHz. Tulevaisuudessa paikantamisen tarkkuus paranee hätäpoijun lähettämän omaipaikan (GPS-vastaanotin/vast.) johdosta. Suomeen tulee henkilökohtaisia kannettavia hätäpoijuja. Taajuudet 121,5 MHz ja 243 MHz jäävät pois satelliittijärjestelmästä, mutta ne jäävät hätäpoijun maan pinnalla tapahtuvaa suuntimista (homing) varten.

3.6 ARGOS (Advanced Research and Global Observation Satellite)

Automaattinen mittaustiedon välitys. ARGOS on (CNES, NASA, NOAA MoU) satelliitteihin perustuva yksisuuntainen järjestelmä, joka kerää automaattisten mittausjärjestelmien tuottamaa ympäristötietoa, ja lähettää sen käyttäjille ympäri maailman. Pienet maa-asemat (pienimmät 17 g) lähettävät antureiden ja järjestelmän keräämän tiedon 32 tavun mittaisina purskeina LEO-satelliittiin. Satelliitti lähettää tiedon välittömästi eteen päin, jos gateway-maa-asema on näkyvässä tai varastoi tiedon odottamaan seuraavaa gateway-maa-aseman ylitystä. ARGOS luotiin jo 1970-luvun lopulla ja tällä hetkellä siihen kuuluu yli 6000 maa-asemaa, jotka toimivat mitä erilaisimmissa ympäristöissä; ARGOS-järjestelmällä voidaan esim. seurata lintujen muuttoa (pieni maa-asema linnun kaulassa), öljytuhon laajenemista, ilmaston muutoksia, ym.

Järjestelmän kapasiteetti on rajallinen, joten ylläpitäjä valvoo tarkasti, ketkä hyväksytään käyttäjiksi. Satelliittien laukaisuaikataulu on suunniteltu jo vuosiksi eteenpäin, joten ARGOS tullee menestymään hyvin ja sen käyttö todennäköisesti pikkuhiljaa laajenee. Käyttöön on tulossa myös kaksisuuntainen yhteys.

Lisätietoja: http://www.cls.fr/html/argos/welcome_en.html

3.7 ORBCOMM (Orbital Communication)

ORBCOMM-satelliittijärjestelmä on koko maailman laajuinen kaksisuuntainen, pakettikytkentäinen tiedonsiirtojärjestelmä. Siirrettävä tieto voi olla esimerkiksi ajoneuvon tai omaisuuden tila-, hälytys- tai paikkatietoa; ajoneuville tai tutkimusjärjestelmälle annettuja ohjauskomentoja (kaksisuuntainen) tai muita lyhytsanomatietoja. Tiedonsiirto maa-asemilta tapahtuu 36 LEO-satelliitin (n. 850 km korkeudella) välityksellä yleiseen puhelinverkkoon ja internetiin kytketyille gateway-maa-asemille 4,8 kbit/s (satelliitista maahan) ja 2,4 kbit/s (maasta satelliittiin) nopeudella max. puoli sekuntia kestävinä purskeina.

ORBCOMM on paikannusjärjestelmänä melko epätarkka, maa-aseman paikka voidaan signaalin dopplersiirtymän perusteella paikallistaa muutaman (kymmenen) kilometrin tarkkuudella. Tämä tarkkuus on riittävä moniin sovelluksiin ja, jos tarkkaa paikkatietoa tarvitaan, se otetaan erikseen vaikkapa GPS-vastaanottimesta ja välitetään edelleen ORBCOMM-järjestelmän kautta.

Vuoden 2002 alussa ei ole tiedossa yhtään suomalaista käyttäjää. Satelliittijärjestelmän kannattavuus on ollut huono, joten sen tulevaisuus on epävarma.

4 Järjestelmätaulukot

4.1 Järjestelmien käyttötarkoitukset ja -ympäristöt

Taulukko 2 Radionavigointijärjestelmien käyttötarkoitukset ja -ympäristöt

Järjestelmä	Pääkäyttötarkoitus	Muut käyttötarkoitukset	Käyttöympäristöt						
			Ilmailu	Merenkulkuk	Maaliikenne	Henk.koht.	Sotilaskäyttö	Hätäpalvelu	Muu
AGPS	Avustettu GPS	Paikannus			X	X		X	Kehitteillä
AIS	Alusten automaattinen tunnistus	Viestintä		X					
ARGOS	Automaattisen mittaustiedon välitys	Paikannus	X						Autom. mittausjärjestelmät
Bluetooth (BT)	Laitteiden välinen kommunikaatio ja synkronointi perinteisiä kaapeleita korvaten	Paikannus ja henkilökohtainen navigointi							Toimistot, kodit ja julkiset tilat (kehitteillä)
COSPAS / SARSAT	Pelastussatelliittijärjestelmä, hätäpoijun paikantaminen		X	X				X	Henkilökohtainen hätälähetin (PLB)
DME	Lentosuunnistus		X						
EGNOS	Satelliittipaikannus	Tarkan ajan määrittäminen	X	X	X	X	X		
FOKUS DGPS	GPS:n tukijärjestelmä					X	X		Kartoitusmittaus
Galileo	Satelliittipaikannus	Tarkan ajan määrittäminen	X	X	X	X		X	
GLONASS	GPS:n vastine sotilaallisessa tarkoituksessa	GPS:n tukijärjestelmä					X		
GPS	Sotilaskäyttö: USA, NATO ja sopivat "yhteistyökumppanit"	Siviilikäyttö: purjehdus, matkailu jne. Yksittäisiä kaupallisia vastaanottimia, ilman laajempaa kaupallisten palvelujen käyttö-mahdollisuutta	X	X	X	X	X	X	Kartoitusmittaus, tuleva E112-hätäpalvelu jne.
GSM	Kaupalliset palvelut, kuten. paikannusneuvonta ja E112-hätäpuhelu.				X	X		X	
ILS	Lähestymis- ja laskeutumisjärjestelmä		X						
Merenkulun DGPS	GPS-paikannus- ja navigointijärjestelmän tukijärjestelmä			X		X			Merenmittaus, väylänhoito
MLS	Lähestymis- ja laskeutumisjärjestelmä		X						
NDB	Lentosuunnistus- ja lähestymisjärjestelmä		X						

Järjestelmä	Pääkäyttötarkoitus	Muut käyttötarkoitukset	Käyttöympäristöt						
			Ilmailu	Merenkulku	Maaliikenne	Henk.koht.	Sotilaskäyttö	Hätäpalvelu	Muu
ORBCOMM	Omaisuu den seuranta, ohjaus ja paikannus, kulkuneuvojen seuranta	Kaksisuuntainen lyhytsanomien välitys, mittaustietojen välitys			X				Omaisuu den seuranta. Automaatt. mittaustiedon välitys
PAR	Lähestymis- ja laskeutumisjärjestelmätutka		X				X		
RFID	Henkilöiden ja esineiden tunnistaminen, maksaminen ym.	Paikannus ja henkilökohtainen navigointi			X				Toimistot, kodit ja julkiset tilat (kehitteillä)
RTK-GPS	GPS:n tukijärjestelmä						X		Kartoitusmittaus
TILS	Sotilaskoneiden tarkkuuslaskeutumisjärjestelmä		X				X		
Transponder	Tutkajärjestelmä lennonjohtopalvelun antamiseksi	Ilma-alusten törmäys-/liikennevaroit us (ACAS / TCAS)	X		X				
Tutkamajakka (Racon)	Merenkulun turvalaite			X					
UMTS	Kaupalliset palvelut, kuten paikannusneuvonta ja E112-hätäpuhelu.	Sotilaalliset toiminnot, kuten maajoukkojen paikannus.			X	X	X	X	
VDF-suuntimo (ilmailu)	Radiosuuntimisjärjestelmä		X				X	X	
VDF-suuntimo (merenkulku)	Radiosuuntimisjärjestelmä			X					
VIRVE	Suomen turvallisuusviranomaisten liikkuvien radiopuhelinten yhteiskäyttöinen puhe- ja dataviestintäverkko		X	X	X	X	X	X	
VOR	Lentosuunnistus- ja lähestymisjärjestelmä		X						
WLAN	Paikallinen tiedonsiirto joko organisaation sisällä tai palveluna asiakkaille	Paikannus				X			Ammattisovellukset varastoissa, sairaaloissa jne. (kehitteillä)

4.2 Järjestelmien ylläpitäjät, käyttäjämäärät ja tulevaisuudennäkymät

- Ilmailulaitos
 - DME
 - ILS
 - NDB
 - VDF-suuntimo
 - VOR
- Merenkulkulaitos
 - AIS
 - Merenkulun DGPS
 - Tutkamajakka (Racon)
- Muut suomalaiset ylläpitäjät ja rahoittajat
 - FOKUS DGPS. Palvelu: Digita Oy (Yleisradio), tukiasemaverkko: Geodeettinen laitos
 - VIRVE: Sisäasiainministeriö rahoittaa aluksi, vuodesta 2004 alkaen käyttäjät (kunnalliset ja valtiolliset turvallisuusviranomaiset) rahoittavat. Suomen Erillisverkot operoi ostopalveluna.
- Kansainvälisten organisaatioiden ylläpitämät ja rahoittamat
 - ARGOS: CLS, Toulouse France ja US-French Operations Committee.
 - COSPAS / SARSAT: COSPAS / SARSAT –järjestö, päämaja sijaitsee Lontoossa. Jäsenvaltiota ja -organisaatiota on noin 40. Suomi ei ole jäsen ja siten ei ole rahoituksessa mukana.
 - EGNOS: EU. Geodeettinen laitos osallistuu RIMS-aseman rakentamiseen Virolahdessa.
 - Galileo: EU
- Sotilaalliset ylläpitäjät
 - GPS: Yhdysvaltain armeija
 - GLONASS: Venäjä, Puolustusministeriö
- Kaupalliset ylläpitäjät ja rahoittajat
 - Bluetooth: kuka tahansa
 - GSM: matkapuhelinoperaattorit
 - ORBCOMM: Yhdysvaltalainen yritys ORBCOMM LLC
 - RFID: oma liikuteltava tukiasema, rahoittajina käyttäjät
 - RTK-GPS
 - UMTS: matkapuhelinoperaattorit
 - WLAN: Kiinteistöjen haltijat tai niiden tiloissa toimivat osapuolet sekä teleoperaattorit tms. asiaan erikoistuneet yritykset. Julkinen sektori saattaa paikallisesti rahoittaa palvelun julkiseen käyttöön.
- Ei ylläpitäjää
 - MLS: todennäköisesti ei oteta Suomessa käyttöön v. 2010 mennessä.

Taulukko 3 Radionavigointijärjestelmien ylläpitäjät, käyttäjämäärät ja tulevaisuuden näkymät

Järjestelmä	Ylläpitäjät ja rahoittajat	Arvio käyttäjämäärästä Suomessa 2001	Arvio tulevaisuudesta
AGPS	Todennäköisimmin teleoperaattori. GPS:n osalta DoD.	Koeluontoista käyttöä tekstiviestien avulla	AGPS voi olla tulevaisuudessa laajasti käytössä, koska se ratkaisee GPS:n virrankulutusongelmat ja parantaa GPS:n käytettävyyttä erityisesti kaupunkiympäristössä.
AIS	Merenkulkulaitos ylläpitää, merenkulkulaitos ja puolustusvoimat rahoittavat	Kymmeniä	Järjestelmää tullaan lähivuosina laajentamaan siten, että se kattaa kaikki Suomen rannikkoalueet. IMO:n päätöksen mukaan järjestelmä tulee asteittain pakolliseksi kaikkiin matkustajalainvoihin ja suureen osaan rahtilainvoista, mukaan lukien kotimaan liikenteessä olevat alukset, vuoden 2008 heinäkuuhun mennessä. Ohjelman nopeuttaminen niin, että ohjelma saataisiin päätökseen vuoteen 2004 mennessä, on IMO:n harkinnan alaisena.
ARGOS	CLS, Toulouse France US-French Operations Committee	Järjestelmän kapasiteetti on rajallinen, joten ylläpitäjä valvoo tarkasti, ketkä hyväksytään käyttäjiksi.	Satelliittien laukaisuakataulu on suunniteltu jo vuosiksi eteenpäin, joten ARGOS tullee menestymään hyvin ja sen käyttö todennäköisesti pikkuhiljaa laajenee. Käyttöön on tulossa myös kaksisuuntainen yhteys.
Bluetooth (BT)	Ylläpitäjä voi olla kuka tahansa. Kaupallinen, alunperin Ericssonin kehittämä teknologia. Bluetooth-konsortiossa on mukana runsaat 2000 yritystä.	Vuonna 2001 myytiin noin 10 miljoonaa piirisarjaa maailmanlaajuisesti. Paikannukseen teknologiaa ei vielä käytetä.	Vuonna 2005 ennustetaan myytävän 780 miljoonaa piirisarjaa maailmanlaajuisesti. BT on potentiaalinen paikannustekniikka massakäyttöön.
COSPAS / SARSAT	COSPAS/SARSAT –järjestö, päämaja sijaitsee Lontoossa. Jäsenvaltiota ja –organisaatiota on noin 40. Suomi ei ole jäsen ja siten ei ole rahoituksessa mukana.	Noin 150 kpl 406 MHz:n taajuutta käyttäviä	Paikantamisen tarkkuus paranee hätäpoijun lähettämisen omaipaikan (GPS-vastaotin/vast.) johdosta. Suomeen tulee henkilökohtaisia kannettavia hätäpoijuja. Taajuudet 121,5 MHz ja 243 MHz jäävät pois satelliitti-järjestelmästä, mutta ne jäävät hätäpoijun maan pinnalla tapahtuvaa suuntimista (homing) varten.
DME	Ilmailulaitos	Siviili- ja sotilasilmailu. Lentolaskimien yleistyessä voidaan suuri osa ilmailunavigaatiosta hoitaa DME-asemiin tukeutuen.	Käyttö tulee lisääntymään v. 2015 mennessä
EGNOS	Rahoittajat: EU. Geodeettinen laitos osallistuu RIMS-aseman rakentamiseen Virolahdessa. GPS:n osalta DoD.	0	Toiminta alkaa 2004.
FOKUS DGPS	Palvelu: Digita Oy. Tukiasemaverkko: Geodeettinen laitos GPS:n osalta DoD.	Tuhansia	Palvelu jatkuu
Galileo	EU	0	Toiminta alkaa 2008.

Järjestelmä	Ylläpitäjät ja rahoittajat	Arvio käyttäjämäärästä Suomessa 2001	Arvio tulevaisuudesta
GLONASS	Venäjä, Puolustusministeriö	Selvästi vähemmän käyttäjiä kuin GPS:llä, vähäistä ammattikäyttöä. Vastaanottimet ovat erittäin kalliita.	Järjestelmä on keskeneräinen. Tällä hetkellä (22.3.2002 tilanne) toimivia satelliitteja on vain seitsemän.
GPS	DoD	Kymmeniä tuhansia. Epävirallisen arvion mukaan Suomessa myydään 15 000 GPS-laitetta vuodessa.	Siviilikäyttöinen L2C-signaali tarjolla 2003 (arvio), täysi käyttö 2010, L5-signaali (ARNS-kaista) tarjolla 2005 alkaen, täysi käyttö 2014.
GSM	Matkapuhelinoperaattorit	Käyttäjiä on toistaiseksi vähän, koska kaupalliset palvelut ovat vielä kokeiluasteella.	3G / UMTS / CDMA – pohjaiset matkapuhelinjärjestelmät, jotka soveltavat samoja paikannusmenetelmiä paremmalla tarkkuudella, tulevat syrjäyttämään GSM – pohjaiset.
ILS	Ilmailulaitos	Siviili- ja sotilasilmailu	Käytössä Suomessa ainakin vuoteen 2015
Merenkulun DGPS	Merenkulkulaitos	Tuhansia	Palvelu jatkuu
MLS	Ei käytössä	Ei käytössä	Todennäköisesti ei oteta käyttöön Suomessa v. 2010 mennessä.
NDB	Ilmailulaitos	Siviili- ja sotilasilmailu	Pysyy käytössä v. 2010, minkä jälkeen arvioidaan järjestelmän poistuvan käytöstä asteittain
ORBCOMM	Yhdysvaltalainen yritys ORBCOMM LLC	Suomessa ei käyttäjiä	Satelliittijärjestelmän kannattavuus on ollut huono, joten sen tulevaisuus on epävarma.
PAR	Ilmavoimien Viestitekniikka Laitos (IVL)	Noin 1500 lähestymistä sotilas- ja siviilikoneille vuoden 2001 aikana.	Toiminnassa ainakin vuoteen 2010 asti.
RFID	Kaupallinen	100.000, paikannukseen teknologiaa ei vielä käytetä	Yleistyy matkakorteissa yms.
RTK-GPS	Oma liikuteltava tukiasema, rahoittajina käyttäjät.	Vastaavia järjestelmiä on satoja.	Käytössä 5 – 10 vuotta
TILS	Ilmavoimien Viestitekniikka Laitos (IVL)	Noin 60 sotilaslentokonetta.	Käytössä ainakin 2020 asti.
Transponder	Ilmailulaitos / Puolustusvoimat	Likiptäen kaikki Suomessa lentävät moottoroidut ilma-alukset. Puutteet harraste-/yleisilmailussa. Pakollinen varuste lennetäessä lentopinnan 95 (n. 9500 jalkaa eli n.2900m) yläpuolella tai Helsinki-Vantaan lähi- ja lähestymisalueella.	Toiminta jatkuu ennallaan. Joitakin maa-asemia voidaan varustaa ns. MODE-S –toiminteella, jolloin mahdollistetaan datansiirto tiettyjen transponderlaitteiden ja maa-aseman välillä.
Tutkamajakka (Racon)	Merenkulkulaitos	Merialueilla liikkuvat tutkalla (S- tai X-taajuuskaista) varustetut alukset.	Ei merkittäviä muutoksia 5 – 10 vuoden aikajaksolla

Järjestelmä	Ylläpitäjät ja rahoittajat	Arvio käyttäjämäärästä Suomessa 2001	Arvio tulevaisuudesta
UMTS	Matkapuhelinoperaattorit investoivat ja laskuttavat sitten palvelujen käyttäjiä	Ei vielä käytössä.	Käyttäjää on tulevaisuudessa oletettavasti hyvin paljon (esim. Euroopan alueella ehkä kymmeniä miljoonia), kun kaupalliset palvelut saadaan luotua ja tuottaminen käyntiin. Lienee lähitulevaisuuden eräs hyvistä vaihtoehtoista sisätilanavigointiin ja -paikannukseen (mm. johtuen pikosolujen yleistyemisestä sisätiloissa).
VDF-suuntimo (ilmailu)	Ilmailulaitos	Siviili- ja sotilasilmailu	Ei tiedossa muutoksia v. 2010 mennessä
VDF-suuntimo (merenkulku)		Ei käytössä Suomessa. Ruotsin merenkulussa käytetään suuntimoa yhä vähemmän jos ollenkaan.	Ei oteta käyttöön Suomessa. Ruotsissa olemassa olevia kiinteitä järjestelmiä ei korvata. Olemassa olevien järjestelmien käyttöajan odotetaan menevän vuoden 2010 yli.
VIRVE	Sisäasiainministeriö rahoittaa aluksi, vuodesta 2004 alkaen käyttäjät (kunnalliset ja valtiolliset turvallisuusviranomaiset) rahoittavat. Suomen Erillisverkot operoi ostopalveluna.	5.000 radiopuhelinta, joilla 10.000 käyttäjää	50.000 radiopuhelinta, joilla 75.000 käyttäjää
VOR	Ilmailulaitos	Siviili- ja sotilasilmailu	Pysyy käytössä v. 2010, minkä jälkeen järjestelmän arvioidaan poistuvan käytöstä asteittain.
WLAN	Paikallisia langattomia lähiverkkoja ylläpitävät kiinteistöjen haltijat tai niiden tiloissa toimivat osapuolet sekä teleoperaattorit tms. asiaan erikoistuneet yritykset. Rahoitus yleensä kaupalliselta pohjalta. Julkinen sektori saattaa paikallisesti rahoittaa palvelun julkiseen käyttöön.	WLAN-tuotteiden maailmanmarkkinat olivat noin 1,08 miljardia dollaria vuonna 2000. Paikannukseen verkkoa ei vielä käytetä kuin koe- luontoisesti.	IDC ennustaa, että WLAN-tuotteiden toimitukset kasvavat 41 prosentin vuosivauhtia vuosina 2000-2005, mikä merkitsee lähes 3,2 miljardin dollarin kokonaisliikevaihtoa vuonna 2005. Paikannuksesta osana langatonta lähiverkkoa tulee etenkin ammattikäytössä merkittäviä sovelluksia teollisuuden, varastoinnin, kaupan ja terveydenhuollon piirissä (katso myös Bluetooth, jossa runsaasti kuluttajasovelluksia).

4.3 Tekniset tiedot

Taulukko 4 Radionavigointijärjestelmien tekniset tiedot

Järjestelmä	Toiminta-alue Suomessa	Paikannustiedot					Paikannustiedon tarkkuus ja sen saavuttamisen todennäköisyys	Saavutettavuus Suomessa (%-osuus vuorokaudesta)
		Sijainti	Korkeus	Nopeus	Suunta	Aika		
AGPS	Matkapuhelinverkon peittoalue, avustamatta sama kuin GPS	X	X	X	X	X	(Nopeus ja suunta vaativat päätelaiteprosessointia) Ulkona < 10 m vaakaa, < 20 m pysty (matkapuhelinverkon välittämällä DGPS korjauksilla sama kuin DGPS) Sisätiloissa ja urbaaneissa kanjoneissa < 40 m vaakaa, < 80 pysty Avustamatta suorituskyky sama kuin GPS	99 % 70 % sisätiloista matkapuhelinverkon peittoalueella
AIS	Suomenlahti ja Saaristomerren eteläosa. Vuoden 2002 kuluessa myös Saimaan syväväylän alue.						Kysymyksessä ei ole varsinainen radionavigointijärjestelmä, vaan kommunikaatioalusta ja siihen liittyvä sovellus, joka tehokkaasti käyttää hyväksi radionavigointisatelliittien paikannus- ja ajoituspalveluja.	100 %
ARGOS	Koko Suomi.	X					ARGOS-järjestelmäkuvaus luokittelee paikkatiedon tarkkuuden seuraavasti: luokka 3: < 150 m luokka 2: 150 – 350 m luokka 1: 350 – 1000 m luokka 0: > 1000 m luokat A, B, Z: ei luotettavaa paikkatietoa 67 %	100 % (ei reaaliaikainen)
Bluetooth (BT)	Paikallisesti tarpeen mukaan, kantama 10 tai 100 m	X					1–3 m (arvio, mikäli paikannusmenetelmä vastaava kuin WLAN paikannuksessa). Alle 10 m, kun BT-linkki luovuttaa tallennetun sijaintitiedon 66% (arvio)	BT-linkkien ulottuvilla aina
COSPAS / SARSAT	Koko Suomi, ml. meri- ja maa-alueet	X					Tutkitusti - 20 km 121,5 MHz / 243 MHz:llä - 5 km 406 MHz:llä - noin 200 m jos sisäänrakennettu GPS	100 % 90 %

Järjestelmä	Toiminta-alue Suomessa	Paikannustiedot					Paikannustiedon tarkkuus ja sen saavuttamisen todennäköisyys	Saavutettavuus Suomessa (%-osuus vuorokaudesta)
		Sijainti	Korkeus	Nopeus	Suunta	Aika		
DME	Koko Suomi						Etäisyys 100 – 300 m 95 %	100 %
EGNOS	Oulun eteläpuolella (GEO-satelliittiin korkeuskulmat > 15°)	X	X	X		X	3m pystysuunnassa, 5m vaakatasossa ⁷ 95 %	GEO-satelliitit lähettävät EGNOS-signaalia koko ajan, järjestelmä on saavutettavissa Oulun eteläpuolella.
FOKUS DGPS	Koko Suomi						RTCM-korjaus Palvelupaketista riippuen 2 tai 10 m 95 %	99 %, jos ei paikallisia katveita
Galileo	Koko Suomi	X	X	X	X	X	(Nopeus ja suunta vaativat päätelaiteprosessointia) <u>Avoin palvelu</u> : - 15 m vaakas., 35 m pystys. yksitaajuusvastaanotimella - 4 m vaakas., 8 m pystys. kaksitaajuusvastaanotimella <u>Pelastuspalvelu</u> : 4 m vaakas., 8 m pystys. <u>Säännelty palvelu</u> : 4 m vaakas., 8 m pystys. 95 %	99%
GLONASS	Koko Suomi	X	X	X	X	X	(Nopeus ja suunta vaativat päätelaiteprosessointia) Absoluuttisessa paikannuksessa Standarditarkkuus (SP): ~ 40 m Korkea tarkkuus (HP): tuntematon 95 %	Heikko
GPS	Koko Suomi	X	X	X	X	X	(Nopeus ja suunta vaativat päätelaiteprosessointia) o Absoluuttisessa paikannuksessa - SPS (C/A): teoriassa 30 m, käytännössä 10 – 15 m - PPS (Y[P]): teoriassa 21 m 95 % o Relatiivisessa paikannuksessa 2 – 10 mm/km Tarkkuus riippuu verkon rakenteesta, havaintojaksojen pituudesta ym.	Absoluuttisessa paikannuksessa 99 % ulkotiloissa, sisätiloista mahdoton sanoa

⁷ http://esamultimedia.esa.int/docs/egnosc/estb/Publications/NAVITEC%202001/estb_navitec_final.pdf

Järjestelmä	Toiminta-alue Suomessa	Paikannustiedot					Paikannustiedon tarkkuus ja sen saavuttamisen todennäköisyys	Saavutettavuus Suomessa (%-osuus vuorokaudesta)
		Sijainti	Korkeus	Nopeus	Suunta	Aika		
GSM	Matkapuhelinverkon peittoalue	X		X	X		(Sijainti ja suunta karkealla tarkkuudella) Cell-ID: 100 m (kaupunkikeskusta) – 35 km (maaseutu) Yleensä GSM-matkaviestinpohjaisten paikkamäärittäysten tarkkuus on yli 100 m ja useimmiten 200 – 500 m ja melko usein 500-1000 m. E-OTD:llä tutkimusten mukaan saavutetaan kaupunkien alueilla usein 50 m – 200 m. Toisaalta tukiasemien määrä vähenee, tarkkuus putoaa ja voi olla esim. useita kilometrejä (maaseutu ja 2 tai useampi tukiasema). Paikantaminen näillä menetelmillä on aina voimakas olosuhteiden funktio. Nopeuden ja suunnan osalta tarkkuus on karkea.	100 % matkapuhelimen peittoalueella
ILS	Lentoasemat				X	Etäisyys kiitoradasta	Tutkitusti 0,1 – 0,2 astetta 95 %	Lentoasemien aukioloaikoina
Merenkulun DGPS	Suomen merialueet ja tärkeimmät sisävedet					RTCM – korjaus	Koska merenkulkulaitos myös joutuu juridisesti vastaamaan palvelustaan käytetään tarkkuutena <10 m. Käytännön tarkkuus on 2-3 m, mikä jatkuvin mittauksin vahvistetaan. 95 %	99,8 %
MLS	Ei käytössä				X		Tutkitusti 0,2 astetta 95 %	Ei käytössä
NDB	Koko Suomi				X		Tutkitusti 5 – 10 astetta 95 %	100 %
ORBCOMM	Koko Suomi (maasematerminaali luvanvarainen)	X					ORBCOMM ei ole varsinainen paikannusjärjestelmä, pääasiallinen käyttötarkoitus on lyhytsanomien välitys. Virhe lienee jopa kymmeniä kilometrejä. Todennäköisyys ei tiedossa.	100 %
PAR	Lentokentät ja tukikohdat		X		X	Etäisyys	- Etäisyys 1 % etäisyydestä tai 120 jalkaa (≈ 37 m) - Suunta 0,4 % etäisyydestä +/- 20 jalkaa (≈ 6 m) - Korkeus 0,3 % etäisyydestä +/- 20 jalkaa (≈ 6 m) 98 %	30 %
RFID	Paikallisesti tarpeen mukaan	X					Arviolta 1-3 m Arviolta 95 %	RFID-piirien ulottuvilla aina

Järjestelmä	Toiminta-alue Suomessa	Paikannustiedot					Paikannustiedon tarkkuus ja sen saavuttamisen todennäköisyys	Saavutettavuus Suomessa (%-osuus vuorokaudesta)
		Sijainti	Korkeus	Nopeus	Suunta	Aika		
RTK-GPS	Koko maa. Yhdellä sessiolla kantama < 10 km (taajuudella 430,150 MHz). GSM – verkkoa käyttämällä n. 30 km.						RTK-viesti 1 – 10 cm 95 %	99 %, jos ei paikallisia katveja
TILS	TILS-lähettimein varustetut tukikohdat		X		X		Max 0,2 ^o poikkeama suunta- ja korkeusliukupoluita. Laittevalmistajan spesifikaation mukaan. 98 %	30 %
Transponder	Lähes koko Suomi. Rajoittavana tekijänä maaston pinnanmuodot.	X	X	X	X		Mittausalue n. 200 merimailia (370 km).Teoreettinen mittaustarkkuus (tutkasidonnainen) äärialueella on n. 3500 m, mikä todennetaan käyttöönoton yhteydessä erillisin lentomittauksin. Yleinen havaintotodennäköisyys SSR-tyyppisellä tutkalla on yli 97%.	100 %
Tutkamajakka (Racon)	Meriväylät				X		Etäisyys Racon antaa tutkan kuvapinnalle hyvin tunnistettavan tutkamaalin, jonka etäisyys ja suunta aluksesta tunnetaan. Vastaussignaalin viive vaihtelee ja on suurimmillaan luokkaa 0,5µs, mikä vastaa noin 150 m etäisyyttä. Suunnan tarkkuus on luokkaa 0,3 astetta	Racon on hyvin luotettava ja toimintavarma. Mikäli tutkan asetukset ovat oikein, eikä sää aseta esteitä, se näkyy käytännössä aina.
UMTS	Matkapuhelinverkon peittoalue	X	X		X	X	(Sijainti ja suunta karkealla tarkkuudella. Korkeus mahdollisesti pilvenpiirtäjissä) Cell-ID: sellaisen ympyrän kehä, jonka säteenä on etäisyys tukiasemasta ja kehäviivan leveys on 100 m (pikosolujen tapauksessa koko ympyrä katetaan). IPDL-OTDOA: arvioiden mukaan 150-200 m (kaupunkialue), useita kilometrejä maaseutu ja 2 tukiasemaa). Kaupunkialueella tarkkuus kärsii voimakkaasti radiokanavan aiheuttamista heijastuksista ja peitoista sekä kuuluvuusongelmista. Yläraja saavutetaan melko varmasti, tosin ulkotioloissa riittävä tarkkuus useimpien kaavailtujen kaupallisten palvelujen tarjoamiseen saavutetaan keskimäärin vain kaupunkialueilla.	100 % matkapuhelimen peittoalueella
VDF-suuntimo (ilmailu)	Lentoasemat				X		Tutkitusti 1-2 astetta. 95 %	Lennojohtojen aukioloajat
VDF-suuntimo (merenkulku)	Ei käytössä Suomessa. Ruotsin järjestelmässä kantama on 20 merimailia.				X		+/- 6 astetta	Ei käytössä Suomessa.

Järjestelmä	Toiminta-alue Suomessa	Paikannustiedot					Paikannustiedon tarkkuus ja sen saavuttamisen todennäköisyys	Saavutettavuus Suomessa (%-osuus vuorokaudesta)
		Sijainti	Korkeus	Nopeus	Suunta	Aika		
V IRVE	Koko Suomi	X		X		X	Järjestelmä tarjoaa mahdollisuuden seurata päätelaitteita tukiaseman tarkkuudella. Yhden tukiaseman solusäde on 5-15 km, joka muodostaa järjestelmän tämänhetkisen paikannustarkkuuden. Soluihin rekisteröitymisen historiatietoa tarkastelemalla tai GPS-lisälaitteella voidaan saavuttaa parempi tarkkuus. 98 %	100 %
VOR	Koko Suomi				X		Tutkitusti 3 astetta. 95 %	100 %
WLAN	Paikallisesti kysynnän ja tarjonnan mukaan	X					Tutkitusti 2 – 3 metriä, kun päätelaite havaitsee vähintään kolmen WLAN-tukiaseman signaalit. ⁸ Arviolta 66 %.	WLAN-verkon alueella aina kun verkko on toiminnassa.

8 <http://www.research.microsoft.com/~padmanab/papers/infocom2000.pdf>

4.4 Taajuudet

Taulukko 5 Radionavigointijärjestelmien käyttämät taajuudet taajuusjärjestyksessä

Taajuus	Radionavigointijärjestelmä
283,5 – 315 kHz	Merenkulun DGPS
315 – 435 kHz	NDB
75 MHz	ILS
87,6 – 103,6 MHz	FOKUS DGPS
108 – 112 MHz	ILS
111,975 – 117,975 MHz	VOR
118,000 – 136,975 MHz	VDF-suuntimo (ilmailu)
121,5 MHz	COSPAS / SARSAT
137,000 – 138,000 MHz	ORBCOMM
148,000 – 150,050 MHz	ORBCOMM
155 – 162 MHz	VDF-suuntimo (merenkulku, Ruotsin järjestelmän taajuus)
161,975 MHz	AIS
162,025 MHz	AIS
243 MHz	COSPAS / SARSAT
329 – 335 MHz	ILS
380 – 386 MHz	VIRVE
390 – 396 MHz	VIRVE
401,570 – 401,700 MHz	ARGOS
406 – 406,1 MHz	COSPAS / SARSAT
430,150 MHz	RTK-GPS
~ 468 MHz	ARGOS (suunnitteilla)
865 – 868 MHz	RFID (suunnitteilla)
880 – 915 MHz	GSM
925 – 960 MHz	GSM
962 – 1213 MHz	DME
1030 MHz	Transponder
1090 MHz	Transponder
1164 – 1215 MHz	Galileo (ei vielä virallinen)
1227,6 MHz	GPS

Taajuus	Radionavigointijärjestelmä
1240 – 1260 MHz	GLONASS
1260 – 1300 MHz	Galileo (ei vielä virallinen)
1554,5 MHz	COSPAS / SARSAT
1575,42 MHz	GPS
1559 – 1610 MHz	EGNOS, Galileo (ei vielä virallinen), GLONASS
1710 – 1785 MHz	GSM
1805 – 1880 MHz	GSM
1920 MHz – 1980 MHz	UMTS
2110 MHz – 2170 MHz	UMTS
2400 – 2483,5 MHz	Bluetooth, WLAN (IEEE 802.11b)
2446 – 2454 MHz	RFID
2900 – 3100 MHz	Tutkamajakka (Racon)
5010 – 5030 MHz	Galileo (ei vielä virallinen)
5030 – 5150 MHz	MLS
5150 – 5350 MHz	WLAN (HiperLAN, sisällä)
5470 – 5725 MHz	WLAN (HiperLAN, ulkona)
~ 9000 MHz	PAR
9300 – 9500 MHz	Tutkamajakka (Racon)
14 GHz	EGNOS
~ 15 GHz	TILS

Taulukko 6 Radionavigointijärjestelmien käyttämät taajuudet järjestelmittäin

Järjestelmä	Järjestelmän käyttämät taajuudet
AIS	AIS 1: 161,975 MHz, AIS 2: 162,025 MHz
ARGOS	Uplink 401,570 – 401,700 MHz Downlink ~468 MHz (suunnitteilla)
Bluetooth (BT)	2400-2483,5 MHz
COSPAS / SARSAT	Hätäpoijut 121,5, 243 ja 406 – 406,1 MHz Satelliittimaa-asema 1544,5 MHz
DME	962 – 1213 MHz
EGNOS	Satelliitista maahan: 1559 – 1610 MHz Maasta satelliittiin: 14 GHz Artemis-satelliittiin ⁹ , ? AOR-E- ja IOR-satelliitteihin
FOKUS DGPS	87,6 – 103,6 MHz (Radio Suomi)
Galileo	Taajuudet eivät ole vielä virallisia. Satelliitista maahan: ¹⁰ 1164 – 1215 MHz, 1260 – 1300 MHz. 1559 – 1610 MHz Maasta satelliittiin: 5010 – 5030 MHz
GLONASS	L1: 1559 – 1610 MHz, L2: 1240 – 1260 MHz
GPS	L1: 1575,42 MHz. L2: 1227,6 MHz
GSM	Uplink: 880 – 915 MHz tai 1710 – 1785 MHz Downlink: 925 – 960 MHz tai 1805 – 1880 MHz
ILS	75 MHz, 108 – 112 MHz ja 329 – 335 MHz
Merenkulun DGPS	283.5 - 315 kHz
MLS	5030 – 5150 MHz
NDB	315 – 435 kHz
ORBCOMM	Uplink 148,000 – 150,050 MHz Downlink 137,000 – 138,000 MHz

⁹ http://www.esa.int/export/esaSA/ESALSUPZ9NC_telecom_0.html

¹⁰ <http://www.galileo-pgm.org/indexdrsr.htm>

Järjestelmä	Järjestelmän käyttämät taajuudet
PAR	~ 9 GHz
RFID	Suurtehoiset: <p>Käytettävissä: 2446 – 2454 MHz Suunnitteilla: 865 – 868 MHz</p> Pientehoiset monilla taajuuskaistoilla
RTK-GPS	430,150 MHz ja GSM-taajuudet
TILS	~ 15 GHz
Transponder	Tutka-asemat 1030 MHz Transponderit 1090 MHz
Tutkamajakka (Racon)	2900 – 3100 MHz (S-kaista) ja 9300 – 9500 MHz (X-kaista)
UMTS	Uplink: 2110 MHz – 2170 MHz Downlink: 1920 MHz – 1980 MHz Kaistanleveys / kanava on 3,84 MHz
VDF-suuntimo (ilmailu)	118,000 – 136,975 MHz
VDF-suuntimo (merenkulku, Ruotsin järjestelmän taajuus)	155 – 162 MHz
VIRVE	380 – 386 MHz ja 390 – 396 MHz
VOR	111,975 – 117,975 MHz
WLAN ¹¹	WLAN (IEEE 802.11b) 2400 – 2483,5 MHz HiperLAN 5150 – 5350 MHz (sisällä), 5470 – 5725 MHz (ulkona)

¹¹ <http://www.ficora.fi/suomi/radio/tsohjelmia230402.htm>

5 Järjestelmien käyttäjien tarpeet ja tulevaisuuden toiveet

5.1 Yleistä

Tässä kappaleessa kuvataan käyttäjien tarpeita ja vaatimuksia. Käsitellyt käyttäjäryhmät ovat: merenkulku, maaliikenne, ilmaliikenne, henkilökohtainen navigointi ja hätäviranomaiset.

Pääkäyttöalueet ovat:

- Ilmassa: reittilento, lähestyttäessä kohdetta, laskeutuminen
- Merellä: avomeri, lähellä rannikkoa (saaristoalueet), satama-alue
- Maalla: tieliikenne, rautatieliikenne, joukkoliikenne, yksilöliikenne, tavaraliikenne

Pääsääntöisesti perusvaatimukset radionavigoinnille ovat:

- Kokonaisvaltainen peitto tai vähintään kiinnostusalueen (kuten pääkaupunkiseutu) peitto
- Tarkkuus
- Käytettävyys 24 / 7 / 365
- Varmuus, turvallisuus (integriteetti)
- Riippumaton ajasta, paikasta, ilmasta, vuoden ajasta tai muista ympäristötekijöistä
- Käyttäjäturvallinen ja luotettava

Eri käyttäjäryhmillä on erilaisia painotuksia vaatimuksien, kuten tarkkuuden suhteen. Yhdellä ja samalla käyttäjällä voi olla erilaisia vaatimuksia tarkkuuteen eri tilanteissa ja alueilla. Tarkkuusvaatimukset vaihtelevat normaalisti muutamasta metrillä kymmeneen kilometriin.

5.2 Merenkulku

5.2.1 Yleistä¹²

Merenkulussa käytetään radionavigointijärjestelmiä (ei tutkia) niin avomerellä, jossa tarkkuus 10-1000 m:n on usein riittävä, kuin myös saaristossa. Saaristo-olosuhteissa on nykyään tarkat paikannusjärjestelmät käytettävissä.

DGPS-palvelu on tarkoitettu merenkulkijoille, joten se on rakennettu peittämään vain rannikkoalueet ja Saimaa. Tarkkuus on käytännössä 1-2 m, vaikka juridisista syistä taataan vain 10 m. Pelkän GPS-lähetyksen antama tarkkuus on 10 metrin luokkaa.

Merenkululaitoksen DGPS-palvelu vaatii erityisen linkkivastaanottimen. Joissakin merkeissä GPS- ja tämä DGPS-vastaanotin on rakennettu samoihin kuoriin. Eräissä malleissa myös antennit on yhdistetty yhteisen antennisuojakuoren sisään.

Tavoitteena on kaksinkertainen peitto ainakin tärkeimpien väylien osalta, jotta IMO:n tavoite, 99,8% :n saatavuus kuukauden jaksolta olisi mahdollinen saavuttaa. Osin tavoite on jo saavutettu. Myös sisävesien väylät tarvitsisivat kaksinkertaisen peiton. Se ei kuitenkaan tule olemaan mahdollista kuin vasta 4-7 vuoden tähtämellä.

Taulukko 7 Suomen ja lähialueiden DGPS-asetat

Asema	Aseman ID	Sijainti Lat/Long	Taajuus / kHz	Nopeus bittiä/s
SUOMI				
Porkkala	400	59N58 24E23	293,5	100
Mäntyluoto	401	61N36 21E28	287,5	100
Puumala	402	61N24 28E14	290,0	100
Outokumpu	403	62N41 29E01	304,5	100
Turku	404	60N26 22E13	301,5	100
Marjaniemi	405	65N02 24E34	314,5	100
Klamila	406	60N30 27E26	287,0	100
RUOTSI				
Bjuröklubb	461	64N29 21E35	311,5	100
Järnäs	462	63N29 19E39	289,0	100
Skutskär	463	60N37 17E26	299,5	100
Kapellskär	464	59N43 19E04	307,5	100
Hoburg	465	56N55 18E09	297,5	100
Nynäshamn	468	58N56 17E57	298,0	100
VIRO				
Ristna	530	58N56 22E04	307,0	100
Narva	531	59N30 28E06	295,5	100
VENÄJÄ				
Shepelevkiy	002	59N59 29E09	298,5	

¹² <http://www.fma.fi>

5.2.2 Vaatimukset

Vaatimus, jossa pääosin viitataan IMO:n päätökseen A185 käsittää yksittäisiä navigointijärjestelmiä, mutta myös yksittäisten navigointijärjestelmien yhdistelmiä. Kaikkia järjestelmiä pitää pystyä käyttämään rajattomalla määrällä aluksia. Aluksille, joiden nopeus on yli 30 solmua, korkeammat vaatimukset voi olla tarpeellista.

Navigointi satamaan tullessa, niiden lähialuilla ja muissa rajoitetuissa olosuhteissa, kuten väylät ja karikkoiset alueet sekä mm. kalastus ja troolaus ja käyttö sumussa tai kun näkyvyys on huono:

- Poikkeama paikanannossa ei saa olla yli 10m (95%).
- Järjestelmäpeiton pitää kattaa paikanmääritys koko ajan.
- Päivitysnopeus pitää olla korkeampi kuin joka toinen sekunti.
- Kun järjestelmä on käytössä, pitää virhetodennäköisyyden olla pienempi kuin 0.03% jokaisella kolmen tunnin intervallilla.

Navigoitaessa muissa vesissä pitää järjestelmän antaa parempi tarkkuus kuin mitä annetaan IMO:n päätöksessä A529, ts. 14 % :n etäisyys vaarasta, kuitenkin enintään 4 merimailia.

Merimittauksessa ja –etsinnässä vaaditaan tarkkuutta 0,5-5 m (95%).

Käytettävyys: Merkkikäytettävyys pitää olla suurempi kuin 99,8% laskettuna vuositasona.

Yhtenäisyys: Järjestelmän virhevaroitusta pitää ilmoittaa 10 sekunnissa käyttäjälle.

5.3 Maaliikenne

5.3.1 Tieliikenne¹³

Tieliikenteen käyttäjät voidaan jakaa neljään pääryhmään:

- Yksilöliikenne
 - Moottoripyörät
 - Autot
 - Taksit
- Tavaraliikenne
 - Paikalliset kuljetukset
 - Turvallisuuskuljetukset
 - Pitkän matkan rekat
- Joukkoliikenne
 - Bussit ja linja-autot

¹³ Booz-Allen & Hamilton S.A ERNP-raportti (European radionavigation plan)

- Raitiovaunut
- Metrot
- Julkiset palvelut:
 - Julkiset kuljetukset (posti, vesi, kaasu ja sähkö)
 - Hätäkuljetukset (poliisi, palokunta ja ambulanssi)

Vaatimukset tieliikenteen sovelluksille voidaan periaatteessa kuvata seuraavilla muuttujilla:

- Tieto
- Tarkkuus
- Käytettävyys
- Turvallisuus
- Kattavuus
- Päivityksen nopeus

Kaikissa tieliikenteen sovellutuksissa tiedon pitää olla 2-ulotteista.

5.3.1.1 Yksilöliikenne¹⁴

Autoliiton tiepalvelutoiminnot ovat jaettu kahteen perusosaan:

1. Ammattimaisesti hoidetut palvelut, joka käsittävät 24 tuntia päivystävän AL-Turvan, eri automerkkien assistance-palvelut, sekä erilaiset ulkomaalaisten autoilijoiden auttamispalvelut. Avustustehtävä suoritetaan tiepalvelun ja lukuisten eri yrittäjien toimesta. Liikkuvia yksiköitä ovat tiepalvelun lisäksi mm. hinausautot ja taksit. Toiminta kattaa koko valtakunnan.

2. Vapaaehtoinen tiepalvelu päivystää viikonloppuisin ja juhlapyhinä. Toimintaa on maan eri puolilla jossain määrin myös viikolla. Tiepalvelu kuuluu osana Vapaaehtoiseen pelastuspalveluun, joka on ennalta sovittua viranomaisyhteistyötä ja jossa on sovittu jatkuva 24 tunnin lähtövalmius. Vapaaehtoinen tiepalvelu muodostuu tiepalvelupartioista, joita on lähes 300. Toiminta kattaa koko valtakunnan.

Paikannuskokeilut ja nykyinen käyttö

Autoliitto on mukana liikkuvien ajoneuvojen paikantamiskokeiluissa. Yhteistyötä on tehty mm. Tiehallinnon, Tieliikennelaitoksen, Soneran ja E18-projektin kanssa.

Nykyisin käytetään pienessä mittakaavassa GPS-paikannusta. Pohjana WGS84-järjestelmän kartasotot GT-reittikartta / Genimap ja pelastuspalvelukartta ja jossain määrin GSM-järjestelmän solun tunnistukseen perustuvaa paikannusta. Eri valmistajien järjestelmiä on kokeiltu vähäisessä määrin.

¹⁴ <http://www.autoliitto.fi>, L. Lindroos, AL-Palvelut Oy

Yleisvaatimukset ja tarkkuus

Avustavan partion tulee löytää autettava yleisillä teillä 1- 2 km:n matkalta ja kaupungissa 100 - 200 metrin matkalta. Sivuteille harhautuneet tulee paikantaa mielellään tätäkin tarkemmin. Pelastuspalvelutehtävien autoetsinnässä riittää vastaava tarkkuus.

GPS näyttää riittävän melko hyvin liikenteessä, kunhan sähköiset kartastot saadaan riittävän kattaviksi. Tilanne, jossa autettavan lähettämä sijaintipaikkatunniste näkyy sähköisellä kattavalla kartalla ja operaattorista riippumatta, on tiepalvelun kannalta ihanteellinen.

Tulevaisuuden odotukset

Jatkossa järjestelmän tulee olla viranomaisten kanssa yhteiskäyttöön soveltuva. Sen tulee olla 24 tuntia käytävissä koko maan alueella, kaikissa sääolosuhteissa, vakaana ja häiriöttömänä. Järjestelmä ei saa kaatua poikkeusolojenkaan aikana.

Epävarmuus tulevaisuuden järjestelmistä (esim. WGS / Gobal) ja käytettävistä karttapohjista on voitava ratkaista ennen hankintasuunnitelmia. Tulevan järjestelmän tulee soveltua käyttöön tiellä ja maastossa.

5.3.1.2 Tavaraliikenne

Metsäliitolla ja metsäyhtiöillä, kuten UPM-Kymmenellä ja Stora-Ensolla, on ollut käytössä jo vuodesta 1996 GPS satelliittipaikannustekniikka.

Tarkoituksena on paikantaa puutavaravarastot sekä puutavaran toimitukset. Autoissa on PC:t, joissa on karttaohjelma, joka tukee GPS:ää, jonka tarkkuus on 10 m.

Käytettävyys: 24 / 7 / 365.

Peitto: koko maan kattava, etenkin haja-asutusalueilla.

5.3.1.3 Joukkoliikenne

Helsingin liikennelaitoksella on nk. HeLMi-järjestelmä, jolla toisaalta annetaan reaaliaikaista tietoa matkustajille kulkuneuvojen sisällä ja erällä pysäkeillä (tällä hetkellä 15 pysäkkiä) odottaville. Toisaalta järjestelmällä annetaan liikennevalokojeille radioilmaus kulkuneuvon lähestymisestä sekä kuittausilmoitus risteyksen ohituksesta, jotta valo-ohjatussa risteyksessä on mahdollista antaa tiettyin edellytyksin prioriteetti joukkoliikennevälineelle. Kulkuvälineistä järjestelmällä on varustettu 80 raitiovaunua ja 31 bussia.

HKL-Raitioliikenneyksiköllä ja HKL-Bussiliikenteellä on uusi yhteinen "pintaliikenteen radiojärjestelmä" OHJA-sovellus, jossa on myös radionavigointi mukana. Pintaliikenne tarkoittaa maan päällä liikkuvia liikennevälineitä, kuten raitiovaunut ja bussit. Pintaliikennejärjestelmä käyttää

TETRA -kommunikaatiotekniikkaa. OHJA-sovellusta käytetään HKL:n kahdeksassa ohjauspai-
kassa, jotka sijaitsevat eri puolilla Helsinkiä. Ohjauspaikoista käsin hallitaan raitiovaunu- ja
liikennetietojen hallintaa. OHJA-sovellusta käytetään myös 24 tuntia vuorokaudessa Sase-sovelluksella hallin-
noin 110 raitiovaunua ja lähes 400 paikallisliikenteen linja-autoa.

Eri tyyppisten yksilö-, ryhmä- ja hätäpuheluiden, lyhytsanoma- ja statusviestien hallinnan ja oh-
jaamisen lisäksi OHJA-sovellus mahdollistaa ns. diagnostiikkaviestien välittämisen ja tulevaisuu-
dessa myös laajemman telemetrian hyväksikäytön.

Yleiset vaatimukset:

- Kiinnostusalueen (Pääkaupunkiseutu) peitto ja 24 h käytettävyys.
- Ehdottomasti riippumaton ajasta, vuodenaikasta, ilmasta tms.
- Tarkka, turvallinen, luotettava ja käyttäjäystävällinen.

Käyttövaatimukset:

- Satelliittipaikannuksen tarkkuus: 10 metriä
- Tarkkuusmatkamittarin tarkkuus: 0,5 metriä
- Saavutettavuus: 24h/vrk
- Luotettavuus: 100 %
- Käytettävyys: 100 %
- Käyttöikä: pitkä (yli 10 vuotta)

Kehittämistoive: Satelliittipaikannus saisi olla tarkempikin kuin 10 m.

5.3.2 Rautatieliikenne¹⁵

Radionavigointia voitaisiin käyttää osana seuraavan sukupolven paikantamista tai junavalvonnassa. EU on aloittanut pikajunien harmonisointiprosessin nimeltään European Train Control System, ETCS. Yksittäiset rautatieyhtiöt ovat rautateiden radionavigointijärjestelmien vaatimusten takana. Pääsääntöisesti rautatieyhtiöt operoivat kansallisesti, mutta vähitellen markkinoiden avauduttua liikenne ulottuu eri maiden alueille. Siksi tarvitaan taajuuksien harmonisointia paikannusjärjestel-
mien yhteensopivuuden takaamiseksi.¹⁶

Matkustajatieto- ja tietohallintojärjestelmiä, jotka eivät ole turvakriittisiä, voidaan jo toimittaa satelliittijärjestelmien kautta. Joitakin GPS-järjestelmiä on jo käytössä.

¹⁵ <http://www.rhk.fi/>

¹⁶ Booz-Allen & Hamilton S.A ERNP-raportti (European radionavigation plan)

Hallintojärjestelmät tulevat olemaan tärkeitä, koska niiden avulla voidaan määritellä ja kohdentaa junaviasta aiheutuneet kulut ja vaikutukset. Lisäksi ne tarjoavat tietoa, kuinka vian vaikutukset voidaan minimoida.

Rahtikonttien seuranta satelliittijärjestelmän avulla soveltuu niin rautatieliikenteeseen kuin muihinkin kuljetustapoihin

Taulukko 8 Vaatimukset junan paikantamiseen¹⁷

Toiminto	Vaadittu paikantamistarkkuus / m	Käytettävyys	Turvallisuus (Integriteetti)	Yhteentoimivuuden vaatima jatkuvuus rajan ylittävälle tiedolle
Junan paikannus – riippumaton sääolosuhteista	7 (pääasemat) 20 (taajamalinjat) 50 (haja-asutuslinjat)	>99.9%	Turvamekanismi	Oleellinen
Erotuttava raiteiden välissä	1	>99.9%	Turvamekanismi	Oleellinen
Ilman kuljettajaa olevat junat – pysähdyttäessä asemille	0.1	>99.9%	Täysin luotettava	Oleellinen
Ilman kuljettajaa olevat junat – asemien välillä	~10	>99.9%	Turvamekanismi	Oleellinen
Puomien toiminta – tasoylikäyttävillä	Kts. Junan paikannus	>99.9%	Turvamekanismi	Oleellinen
Rikkoutuneen junan havainto ja suojaus	Kts. Junan paikannus, junan takaosa pitää olla 10-30 m etäisyydellä veturista	>99.9%	Turvamekanismi	Oleellinen
Matkustajatietojärjestelmät	- 100	Matkustajatoiminnan aikana	Täysin luotettava	Toivottava
Tietohallinnan järjestelmät	- 100		Täysin luotettava	Toivottava

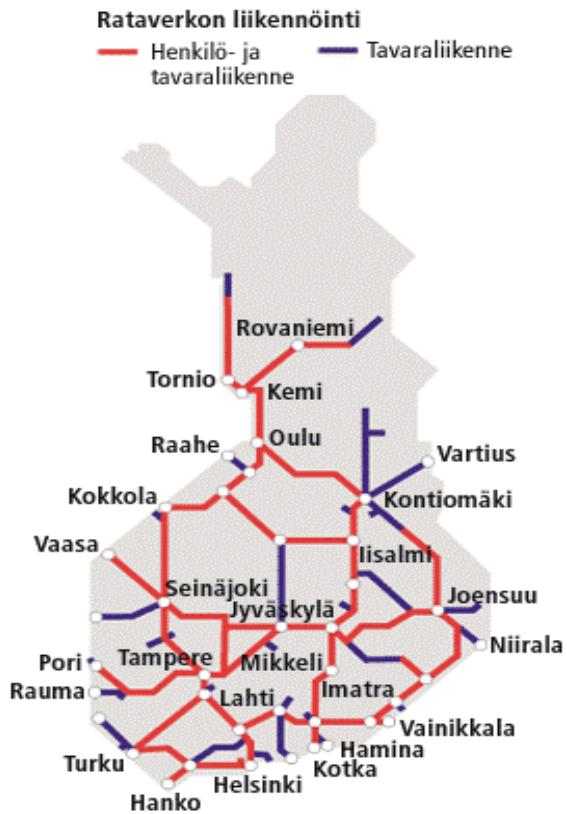
Rautateillä ei käytetä radionavigointia junien kauko-ohjukseen eikä junaturvallisuuden valvontaan. Junien paikannusjärjestelmät perustuvat tällä hetkellä raidevirtapiireihin ja akselilaskentaan. Suunnitteillakaan ei ole radionavigoinnin hyväksikäyttöä, koska ei ole näköpiirissä, että sillä saavutettaisiin riittävä tarkkuus erottamaan esimerkiksi vierekkäisillä raiteilla kulkevat junat.¹⁸

Koko henkilöliikenteen rataverkko ja tärkeimmät tavaraliikenteen radat on tarkoitus saada kulunvalvonnan piiriin vuoden 2005 loppuun mennessä. Kulunvalvontaa on otettu käyttöön vuodesta 1995 alkaen. Kulunvalvonnalla varmistetaan junan kullakin hetkellä sallitun suurimman nopeuden

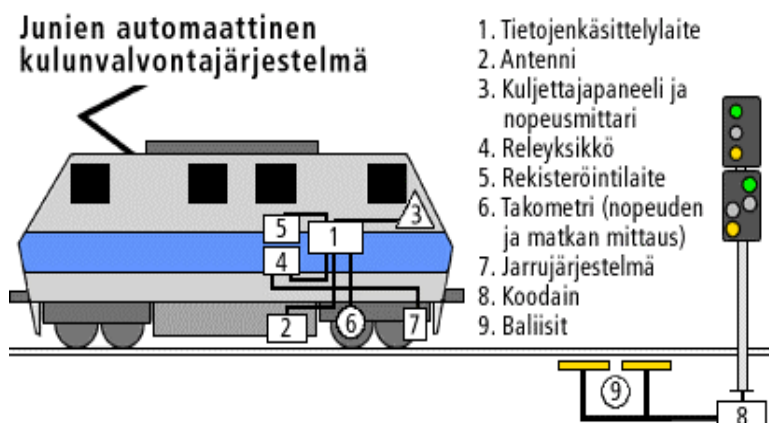
¹⁷ Booz-Allen Hamilton S.A. ERNP (European radionavigation plan)

¹⁸ J-M.Villpo, Ratahallintokeskus, <http://www.rhk.fi>

sekä junan kulkuun vaikuttavien opasteiden ja merkkien noudattaminen. Jos juna ylittää sallitun nopeuden, laitteisto jarruttaa automaattisesti.



Kuva 1 Rataverkon henkilö- ja tavaraliikenne



Kuva 2 Junien kulunvalvontajärjestelmä

5.4 Ilmailu

Lentonavigoinnin käyttö kontrolloidussa ja kontrolloimattomassa ilmatilassa sekä lentokentillä jakaantuu kolmeen osaan; reitti/pääteasema, lähestyminen/laskeutuminen/lähtö ja rullaaminen.¹⁹

Reitti/pääteasema

- merireitti
- mannerreitti
- pääteasema

Lähestyminen/laskeutuminen

- ei-tarkka (non-precision) lähestyminen
- täsmä-/tarkkuuslähestyminen

Rullaaminen

Vaatimukset

Ilmailun käyttäjävaatimukset voidaan jakaa kolmeen erilliseen alueeseen:

- vaatimukset järjestelmän toimintakyvylle mukaan lukien ilmakuljetus sekä maa- ja satelliittikomponentit
- vaatimukset radionavigoinnin infrastruktuurille
- vaatimukset kannattavuuden optimoinnille

Ilmailussa vaaditaan 4-uloitteista navigointialustaa (X,Y,Z ja aika). Lisääntynyt käyttö tarkan ajan paikantamiseksi voi dramaattisesti parantaa tilannetietoisuutta ja siten parantaa turvallisuutta.

Reittilennon navigointiin käytetään seuraavia järjestelmiä: VOR, VOR/DME, DME/DME, GPS ja NDB. Laskeutumiseen käytetään ILS, VOR, DME, ja NDB²⁰

¹⁹ Booz-Allen & Hamilton S.A ERNP-raportti (European radionavigation plan)

²⁰ Radionavigeringsnämnden. Sjöfartsverket. Radionavigeringsplan för Sverige år 2000. Sverige 2000.
www.sjofartsverket.se/ta-bla-d/pdf/d14/utredningar/rnp2000.pdf

Taulukko 9 Vaadittavat näkyvyysarvot tarkkuuslähestymisessä lentokentälle luokittain²¹

Luokka	I	II	III A	III B	III C
Minimivaatimus	60 m	30 m	30-0 m	15-0 m	0 m
Minimivaatimus RVR (Runway Visual Range) ts. erityisellä tavalla horisontaalisesti mitattu	550 m	200 m	200 m	200-50 m	0 m

Taulukko 10 Tarkkuusvaatimukset täsmä-/tarkkuuslaskeutumisasuvälineillä. Täsmä-/tarkkuuslaskeutumisissa käytetään ILS:ää

Luokka	I	II	III
Horisontaalinen tarkkuus laskeuduttaessa	± 10,5 m	± 7,5 m	± 3 m
Vertikaalinen tarkkuus laskeuduttaessa	n. 1 m	n. 1 m	n. 1 m

Ei-tarkkuuslähestymisessä näkyvyysvaatimukset ovat huomattavasti isompia ja riippuvaisia lentokentän maasto-olosuhteista. Ei-tarkkuuslaskeutumisessa käytetään ILS:ää ilman liukukaistalähetinjää. VOR tai NDB/locator. Näiden järjestelmien tarkkuusvaatimukset ovat alla olevassa taulukossa.

Taulukko 11 Ei-tarkkuuslaskeutumisen tarkkuusvaatimukset²²

Järjestelmä	Tarkkuus
ILS LLZ (ainoastaan paikantaja)	± 10,5 m
VOR	± 3 °
NDB	± 3 °

²¹ Radionavigeringsnämnden. Sjöfartsverket. Radionavigeringsplan för Sverige år 2000. Sverige 2000. www.sjofartsverket.se/ta-bla-d/pdf/d14/utredningar/rnp2000.pdf

²² Radionavigeringsplan för Sverige år 2000.

5.5 Henkilökohtainen navigointi

5.5.1 Yleistä

Henkilökohtainen navigointi kattaa eri liikkumismuotoja ja erityisesti kevyen liikenteen muodot sekä muun liikkumisen maastossa, kaupungissa jne.

Henkilökohtaisen navigoinnin keskeiset toiminnot ovat:

- Paikantaminen
- Tiedon hankkiminen
- Opastus kohteeseen
- Opastus reitin varrella
- Opastus kohteessa
- Sijaintitiedon välittäminen muille osapuolille

Navigointilaitte ja -palvelu ovat ennen kaikkea opastusjärjestelmiä, mutta myös tiedonhaun ja päätöksenteon tukijärjestelmiä. Käytännön tarpeet vaihtelevat suuresti tilanteiden ja käyttäjien mukaan.

Paikantamisen ja navigoinnin hyöty on ilmeisimmin turvallisuutta ja sujuvampaa liikkumista – etenkin vieraassa ympäristössä. Henkilökohtaisella navigoinnilla saadaan lisäksi apua arkisiin tilanteisiin, harrastuksiin, työtehtäviin ja sosiaaliseen kanssakäymiseen.

5.5.2 Vaatimukset

Henkilökohtaisessa navigoinnissa on erityisvaatimuksena laitteiden ja palvelujen helppokäyttöisyys. Haasteena on palvelun lyhyt aikaikkuna, jossa viesti on kyettävä sekä siirtämään käyttäjän päätelaitteeseen että välittämään rajoittuneen käyttöliittymän kautta ymmärrettävässä muodossa. Matkapuhelinpaikannuksen tarjoama muutaman sadan metrin tarkkuus kaupungeissa ja muutaman kilometrin tarkkuus maaseudulla on moniin tiedonhakupalveluihin riittävä. Yleisesti voidaan sanoa, että GPS:n tarjoama n. 10 m on riittävä, mutta GPS:n heikko toimivuus kaupunki- ja sisätiloissa ongelma. Huomioitavaa on esim. näkövammaisten opastuksessa tarkkuusvaatimus on suuri eli noin 1 m.

Koordinaattitietojen sijasta tulee esittää käyttäjälle yleisesti sijainti joko karttamuodossa tai osoitteena tai etäisyyksinä tunnettuihin paikkoihin.

- Paikannuksen tarkkuus, nopeus ja toimivuus erilaisissa olosuhteissa (mm. graafinen tarkkuus)
- Tietoturvan ja tietosuojan, kuten tunnistuksen ja salauksen aukottomuus
- Paikkansapitävyys, skaalautuminen, tilanteen ja päätelaitteen mukaan

- Koko; taskukokoinen, mahdollisimman pieni, helppokäyttöinen
- Kulutusta, iskuja ja putoamista kestävä
- Sää-, ilmasto- ja lämpöolosuhteita kestävä
- Helposti tunnistettavissa, löydettävissä ja vaikeasti varastettavissa
- Muunnettavuus (maasto, sisätilat, arki, juhla yms.)
- Ergonominen toteutus eri aistien(näkö, kuulo, tunto, maku) ja käyttäjän ulottuvuuksien suhteen
- Käytettävyys: pimeässä, näkemättä, käyttö yhdellä kädellä
- Paikannuksen nopea käynnistys
- Käytettävyys hätätilanteissa tai kiireessä
- Sijainnin välittäminen erityisesti hätätilanteen yhteydessä
- Seurannan salliminen ja kieltäminen
- Kellotoiminnot, aikavyöhykkeen hallinta

5.6 Hätäviranomaiset²³

5.6.1 Yleistä

Lakiin perustuen hätäpuheluiden yhteydessä kyseisen kiinteän verkon puhelimen tilaajatiedot siirretään automaattisesti hätäkeskusjärjestelmään. Euroopan komission alustavien suunnitelmien mukaan matkaviestimien sijaintitietojen tulisi olla hätäpalveluiden käytettävissä viimeistään 1.1.2003. Häädässä olevien paikantaminen nopeasti. Auttajien paikantaminen ja perille ohjaaminen.

5.6.2 Vaatimukset

- Koko valtakunnan kattava verkko
 - Toiminto pitää olla mahdollisimman kattava.
 - Ympärivuorokautinen ja jatkuva käytettävyys läpi vuoden
 - Järjestelmän pitää olla riippumaton ajasta, vuoden ajasta, säästä tai muista ympäristötekijöistä
- Tarkkuus: Vähintään tukiaseman tarkkuudella. Tekniikan salliessa sitä parempi mitä tarkempi. Vähimmäisvaatimus 10-30 m.

Saatavuus: Palvelun tulee olla käytettävissä siellä missä päätelaitteita on.

Luotettavuus: 95%

Käytettävyys: Käytettävyyden pitää olla sama tasoa kuin yleisten televerkkojenkin (99 %).

²³ <http://www.intermin.fi/>

6 Suomalaiset laitevalmistajat

6.1 GPS-piirit ja –moduulit

6.1.1 *μNav Microelectronics*

μNav on integroituihin radiotaajuus- (RF) ja digitaalisen signaalinkäsittelyn (DSP) piireihin sekä niihin liittyviin ohjelmistoihin erikoistunut yritys.

μNavin pääkonttori on Kaliforniassa. Tampereella sijaitseva tytäryhtiö μNav Microelectronics Finland Oy on vastuussa tuotekehityksestä.

μNavin ensimmäinen tuote on GPS-piirisarja, joka koostuu uN8021 CMOS RF-vastaanottimesta ja 16-bittisestä uN8031-vastaanotinprosessorista. Hyväksytyt asiakkaat voivat saada käyttöönsä myös arviointi- ja sovelluskehitystyökalut. Piirisarjaa toimitetaan muun muassa Fastraxille GPS-moduuleita varten.

6.1.2 *Fastrax*

6.1.2.1 Yritys

Fastrax on vuonna 1999 perustettu yritys, joka tarjoaa GPS-vastaanottiin liittyvää konsultointia, ohjelmistoja ja laitteita. Fastraxin omistavat työntekijät, riskirahoittajat ja Suunto. Syyskuussa 2001 Fastrax keräsi 6 miljoonaa euroa toisella rahoituskerroksella.

Fastrax kehittää GPS-vastaanottimia kannettaviin laitteisiin, kuten matkapuhelimiin, urheiluinstrumentteihin ja kannettaviin tietokoneisiin. Tuotteet on suunnattu suuren volyymin kuluttajamarkkinoille. Fastrax panostaa tuotekehityksessä erityisesti pieneen kokoon ja alhaiseen virrankulutukseen. Sisänavigointiominaisuus on tällä hetkellä kehityksen alla, kehityksessä on yhteistyökumppanina suomalainen avaruusohjelmistoyritys Space Systems Finland. Sisätilanavigointi tulee käyttämään AGPS- tai pseudoliittiteknologiaa.²⁴

Fastraxin visio on, että GPS:stä tulee koko kansa tuote.

6.1.2.2 Tuotteet

iTrack-tuotteita ovat muun muassa:

²⁴ <http://www.fastrax.fi/pdfs/fastraxov.pdf>

- iTrax02 GSP-vastaanotinmoduuli
- Arviointiympäristö iTrax02:n suorituskyvyn arvioimiseen
- iSuite GPS-sovelluskehitystyökalu

iTrax02 on postimerkin kokoinen GPS-moduuli. Se sisältää µNav Microelectronicsin valmistaman GPS-piirisarjan. Eniten tilaa vievä komponentti on kuitenkin muisti. Maaliskuussa 2002 esiteltyn Nokia 9210i Communicator -puhelimeen on saatavissa lisävarusteena GPS, joka sisältää iTrax02 vastaanotinmoduulin. Moduulia tullaan käyttämään myös Fastraxin omistajiin kuuluvan Suunnon rannetietokoneissa. Moduulin hinta on noin 65 euroa pienissä erissä ostettuna. Fastrax odottaa GPS-vastaanottimien hinnan alentuvan dramaattisesti integroinnin asteen kasvaessa.²⁵

Taulukko 12 Fastrax iTrax02 GPS-vastaanotinmoduulin tekniset tiedot²⁶

Koko	26x26x4,7 mm, paino 4 g
Virrankulutus	130 mW ja 2,7 V jatkuvassa tilassa
Järjestelmän antamat paikannustiedot	3D-koordinaatit, 3D-nopeusvektori, kiihtyvyys, matka, aika
Herkkyys	-150 dBm
Kanavia	12 kpl L1 -kaistalla
Käyttöolosuhteet	-40 °C – +85 °C, suhteellinen kosteus 0% - 95 %, max 4G tärinä

6.2 Matkapuhelimet, rannetietokoneet ym.

6.2.1 Suunto

6.2.1.1 Yritys

Suunto on osa Amer-konsernia, joka on maailman johtavia urheiluvälineyhtiöitä. Amerin liiketoiminta perustuu vahvoihin globaaleihin tuotemerkkeihin, kuten Wilson, Atomic ja Suunto. Suunnon pääkonttori ja suurin osa tuotannosta sijaitsee Vantaalla. Suunnon liikevaihto vuonna 2000 oli 70,2 miljoonaa euroa. Työntekijöitä Suunnolla on maailmanlaajuisesti n. 550.

Suunto valmistaa sukellustietokoneita ja -instrumentteja, rannetietokoneita, vene- sekä maasto-kompasseja omalla Suunto-tuotemerkillä.

Suunnon tulevilla rannetietokoneilla käytetään Fastraxin GPS-vastaanotinmoduulia.

²⁵ <http://www.fastrax.fi/pdfs/fastraxov.pdf>

²⁶ Hyvinkin tarkat tekniset tiedot ovat osoitteessa http://www.fastrax.fi/pdfs/evkit/iTRAX_ID.pdf

6.2.1.2 Suunto G9 golfiin

Suunto esitteli tammikuussa 2002 henkilökohtaisen golf-rannetietokoneen, Suunto G9:n. Toimitukset jälleenmyyjille alkavat kesällä 2002.

Suunto G9 -rannetietokoneen avulla pelaajat voivat välittömästi mitata yksittäisten lyöntien etäisyyksiä ja seurata tuloksiaan. Laite myös opastaa mailavalinnoissa. Kaikki lyöntimittaukset sekä kentältä saatu tieto voidaan ladata Suunto G9:stä kotitietokoneelle.

Suunto G9 -rannetietokoneen mukana tulee kannettava laturi ja Golf Manager ohjelmisto-CD, jonka avulla voi siirtää ja tallentaa lokitiedostoja Suunto G9:stä tietokoneelle.

Golfkentän pelattavuustiedot voidaan syöttää Suunto G9:een eri tavoin: golfkentän tietokonejärjestelmän kautta, internetverkon datayhteyksien kautta tai paikan päällä manuaalisesti.

Suunto G9:n lisätoimintoja ovat kello, barometri, lämpömittari, korkeusmittari sekä 3D-digitaalinen kompassi.

6.2.1.3 Suunto M9 purjehdukseen

Suunto esitteli marraskuussa 2001 ja tuo keväällä 2002 markkinoille aktiivipurjehtijoille tarkoitettua Suunto M9-rannetietokoneen.

M9 tarjoaa tilannekohtaista purjehdus- ja navigointitietoa, jotta käyttäjä voi keskittyä paremmin urheiluasuoritukseensa ja tehdä purjehduksessa oikeita päätöksiä. Purjehduksen aikana tallennettu tieto siirretään M9:stä tietokoneelle Suunnon Sail Manager -ohjelmalla, jonka avulla purjehdusta voi analysoida myös jälkikäteen laajan kartaston tukemana. Purjehtijat voivat lisäksi jakaa keräämäänsä tietoa muiden M9-käyttäjien kanssa osoitteessa SuuntoSports.com.

6.2.2 *Benefon*

6.2.2.1 Yritys

Benefon Oyj on vuonna 1988 perustettu Salossa sijaitseva matkapuhelinvalmistaja. Liikevaihto vuonna 2001 oli 47.300 miljoonaa euroa ja kokonaistulos -10 miljoonaa euroa. Vuonna 2002 Benefon tavoittelee merkittävää liikevaihdon kasvua ja tuloksen paranemista ja vuonna 2003 tavoitteissa on hyvä tulos.²⁷

Benefon aikoo kohdentaa liiketoimintaansa yhä enemmän mobiilikontrollimarkkinoille. Nämä markkinat koostuvat esimerkiksi turvallisuuspalvelu- ja terveystuotteista.²⁸ Paikannusmenetelmistä

²⁷ http://saldo.kauppalehti.fi/2002/0111/osakkeet/20020111_oy15Ben.shtml

²⁸ http://saldo.kauppalehti.fi/2001/1123/osakkeet/20011123_oy15Ben.shtml

Benefon tulee panostamaan erityisesti satelliittipaikannukseen. Pienen Benefonin on pakko erikoistua, jotta se pysyisi hengissä suurten puristuksessa.

Benefonin Esc!- ja Track-puhelimet hyödyntävät GPS- ja GSM-paikannusteknologioita. Myös muissa Benefonin puhelimissa, jotka eivät sisällä GPS:ää, on paikannus pyritty ottamaan huomioon enemmän kuin keskivertopuhelimissa.

Benefonilla on alihankkijoina useita GPS-piiritoimittajia ainakin varalla, eräs suomalainen piiri-valmistaja on yksi mahdollisuus.

Benefonin puhelimet tukevat verkkopaikannusta lähettämällä solu- ja mittaustiedot tekstiviestinä laskettavaksi paikannuspalvelimeen. Menetelmällä saadaan etäisyys useaan tukiasemaan ja tarkkuus on tavanomaista solupaikannusta parempi. Sijainnin laskenta edellyttää, että verkon tiedot ovat käytettävissä paikannuspalvelimessa.

6.2.2.2 Esc!

Benefon esitteli lokakuussa 1999 Esc!:n, maailman ensimmäisen GPS-paikannusominaisuuksilla ja karttatoiminnoilla varustetun henkilökohtaisen navigointipuhelimen. Puhelimen toimitukset alkoivat maaliskuussa 2001. Se käyttää Genimapin karttapalveluja.

Esc! yleisiä ominaisuuksia:

- GSM 900/1800 MHz
- 14.4 kbps GSM data ja fax
- GPS- ja GSM-paikannukset
- Paino: 177 g
- Koko: 129 x 49 x 23 mm, tilavuus 138 cm³
- Roiskevevessuojattu
- Näytön tarkkuus 100 x 160 pikseliä

Esc! kartat:

- Karttojen lataus puhelimen karttamuistiin Genimapin Euroopan ja osin muita alueita kattavasta mobiilikarttapalvelusta internet-selaimen sisältävän PC-tietokoneen kautta
- Tiekartat
- Kaupunkikartat
- Maastokartat
- Merikartat

Esc! navigointiominaisuudet:

- Sijaintikoordinaatit
- Nopeus (nykyinen sekä keski- ja huippunopeus)
- Suuntima
- Reittipisteet
- Reitit
- Seurantaloki
- Matkamittari
- Etäisyyden mittaus
- Sijaintitiedon lähetykset ja vastaanotto tekstiviesteinä (MPTP-protokolla)
- GPS-kompassi

6.2.2.3 Track

Track on yrityksille ja organisaatioille suunniteltu telematiikkapuhelin, jossa GSM- ja GPS-toiminnot yhdistyvät laajaan valikoimaan erilaisia MPTP-pohjaisia²⁹ telematiikkatoimintoja.

Track yleisiä ominaisuuksia:

- GSM 900/1800 MHz
- 14.4 kbps GSM data ja fax
- GPS- ja GSM-paikannukset
- Paino: 158 g
- Koko: 129 x 49 x 23 mm (korkeus, leveys, paksuus), tilavuus 132 cm³
- Veden ja iskun kestävä
- Näytössä vaihdettavissa oleva kirjasinkoko, max 5 riviä, tarkkuus 100 x 48 pikseliä

Track GPS-ominaisuuksia:

- 12-kanavainen GPS-vastaanotin
- Kääntyvä GPS-antenni
- Liitin ulkoiselle aktiiviselle antennille
- Ulkoinen NMEA 0183 -liitäntä³⁰

Track navigointiominaisuudet:

- Sijaintikoordinaatit

²⁹ MPTP = Mobile Phone Telematics Protocol

³⁰ NMEA = National Maritime Electronic Association. NMEA-183 on standardisoitu tiedonsiirtoprotokolla sijainti-, nopeus-, kurssi- ym. tietojen siirtoon.

- Nopeus
- Suuntima
- Matkamittari
- Etäisyysmittaus

Telematiikkakomentoja sisältävä Benefonin MPTP-protokolla sisältää seuraavia komentoja:

- Paikannus
- Jäljitys
- Reititys
- Häätä
- Status
- Etäkonfigurointi

6.2.3 Nokia

6.2.3.1 Yritys

Nokia on johtava langattoman tulevaisuuden rakentaja. Yhtiö on maailman suurin matkapuhelinvalmistaja ja yksi johtavista matkapuhelin-, kiinteiden ja IP-verkkojen toimittajista. Nokiaan kuuluu kaksi toimialaryhmää: Nokia Networks ja Nokia Mobile Phones sekä erillinen Nokia Ventures Organization ja yhtymän sisäinen tutkimusyksikkö Nokia Research Center.

Nokia vuonna 2001:

- Liikevaihto 31,2 mrd. euroa
- Yhteensä 18 tuotantolaitosta 10 eri maassa
- Tutkimus- ja kehitysyksiköitä 14 eri maassa
- Myyntiä yli 130 maassa
- Henkilöstöä noin 54 000

6.2.3.2 Paikannusominaisuudet GSM- ja UMTS-puhelimita

Nykyiset Nokian puhelimet (kuten kaikki muutkin GSM-puhelimit) tukevat GSM-paikannusmenetelmistä Cell-ID- ja TOA (Time Of Arrival) -solupaikannusmenetelmiä. Nokia Networksin mPosition paikannuspalvelinjärjestelmä tukee CI (+TA, +Rx), EOTD ja AGPS -menetelmiä.

Esimerkiksi (E-)OTD-menetelmän käyttöönotto tulee enemmän olemaan kiinni muista tahoista kuin puhelinvalmistajista, kuten operaattoreista, jotka joutuisivat esimerkiksi asentamaan LMU:t (Location Measurement Unit) tukiasemiin. Ilmeisesti GSM:lle tulee jokin tarkempi paikannusme-

netelmä käyttöön muutaman vuoden sisällä ja UMTS-puhelimita valmistajat luonnostaan tulevat huomioimaan paikannusominaisuudet. Matkapuhelimita yhdistetyt satelliittipaikantimet tulevat myöskin muutaman vuoden sisällä. Nokialla uskotaan, että tavallisen ihmisen näkökulmasta tulevaisuuden päätelaitteiden paikannustarkkuus riittää käytännössä melkein kaikkiin kuviteltavissa olevien palvelujen toteuttamiseen.

Nokia esitteli maaliskuussa 2002 uuden 9210i Communicator –matkapuhelimen. 9210i- samoin kuin aiempaan 9210-puhelimeen on saatavissa lisävarusteena LAM-1 GPS-moduuli, joka liitetään puhelimen kylkeen. LAM-1:en sisältämän GPS-vastaanotinmoduulin on kehittänyt Fastrax. Lisälaitteen mukana toimitettavan karttaohjelmiston asennuksen jälkeen käyttäjä voi navigoida monissa Euroopan kaupungeissa käyttäen osoitehakua ja reittiopastusta. Moduulin mukana tulee ulkoinen GPS-antenni sisäkäyttöä varten.^{31,32}

Nokia Communicator -puhelimita voidaan liittää myös tavallisia GPS-vastaanottimia esimerkiksi Yellow Computing GPS Locator 9210 –ohjelman avulla.³³

6.3 Metsästystutkat yms. telemetrialaitteet

6.3.1 Yleistä

Metsästys- eli koiratutkia valmistavat Suomessa Tracker, Ultracom ja Suomen Koiratutkat. Markkinat ovat melko pienet. Ulkomaisia laitevalmistajia on jonkin verran, Ruotsissa on kaksi valmistajaa ja valmistusta on myös Yhdysvalloissa.

Jo vuodesta 1977 koiratutkia valmistanut Tracker tekee nykyään pitkälti samaan teknologiaan perustuvia paikannuslaitteita moniin muihinkin telemetriasovelluksiin, ja Ultracom on myös laajentamassa paikannusliiketoimintaansa uusille alueille – viranomais- ja ammattikäyttöön.

Metsästystutkasovelluksiin on Suomessa tällä hetkellä käytössä seuraavat taajuusalueet:

- 138,200 – 138,450 MHz (efektiivinen säteilyteho peräti 500 mW). Uusi vain Suomessa käytössä oleva taajuusalue, jolla toimivia koiratutkia ei 4 / 2002 ole vielä myynnissä.
- 230.000 – 231.000 MHz. Uusia metsästystutkia ei tälle taajuudelle saa enää myydä, mutta vanhoja laitteita saa edelleen käyttää.
- 433,050 – 434,790 MHz (efektiivinen säteilyteho 25 mW). ISM-taajuusalue, käytettävissä Suomen ulkopuolellakin.

³¹ http://press.nokia.com/PR/200203/851859_5.html

³² <http://www.nokia.com/phones/9210i/popups/lam-1.html>

³³ http://www.yellow.de/prod/nokia/e_prod_nokia_k_gps9210.stm

Tämäntyyppisten laitteiden kantama on kymmenen kilometrin molemmin puolin. Maasto-olosuhteet, sääolosuhteet ja muut ulkoiset häiriöt vaikuttavat lähettimen signaalin vaimenemiseen, lyhentäen kantamaa riippumatta taajuusalueesta. Avoimessa tilassa kantama on pitempi.

6.3.2 *Tracker*

Tracker on valmistanut metsästystutkia jo vuodesta 1977. Sovellusalue on nykyään selvästi laajempi kuin muilla suomalaisilla koiratutkavalmistajilla. Ulkoisesti eri käyttötarkoituksiin suunnitellut laitteet näyttävät varsin samoilta ja ne hyödyntävät samaa hyväksi havaittua teknologiaa, mutta niissä on joitakin merkittäviä eroja. Laitteet maksavat tyyppillisesti 500 – 900 euroa. Kallein vastaanotinmalli maksaa noin 1300 euroa, ja sillä voidaan seurata sataa eri lähetintä. Suuri yhdellä vastaanottimella seurattavien lähettimien määrä on tarpeen muun muassa dementiapotilaiden ja porojen seurannassa.

Trackerilla on myyntiedustajia ympäri maailmaa. Tracker-tuotteita myydään ja voidaan käyttää Suomessa, paitsi haukkametsästäjän paikanninta, koska haukkojen käyttö metsästyksessä on Suomessa kokonaan kielletty. Suuri osa tuotteista käyttää ISM-taajuusaluetta 433,050-433,790 MHz. Hätapaikannustuotteet käyttävät taajuuksia 121,5 MHz (ilmailun hätätaajuus), 156,800 MHz (kansainvälinen merenkulun hätätaajuus, VHF-kanava nro 16) ja 243,000 MHz (ilmailun ja merenkulun hätä- ja pelastustaajuus). Arvokuljetus- ja valvontatuotteet saattavat käyttää joitakin viranomaistaajuuksia.

Tracker-sovellukset:

- *Eläinten jäljitys*
 - *Metsästys*: koiratutkat, haukkatutkat. Pantalähettimiä on saatavissa eri kokoisille ja painoisille koirille. Lähettimiin on saatavissa valinnaisina lisätoimintoina mm. haukuntunnistin sekä puukytkin. Liiketunnistimen avulla lähetin ilmaisee koiran liikkeen maastossa. Haukkametsästys on Suomessa kielletty.
 - *Lemmikit*. Samankaltaisia kuin koiratutkat, mutta lähettimen koko ja kantama ovat pienempiä. Voidaan käyttää karkailevan kotieläimen paikantamiseen.
 - *Villieläintutkimus*. Villieläintutkijat käyttävät erilaisia paikannusmenetelmiä. Jos eläimen sijainti tiedetään, voidaan sen jälkiä seurata. Tutkittavat eläimet ovat kuitenkin usein arkoja ja viihtyvät kaukana ihmisasutuksesta. Tämä vaikeuttaa tutkimustyötä. Pienikokoisella lähetinpannalla merkitty eläin on helpompi paikantaa ja sen liikkeistä saatava informaatio on laajempaa ja tarkempaa.
- *Henkilöpaikannus*: retkeilijät ja lapset.

- *Henkilöpaikannuslaitteet hoitotilanteisiin*. Sairaala- tai omaishoidossa olevien alzheimer- ja dementiapotilaiden hoitoon. Pienikokoinen vastaanotin voidaan sijoittaa esimerkiksi hoitajan taskuun. Mikäli ympäristön äänet häiritsevät kuuluvuutta, voidaan vastaanotin varustaa kuulokkein. Lähetin voidaan kiinnittää potilaan vyöhön tai asusteisiin.
- *Hätäpaikannus*. Lentokoneet ja helikopterit varustetaan lähettimillä, jotka aktivoituvat mahdollisessa onnettomuustilanteessa. Muiden lentoalusten vastaanottimet vastaanottavat tämän signaalin. Ensimmäiset satelliiteilta saatavat hätälähettimen paikkatiedot saattavat poiketa todellisesta paikasta kymmeniä tai satoja kilometrejä. Tracker-vastaanottimella määritellään hätälähettimen tarkka paikka 10-20 km:n säteellä alustavan paikkatiedon jälkeen. Mikäli etsijät joutuvat jättämään ajoneuvonsa tai vaihtamaan ajoneuvoa, voidaan harjoituslähetin aktivoida ja sijoittaa se lähtöpaikan ajoneuvoon.
- *Arvokuljetukset ja valvonta*. Tracker on kehittänyt ja toteuttanut useita sovelluksia kadonneen tai varastetun omaisuuden paikantamiseen. Sovellusalueita ovat muun muassa arvokuljetukset, vartiointitoiminta, ajoneuvojen valvonta, ajoneuvojen rajavalvonta, anastetun ajoneuvon jäljittäminen ja pankkiryöstösaaliin jäljittäminen. Näitä ei myydä ”suoraan kaupan hyllyltä”, eikä tarkempia tietoja esimerkiksi käytetyistä taajuuksista ole yleisesti saatavissa. Ilmeisesti tuotteet usein räätälöidään asiakaskohtaisesti.

Alla olevassa taulukossa on esimerkki Tracker-tuotteesta, Maxima-koiratutka. Trackerilla on muitakin koiratutkamalleja.

Taulukko 13 Maxima-koiratutkan tekniset tiedot³⁴

Maxima-vastaanotin		Smart-pantalähetin (pienemmille koirille)		Supra Smart –pantalähetin (isommille koirille)	
Paino paristoineen	420 g	Paino paristoineen	100 g	Paino paristoineen	250 g
Ulkomitat (antennit kokoonlaitettuina)	210x48x35 mm	Ulkomitat ilman antennia	47 x 37 x 21 mm	Ulkomitat ilman antennia	74 x 40 x 35 mm
Ulkomitat (antennit aukaistuina)	210x405x35 mm	Antennien pituus	190 mm/170 mm	Antennien pituus	210 mm / 180 mm
Häiriösäteily	-54 dBm	Häiriösignaalit	I-ETS 300 220 normien mukainen.	Häiriösignaalit	I-ETS 300 220 normien mukainen
Käyttöjännite	7 – 10 V DC	Käyttöjännite	3 V +/- 10%	Käyttöjännite	7.2 V +/- 10%
Paristotyyppi	9V / 6LR61 – 6AM6EU (2 kpl)	Paristotyyppi	Litium CR 123 A 3.0 V	Paristotyyppi	Litium AA 3.6 V (2 kpl)
Virrankulutus	50 – 100 mA	Virrankulutus	~ 30 mA	Virrankulutus	~ 55 mA
		Pariston kesto	450 tuntia	Pariston kesto	700 tuntia
Taajuusalueet	21300 - 223.00 MHz ³⁵ 230.00 - 231.00 MHz 433.05 - 434.79 MHz	Taajuus (kiteestä riippuen)	433,050 – 434,790 MHz	Taajuus (kiteestä riippuen)	433,050 – 434,790 MHz
Herkkyyks	-130 dBm	Lähetysteho	25 mW ERP (Effective Radiated Power)	Lähetysteho (max)	25 mW ERP
Modulaatio	A1				
Audioteho	max. 70 mW	Audioteho	max 70 mW		
Käyttölämpötila	-10 °C - +45 °C	Käyttölämpötila	-10 °C - +55 °C	Käyttölämpötila	-10 °C - +55 °C
Varastointilämpötila	-30 °C - +55 °C	Varastointilämpötila	-10 °C - +60 °C	Varastointilämpötila	-10 °C - +60 °C

³⁴ <http://www.tracker.fi/Finland/maximaf.htm>

³⁵ Tämä taajuus ei ole Suomessa koiratutkien käytettävissä

6.3.3 Ultracom

6.3.3.1 Yritys

Ultracom Oy on vuonna 1993 perustettu, Kempeleessä (Oulun lähellä) sijaitseva, RF-elektroniikkaan erikoistunut yritys. Tuotevalikoimaan kuuluvat radiolähettimet, -vastaanottimet, radiomodeemit, antennit sekä radiopaikannuslaitteet.

Metsästyskoiran suuntimiseen tarkoitettuja laitteita yritys on valmistanut vuodesta 1996 lähtien. Kyseisiä tuotteita viedään Pohjoismaihin sekä Keski-Eurooppaan. Samaa paikannusteknologiaa voidaan hyödyntää sovelluskohtaisesti myös muunlaisten liikkuvien kohteiden seurantaan. Ultracom on laajentamassa toimintaansa ammattilaisten paikannuslaitteisiin.



6.3.3.2 Ultrapoint metsästystutka

Vuonna 2001 Ultrapoint toi ensimmäisenä koiratutkavalmistajana markkinoille vastaanottimen, jossa on sisäänrakennettu antenni. Antennivahvistuksen kerrotaan olevan saman ulkoisessa antennissa, joten sisäinen antenni ei heikennä suuntimista. Sisäinen antennirakenne on patentoitu.

Vastaanottimesta näkee missä suunnassa koira on ja arvioidun etäisyyden koiraan. Saatavilla on myös 2-kanavainen malli – yksi vastaanotin ja molemmille koirille oma lähetinpanta (molemmilla koirilla oma kanava). Samalla vastaanottimella voi sitten suuntia molempia koiria.

Pantakokoja on saatavissa kolmea eri kokoa erikokoisille koirille.

Taulukko 14 Ultrapoint-metsästystutkan tekniset tiedot

Lähetin	
Tyyppi:	DFT2001, DFT2001H (haukunilmaisin)
Tyyppihyväksyntä:	ETS 300 220-1, ETS 300 683
Taajuusalue:	433,050 – 434,790 MHz
Käyttöjännite:	7.2 V, 2 kpl 3.6 V:n litium-paristoa (AA-koko)
Pulssi:	2 krt/sekunti
Virrankulutus:	1,6 mA ilman haukunilmaisinta
Säteilyteho:	25 mW
Käyttölämpötila-alue:	-15...+55 °C
Paino:	pantakoosta riippuen, sisältäen paristot 138-162 g
Vastaanotin	
Tyyppi:	DFR2001
Tyyppihyväksyntä:	ETS 300 683
Taajuusalue:	433.050 – 434.790 MHz
Käyttöjännite:	9 V, 1 kpl 6LR61 alkaliparisto
Virrankulutus:	n. 30 mA
Herkkyyys:	parempi kuin -130dBm
Käyttölämpötila-alue:	-15...+55 °C
Paino:	225 g sis. paristo
Ulkomitat:	kiinni 167x75x22 mm auki 320x75x22 mm

6.3.3.3 GSM-paikannus

Ultracomilta on tulossa markkinoille GSM-paikannuslaite, jonka tekniikka perustuu GSM-verkon solupaikannukseen. Päätelaite on suunniteltu esimerkiksi kulkuneuvoon integroitavaksi paikannuslaitteeksi. Siinä ole näyttöä ym. käyttöliittymää, eikä sitä voi käyttää GSM-puhelimenä. Laite on yleensä valmiustilassa, mistä se voidaan tarvittaessa aktivoida. Laitteen hinta tulee olemaan noin 300 – 500 euroa.

Ultracomin laite käyttää Cell-ID ja TA-menetelmiä (katso GSM-paikannusmenetelmän kuvaus luvusta 2.3.1). Päätelaitteen paikkatieto saadaan vähintään yhden ja enintään kahdeksan tukiaseman solutunnuksen avulla. Mitä useamman tukiaseman avulla paikannus voidaan suorittaa, sitä suurempi tarkkuus saavutetaan. Toimiakseen tämä menetelmä vaatii teleoperaattorin tuen. Ultracomin GSM-paikannuslaitteen prototyyppejä on jo testattu Suomessa erään teleoperaattorin verkossa.

Paikannuslaitteeseen voidaan liittää optiona myös GPS-vastaanotin, jonka avulla paikannus voidaan suorittaa muutaman metrin tarkkuudella. Tällöin paikannus voi tapahtua joko GSM:n ja GPS:n yhdistelmänä tai ainoastaan GPS:n avulla, jolloin GSM toimii ainoastaan GPS-paikkatiedon tiedonsiirtokanavana.

6.3.4 Suomen Koiratutkat

Suomen Koiratutkat Oy on suomalaisista koiratutkavalmistajista pienin. 433,050 – 434,790 MHz taajuudella toimiva tutkia myydään Pointer tuotemerkillä.

6.3.5 Vaisala

Vaisala Oyj, jonka kotipaikka on Vantaa, on listattu Helsingin Pörssissä. Vaisalalla on toimistoja ja liiketoimintaa Pohjois-Amerikassa, Ranskassa, Iso-Britanniassa, Saksassa, Kiinassa, Ruotsissa, Malesiassa, Japanissa ja Australiassa. Vaisalan liikevaihto vuonna 2001 oli 183.500 miljoonaa euroa, ja kokonaistulos oli 20.700 miljoonaa euroa.³⁶

Vaisala Oyj on teknologiakonserni, joka kehittää ja valmistaa elektronisia mittausjärjestelmiä ja -laitteita. Tuotteiden sovellusalueita ovat meteorologia, ympäristötieteet, liikenne ja teollisuus. Keskeiset asiakasryhmät ovat ilmatieteen laitokset, tutkimuslaitokset, puolustusvoimat, lento- ja tieliikenneviranomaiset, luonnonvarojen valvovat viranomaiset sekä teollisuus. Vaisala kertoo olevansa maailmanlaajuinen markkinajohtaja yläilmahavainnoissa, lento- ja tiesääjärjestelmissä sekä ammattikäyttöön tarkoitetuissa suhteellisen kosteuden ja barometrisen paineen mittauslaitteissa.

³⁶ <http://www.kauppalehti.fi/ys/VAI/>

Vaisala valmistaa luotauslaitteistoja, jotka hyödyntävät Loran-C ja GPS-paikannusjärjestelmiä radiosondien paikanmäärityksessä ja sitä myötä ilmakehän tuulitietojen laskennassa. Loran-C ei ole käytössä Suomen maa- eikä merialueilla. Tuotteita ei voi soveltaa maapallon pinnalla tapahtuvaan navigointiin tai paikannukseen.

7 Taajuushallinto

7.1 Taajuuksien hakeminen Viestintävirastolta

Navigointijärjestelmien taajuudenannot ovat aika harvinaisia tapahtumia ja tehdään siten tapauskohtaisesti. Ainoastaan erilaisia DGPS-asemien asioita on enemmän. Mille radiohallinnonyksikölle asia kuuluu, riippuu siitä, millä taajuusalueella järjestelmä toimii ja minkälaista teknologiaa käytetään. Siten navigointijärjestelmien kanssa voivat ainakin periaatteessa olla tekemisissä liikenneyksikkö, matkaviestinyksikkö, radiolinkki- ja satelliittiyksikkö, taajuusyksikkö ja yleisradioyksikkö.

Yleinen menettely kaikkien luvanvaraisten radiojärjestelmien osalta on taajuushakemus, jonka tuloksena laaditaan asiakkaalle radioverkkosuunnitelma eli taajuudenanto. Siinä määritellään radioasemien paikat, tehot, taajuudet ja antennikorkeudet (voi olla muitakin asioita). Radioverkkosuunnitelman laadinnassa lähdetään asiakkaan tarpeesta ja tehdään iteratiivinen häiriötarkastelu olemassa olevien verkkojen kanssa ja yritetään hakea mahdollisimman häiriöttömät taajuudet uudelle verkolle. Radioverkkosuunnitelman perusteella asiakas voi käynnistää laitehankinnat.

Kun järjestelmä on valmis käyttöön haetaan sille lupa eli aletaan maksamaan myös lupamaksuja. Nämä perustuvat joko taajuuksien käyttömäärään (taajuusmaksu) tai laitemääriin. Lähes kaikkien radioverkkojen osalta ollaan siirtymässä taajuusmaksuperiaatteeseen.

7.2 Radionavigointi ja -paikannus Viestintäviraston taajuusjakotaulukoissa

Alla olevat taulukot ovat ote Viestintäviraston virallisesta taajuuksien käyttösuunnitelmasta. Otteen on valittu kaikki radionavigoinnin ja -paikannuksen käytössä olevat taajuusalueet. Jos joku toinen liikennelaji käyttää myös taajuusaluetta, se on kopioitu mukaan. Koska uudet suunnitelmissa olevat radionavigointi- ja -paikannusjärjestelmät hyödyntävät siirtyvän liikenteen taajuusalueita tai toimivat muuten epästandardeilla taajuusalueilla (kuten koiratutkat) niiden käyttämiä taajuusalueita ei tässä taulukossa ole mainittu.³⁷

³⁷ Alla olevat taulukot on tehnyt Kalle Pikkarainen, Viestintävirasto. Koko 130-sivuinen radiotaajuuksienkäyttösuunnitelma on saatavissa Viestintävirastosta. Lisätietoja: <http://www.ficora.fi/suomi/radio/taulu.htm>

Taulukko 15 Radionavigointi Viestintäviraston taajuusjakotaulukossa taajuuksilla 9 kHz – 26175 kHz

Taajuuskaista Käyttö Suomessa	Osakaista (sen leveys) ja käyttö	Liikennemuoto. Asemaluokka ja TX/RX-koodi Kanavaväli, lähetteen leveys. (lähete- luokka) Dupleksiväli ja parikaista Tyyppivakio	Huomautuksia
9 - 14 kHz RADIONAVIGOINTI	9 - 14 kHz (5 kHz) Radionavigointi		Omega-navigointijärjestelmä. Ei lähetintä Suomessa. 9 - 59,750 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti.
70 - 72 kHz RADIONAVIGOINTI	70 – 72 kHz (2 kHz) Merenkulun radionavigointi	Simpleksi. Maa-asema (NL) TX 0,25 kHz.	70 - 119 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti. Ei lähetintä Suomessa.
72 - 84 kHz KIINTEÄ LIIKENNE	72 - 84 kHz (12 kHz) Kiinteä liikenne		70 - 119 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti.
RADIONAVIGOINTI SIIRTYVÄ MERIRADIOLIIKENNE	Radionavigointi Siirtyvä meriradioliikenne		Ei lähetintä Suomessa.
84 - 86 kHz RADIONAVIGOINTI	84 - 86 kHz (2 kHz) Merenkulun radionavigointi	Simpleksi. Maa-asema (NL) TX 0,25 kHz.	70 - 119 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti. Ei lähetintä Suomessa.

86 - 90 kHz KIINTEÄ LIIKENNE	86 - 90 kHz (4 kHz) Kiinteä liikenne		70 - 119 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti.
RADIONAVIGOINTI SIIRTYVÄ MERIRADIOLIIKENNE	Radionavigointi Siirtyvä meriradioliikenne		Ei lähetintä Suomessa.
90 - 110 kHz RADIONAVIGOINTI Kiinteä liikenne	90 - 110 kHz (20 kHz) Radionavigointi Kiinteä liikenne		Loran C-navigointijärjestelmä (100 kHz +/- 10 kHz). Ei lähetintä Suomessa. 70 - 119 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti.
110 - 112 kHz KIINTEÄ LIIKENNE	110 - 112 kHz (2 kHz) Kiinteä liikenne		70 - 119 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti.
RADIONAVIGOINTI SIIRTYVÄ MERIRADIOLIIKENNE	Radionavigointi Siirtyvä meriradioliikenne		Ei lähetintä Suomessa
112 - 115 kHz RADIONAVIGOINTI	112 - 115 kHz (3 kHz) Merenkulun radionavigointi	Simpleksi. Maa-asema (NL) TX 0,25 kHz.	70 - 119 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti. Ei lähetintä Suomessa
115,000 - 117,600 kHz RADIONAVIGOINTI	115,000 - 117,600 kHz (2,600 kHz) Merenkulun radionavigointi	Simpleksi. Maa-asema (NL) TX 0,25 kHz.	70 - 119 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti. Ei lähetintä Suomessa
Kiinteä liikenne Siirtyvä meriradioliikenne	Kiinteä liikenne Siirtyvä meriradioliikenne		

117,600 - 126,000 kHz KIINTEÄ LIIKENNE	117,600 - 126,000 kHz (8,400 kHz) Kiinteä liikenne		Sääkarttojen vastaanotto. Alueilla 70 - 119 ja 119 - 135 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti.
RADIONAVIGOINTI SIIRTYVÄ MERIRADIOLIIKENNE	Radionavigointi Siirtyvä meriradioliikenne		Ei lähetintä Suomessa
126 - 129 kHz RADIONAVIGOINTI	126 - 129 kHz (3 kHz) Merenkulun radionavigointi	Simpleksi. Maa-asema (NL) TX 0,25 kHz.	119 - 135 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti. Ei lähetintä Suomessa
129 - 130 kHz KIINTEÄ LIIKENNE	129 - 130 kHz (1 kHz) Kiinteä liikenne		119 - 135 kHz induktiiviset laitteet SRD-suosituksen ERC/REC 70-03 mukaisesti.
RADIONAVIGOINTI SIIRTYVÄ MERIRADIOLIIKENNE	Radionavigointi Siirtyvä meriradioliikenne		Ei lähetintä Suomessa
255,000 - 283,500 kHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI YLEISRADIOLIIKENNE	255,000 - 283,500 kHz (28,500 kHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät Yleisradioliikenne	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 1 kHz, 0,8 kHz.	270 kHz Alavuuden lentokenttäsaatiö
283,500 - 315,000 kHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	283,500 - 315,000 kHz (31,500 kHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 0,5 kHz, 0,8 kHz.	

MERENKULUN RADIONAVIGOINTI	Radiomajakat ja DGPS-lähettimet	Simpleksi. Maa-asema (NL) TX 0,5 kHz, 0,8 kHz.	GE-85 suunnitelman mukaiset radiomajakat ja IALA-suunnitelman mukaiset DGPS-lähettimet kaikissa Itämeren valtioissa. Läheitinluvat Merenkulkulaitos ja Ilmailulaitos. Consol-navigointijärjestelmä. Ei lähetintä Suomessa.
315 - 325 kHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI Merenkulun radionavigointi	315 - 325 kHz (10 kHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät Merenkulun radionavigointi	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 1 kHz, 0,8 kHz.	Luvat Ilmailulaitos
325 - 405 kHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	325 - 405 kHz (80 kHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 1 kHz, 0,8 kHz.	Luvat mm. Ilmailulaitos
405 - 415 kHz RADIONAVIGOINTI	405 - 415 kHz (10 kHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 1 kHz, 0,8 kHz.	410 kHz alusten suuntimislähettimet. 406,5-413,5 kHz merenkulun radiosuuntimisella häiriösuoja (S5.76). Luvat mm. Ilmailulaitos
415 - 435 kHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	415 - 435 kHz (20 kHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 1 kHz, 0,8 kHz.	Luvat Ilmailulaitos

505,000 - 526,500 kHz SIIRTYVÄ MERIRADIOLIIKENNE	505,000 - 526,500 kHz (21,500 kHz) Teleksi- ja sähkötysliikenne	Dupleksi. Rannikkoradioasema (FC) TX Laiva-asema (MS) TX 0,5 kHz, (A1A) (F1B) Dupleksi. Rannikkoradioasema (FC) RX Laiva-asema (MS) RX 0,5 kHz, (A1A) (F1B) Simpleksi. Rannikkoradioasema (FC) TXRX Laiva-asema (MS) TXRX 0,5 kHz, (A1A) (F1B)	GE-85 suunnitelma. 506,0 - 510,0 kHz alukset 510,5 - 526,0 kHz rannikkoradioasemat 505,5 kHz alusten kansainvälinen TX 512,0 kHz 500 kHz:n vara 518,0 kHz NAVTEX MS/RX Pätevyystodistus vaaditaan.
ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	Ilmailun radionavigointijärjestelmät	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 1 kHz, 0,8 kHz.	Ei lähetintä Suomessa.
1625 - 1635 kHz RADIOPAIKANNUS	1625 - 1635 kHz (10 kHz) Radiopaikannus		Ei lähetintä Suomessa.
1800 - 1810 kHz RADIOPAIKANNUS	1800 - 1810 kHz (10 kHz) Radiopaikannus		Ei lähetintä Suomessa.
2160 - 2170 kHz RADIOPAIKANNUS	2160 - 2170 kHz (10 kHz) Radiopaikannus	Simpleksi. Liikkuva asema (MR) TXRX 1,5 kHz.	Ei lähetintä Suomessa.
2625 - 2650 kHz MERENKULUN RADIONAVI- GOINTI	2625 - 2650 kHz (25 kHz) Merenkulun radionavigointi		Ei lähetintä Suomessa.

Taulukko 16 Radionavigointi Viestintäviraston taajuusjakotaulukossa taajuuksilla 26175 kHz – 470 MHz

Taajuuskaista Käyttö Suomessa	Osakaista (sen leveys) ja käyttö	Liikennemuoto. Asemaluokka ja TX/RX-koodi Kanavaväli, lähetteen leveys. (läheteluokka) Dupleksiväli ja parikaista Tyypivakio	Huomautuksia
74,800 - 75,200 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	74,800 - 75,200 MHz (0,400 MHz) Mittarilaskeutumisjärjestelmä (ILS)	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 2,6 kHz. (A2AAN)	75,000 MHz merkkimajakkataajuus ja sen suoja- alue.
108,000 - 117,975 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	108,100 - 111,950 MHz (3,850 MHz) Mittarilaskeutumisjärjestelmä (ILS)	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 50 kHz, 2,1 kHz. (A8XXF)	Luvat Ilmailulaitos
	111,975 - 117,975 MHz (6 MHz) VHF-monisuuntamajakka (VOR)	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 50 kHz, 20,9 kHz. (A9WWF)	Luvat Ilmailulaitos
149,900 - 150,050 MHz RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIIKENNE	149,900 - 150,050 MHz (0,150 MHz) Merenkulun satelliittinavigointi	Avaruusasema (EN) TX Liikkuva maa-asema (UN) RX	Tsykada navigointisatelliitit (poistuvat käytöstä v.2015).

SIIRTYVÄ SATELLIITTILIIKENNE (MAASTA SATELLIITTIIN)	Siirtyvä satelliittiliikenne	Liikkuva maa-asema (TU) TX Avaruusasema (EU) RX	Siirtyvä maaradiosatelliittiliikenne vuoteen 2015 asti, (S5.224A). Orbcomm (Suomessa ollut joitakin koelupia)
328,600 - 335,400 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	328,600 - 335,400 MHz (6,800 MHz) Mittarilaskeutumisjärjestelmä (ILS)	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 50 kHz, 2,1 kHz. (A8XXF)	Luvat Ilmailulaitos
399,900 - 400,050 MHz RADIONAVIGOINTISATELLIITTILIIKENNE	399,900 - 400,050 MHz (0,150 MHz) Merenkulun satelliittinavigointi	Avaruusasema (EN) TX Liikkuva maa-asema (UN) RX	Tsykada navigointisatelliitit (poistuvat käytöstä vuonna 2015).
SIIRTYVÄ SATELLIITTILIIKENNE (MAASTA SATELLIITTIIN)	Siirtyvä satelliittiliikenne	Liikkuva maa-asema (TU) TX Avaruusasema (EU) RX	Vain siirtyvä maaradiosatelliittiliikenne vuoteen 2015 asti (S5.224A).
400,050 - 400,150 MHz STANDARDITAAJUUS- JA AIKAMERKKISATELLIITTILIIKENNE	400,050 - 400,150 MHz (0,100 MHz) Standarditaaajuus - ja aikamerkkisatelliitit	Avaruusasema (EE) TX Maa-asema (UE) RX Avaruusasema (EY) TX Maa-asema (UY) RX	400,100 MHz standarditaaajuus.
400,150 - 401,000 MHz ILMATIETEEN RADIOLIIKENNE	400,150 - 401,000 MHz (0,850 MHz) Sondit	Simpleksi. Liikkuva asema (SA) TX Tukiasema (SM) RX	Radorajapinnan määrittely valmisteilla.
SIIRTYVÄ SATELLIITTILIIKENNE (SATELLIITISTA MAAHAN)	Siirtyvä satelliittiliikenne	Avaruusasema (EI) TX Liikkuva maa-asema (UA) RX	

401 - 406 MHz ILMATIETEEN SATELLIIT- TILIIKENNE (MAASTA SATEL- LIITTIIN)	401 - 403 MHz (2 MHz) DCP-säasemat	Maa-asema (TM) TX Avaruusasema (EM) RX	
ILMATIETEEN RADIOLIIKENNE	401 - 406 MHz (5 MHz) Sondit	Simpleksi. Liikkuva asema (SA) TX Tukiasema (SM) RX	Rec. ITU-R SA.1165-1 mukainen käyttö. Radiorajapinnan määrittely valmisteilla.
SIIRTYVÄ LIIKENNE	402 - 405 MHz (3 MHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)	Simpleksi. 25 kHz,	Pienitehoiset lääketieteelliset implantit. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 0,025 mW ERP. Standardi EN 300 220-1. SRD suositus ERC/REC/70-03.
406,000 - 406,100 MHz SIIRTYVÄ SATELLIITTIILIIKEN- NE (MAASTA SATELLIITTIIN)	406,000 - 406,100 MHz (0,100 MHz) Pelastuspalvelu	Maa-asema (TE) TX Avaruusasema (EI) RX	Pätevyystodistus vaaditaan. EPIRB- ja ELT-lähetykset maasta COSPAS- SARSAT- satelliitteihin.
438 - 440 MHz RADIOPAIKANNUS	438 - 440 MHz (2 MHz) Sotilaskäyttö		

Taulukko 17 Radionavigointi Viestintäviraston taajuusjakotaulukossa taajuuksilla 470 MHz – 3400 MHz

Taajuuskaista Käyttö Suomessa	Osakaista (sen leveys) ja käyttö	Liikennemuoto. Asemaluokka ja TX/RX-koodi Kanavaväli, lähetteen leveys. (läheteluokka) Dupleksiväli ja parikaista Tyyppivakio	Huomautuksia
960 - 1164 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	962 - 1164 MHz (202 MHz) Etäisyyden mittauslaitteet	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 63 MHz, 1 MHz.	X-kanavat ovat käytössä etäisyyden mittaukseen. 1030/1090 MHz toisiotutkat.
1164 - 1215 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	1164 - 1213 MHz (49 MHz) Etäisyyden mittauslaitteet	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX 63 MHz, 1 MHz.	X-kanavat ovat käytössä etäisyyden mittaukseen.
RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIKENNE (SATELLIITISTA MAAHAN, SATELLIITISTA SATELLIITTIIN)	1164 - 1215 MHz (51 MHz) Radionavigointisatelliitit	Avaruusasema (EN) TX Liikkuva maa-asema (UN) RX Avaruusasema (EN) TX Avaruusasema (EN) RX	S5.328A
1215 - 1240 MHz RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIKENNE (SATELLIITISTA MAAHAN, SATELLIITISTA SATELLIITTIIN)	1215 - 1240 MHz (25 MHz) Satelliittipaikannus	Avaruusasema (EN) TX Liikkuva maa-asema (UN) RX Avaruusasema (EN) TX Avaruusasema (EN) RX	1227,6 MHz GPS-lähetys (L2-signaali).
RADIOPAIKANNUS	Tutkat		

Kaukokartoitussatelliittiliikenne	Aktiiviset sensorit	Avaruusasema (EW) TX Avaruusasema (EW) RX	
1240 - 1260 MHz RADIONAVIGOINTISATELLIITILIKENNE (SATELLIITISTA MAAHAN, SATELLIITISTA SATELLIITTIIN)	1240 - 1260 MHz (20 MHz) Radionavigointisatelliitit	Avaruusasema (EN) TX Liikkuva maa-asema (UN) RX Avaruusasema (EN) TX Avaruusasema (EN) RX	Glonass-satelliittien L2-lähteet.
RADIOPAIKANNUS	Tutkat		
KAUKOKARTOITUSSATELLIITILIKENNE	Aktiiviset sensorit	Avaruusasema (EW) TX Avaruusasema (EW) RX	
Radioamatööriliikenne	Radioamatöörit		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.

1260 - 1300 MHz Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliit- tiliikenne	1260 - 1270 MHz (10 MHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Radioamatöörisatelliittiliikennettä saa harjoittaa tois- jaisin oikeuksin maasta satelliittiin suunnassa muuta liiken- nettä häiritsemättä. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokas- sa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIIKENNE (SATELLIITISTA MAAHAN, SATELLIITISTA SATELLIITTIIN)	1260 - 1300 MHz (40 MHz) Radionavigointisatelliitit	Avaruusasema (EN) TX Liikkuva maa-asema (UN) RX Avaruusasema (EN) TX Avaruusasema (EN) RX	
RADIOPAIKANNUS	Tutkat		
KAUKOKARTOITUSSATELLIIT- TILIIKENNE	Aktiiviset sensorit	Avaruusasema (EW) TX Avaruusasema (EW) RX	
RADIOPAIKANNUS	1270 - 1295 MHz (25 MHz) Tuulikeilaimet		ITU-R M.1227 mukainen käyttö.

Radioamatööri liikenne	1270 - 1300 MHz (30 MHz) Radioamatöörit		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
1300 - 1350 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	1300 - 1350 MHz (50 MHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät		
RADIOPAIKANNUS	Tutkat		
RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIKENNE (MAASTA SATEL- LIITTIIN)	Radionavigointisatelliitit	Avaruusasema (EN) RX Liikkuva maa-asema (UN) TX	
1559 - 1610 MHz RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIKENNE (SATELLIITISTA MAAHAN, SATELLIITISTA SATELLIITTIIN)	1559 - 1610 MHz (51 MHz) Radionavigointisatelliitit	Avaruusasema (EN) TX Liikkuva maa-asema (UA) RX Avaruusasema (EN) TX Avaruusasema (EN) RX	1575,420 MHz GPS-lähetys (L1-signaali), myös Glonass-satelliittien TX-alue.
2700 - 2900 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	2700 - 2900 MHz (200 MHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät		Luvat Merenkulkulaitos, Ilmailu laitos

Radiopaikannus	Sotilaskäyttö		
	Tutkat		Säteilytehon huippuarvo enintään 100 dBW. Vain maassa olevien tutkien käytössä sekä näiden tutkien läheteeseen vastaavien transpondereiden käytössä ilma-aluksissa (S5.337).
2900 - 3100 MHz RADIONAVIGOINTI	2900 - 3100 MHz (200 MHz) Radionavigointi		Luvat Merenkululaitos
Radiopaikannus	Sotilaskäyttö Tutkat		Säteilytehon huippuarvo enintään 100 dBW.
3100 - 3300 MHz RADIOPAIKANNUS	3100 - 3300 MHz (200 MHz) Tutkat Sotilaskäyttö		Säteilytehon huippuarvo enintään 100 dBW. Luvat Merenkululaitos
3300 - 3400 MHz RADIOPAIKANNUS	3300 - 3400 MHz (100 MHz) Tutkat Sotilaskäyttö		Säteilytehon huippuarvo enintään 100 dBW.

Taulukko 18 Radionavigointi Viestintäviraston taajuusjakotaulukossa taajuuksilla 3400 MHz – 31,000 GHz

Taajuuskaista Käyttö Suomessa	Osakaista (sen leveys) ja käyttö	Liikennemuoto. Asemaluokka ja TX/RX-koodi Kanavaväli, lähetteen leveys. (läheteluokka) Dupleksiväli ja parikaista Tyyppivakio	Huomautuksia
4200 - 4400 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	4200 - 4400 MHz (200 MHz) Radiokorkeusmittarit	Simpleksi. Liikkuva asema (AM) TX 30 MHz.	Säteilyteho 500 mW. Ei lupia Suomessa.
5000 - 5010 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	5000 - 5010 MHz (10 MHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät		
RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIKENNE (MAASTA SATEL- LIITTIIN)	Radionavigointisatelliitit	Avaruusasema (EN) RX Liikkuva maa-asema (UN) TX	
5010 - 5030 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	5010 - 5030 MHz (20 MHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät		
RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIKENNE (SATELLIITISTA MAAHAN, SATELLIITISTA SATELLIITTIIN)	Radionavigointisatelliitit	Avaruusasema (EN) TX Liikkuva maa-asema (UN) RX Avaruusasema (EN) TX Avaruusasema (EN) RX	

5030 - 5250 MHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	5030 - 5150 MHz (120 MHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät	Simpleksi. Maa-asema (AL) TX Liikkuva asema (AM) RX	ICAO MLS. Ei lupia Suomessa.
KIINTEÄ SATELLIITTIKLIKEN- NE (MAASTA SATELLIITTIIN)	5150 - 5250 MHz (100 MHz) Kiinteä satelliittiliikenne	Maa-asema (TC) TX Avaruusasema (EC) RX	Ei-geostationäärisen siirtyvän satelliittiliikenteen syöttöyhteydet (Globalstar ja ICO). 5150 - 5216 MHz (66 MHz) myös satelliitista maahan RR (S5.447B).
SIIRTYVÄ LIIKENNE	Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Hiperlan. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 200 mW EIRP. Standardi ETS 300 836-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. ERC:n päätös ERC/DEC/(99)23. THK:n päätös 14.8.1996.

5250 - 5350 MHz SIIRTYVÄ LIIKENNE	5250 - 5350 MHz (100 MHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Hiperlan. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 200 mW EIRP. Standardi ETS 300 836-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. ERC:n päätös ERC/DEC/(99)23. THK:n päätös 14.8.1996.
RADIOPAIKANNUS	Radiopaikannus		Säteilytehon huippuarvo enintään 100 dBW.
Kaukokartoitussatelliit- tiliikenne	Kaukokartoitussatelliitit		
5350 - 5725 MHz Kaukokartoitussatelliit- tiliikenne	5350 - 5460 MHz (110 MHz) Kaukokartoitussatelliitit		
RADIOPAIKANNUS	5350 - 5650 MHz (300 MHz) Tutkat		5480/5570 MHz paikkamääritys (aseman LR TX/RX). Luvat Ilmatieteen laitos
	5400 - 5500 MHz (100 MHz) Sotilaskäyttö		

SIIRTYVÄ LIIKENNE	5470 - 5725 MHz (Osa-alueen ala- ja yläraajataajuudet) (255 MHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Hiperlan. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 1 W EIRP. Standardi ETS 300 836-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. ERC:n päätös ERC/DEC/(99)23. THK:n päätös 14.8.1996.
RADIOPAIKANNUS	5500 - 5650 MHz (150 MHz) Säätutkat	Simpleksi. Radiopaikallistamisen asema (LR) TX	Säteilytehon huippuarvo enintään 100 dBW. Luvat Ilmatieteen laitos
Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliit- tiliikenne	5650 - 5670 MHz (20 MHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Pätevyystodistus vaaditaan. Radioamatöörisatelliittiliikenne maasta satelliittiin -suunnassa muuta liikennettä häiritsemättä. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokas- sa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
RADIOPAIKANNUS	5650 - 5725 MHz (75 MHz) Tutkat	Simpleksi. Radiopaikallistamisen asema (LR) TX	Säteilytehon huippuarvo enintään 100 dBW. Luvat Ilmatieteen laitos

Radioamatööri liikenne	5670 - 5725 MHz (55 MHz) Radioamatöörit		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
5725 - 5925 MHz Radioamatööri liikenne	5725 - 5830 MHz (105 MHz) Radioamatöörit		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
SIIRTYVÄ LIIKENNE	5725 - 5875 MHz (Osa-alueen ala- ja ylärajataajuudet) (150 MHz) Yleiset lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 25 mW EIRP. Standardi EN 300 440. SRD suositus ERC/REC/70-03. 5725 - 5875 MHz ISM (S5.150).
KIINTEÄ SATELLIITTI LIIKENNE	5725 - 5925 MHz (200 MHz) Kiinteä satelliittiliikenne		Very Small Aperture Terminal (VSAT), standardi CTR 43 tai EN 301 443.

RADIOPAIKANNUS	5795 - 5805 MHz (10 MHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Tieliikenteen telematiikkalaitteet. ERC decision ERC/DEC/(92)02. THK:n päätös 18.11.1992. 5805 - 5815 MHz mahdollinen tieliikenteen telematiikan laajennuskaista. SRD suositus ERC/REC/70-03.
Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliit- tiliikenne	5830 - 5850 MHz (20 MHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Radioamatöörisatelliittiliikenne satelliitista maahan -suunnassa muuta liikennettä häiritsemättä. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokas- sa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
KIINTEÄ LIIKENNE	5875 - 5925 MHz (50 MHz) Radiolinkit		Käyttösuunnitelma valmisteilla.
8500 - 10000 MHz RADIOPAIKANNUS	8500 - 10000 MHz (1500 MHz) Tutkat		Merenkulun ja ilmailun radiopaikannus. 8860/8960 MHz laivojen nopeuden mittausta, kiinteään aseman TX/RX. Luvat Ilmatieteenlaitos, Merenkulkulaitos, Invers Oy

	9500 - 9975 MHz (475 MHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Ohjaus -, valvonta- ja hälytystutkat. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 25 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70-03.
10,000 - 10,450 GHz KIINTEÄ LIIKENNE	10,000 - 10,280 GHz (0,280 GHz) Radiolinkit	Simpleksi. Kiinteä asema (FX) TX Siir- rettävä asema (FXS) TX FM TV/10000	Yksisuuntaiset videolinkit mukaan lukien ENG/OB radiolinkit. 10,015; 10,045; 10,075; 10,105; 10,135 GHz.
Radioamatööri liikenne	Radioamatöörit		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokas- sa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
SIIRTYVÄ LIIKENNE	10,000 - 10,450 GHz (0,450 GHz) Siirtyvä liikenne		

<p>KIINTEÄ LIIKENNE</p>	<p>10,150 - 10,300 GHz (0,150 GHz) Radiolinkit</p>	<p>Dupleksi. Kiinteä asema (FX) TXRX +350 MHz 10,500 - 10,650 GHz</p>	<p>Kiinteän liityntäverkon radiojärjestelmän (WLL) tilaajalaitteet. Luvasta vapautettuja päätelaitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK15 (tämän taulukon liite 7). Ala-aseman säteilykuvio TS4, taulukko 12. Standardit EN 301 124, EN 301 253, EN 301 080, EN 301 021. Antennin standardi EN 302 085. ERC:n suositus ERC/REC/12-05.</p>
	<p>10,287 - 10,406 GHz (0,119 GHz) Radiolinkit</p>	<p>Dupleksi. Kiinteä asema (FX) TXRX 3,5 MHz, +266 MHz 10,553 - 10,672 GHz DRS2/10500, DRS8/10500</p>	<p>Digitaaliset radiolinkit, kanavat 1a-35a. Ei uusia lupia.</p>
<p>Radioamatööri liikenne</p>	<p>10,368 - 10,370 GHz (0,002 GHz) Radioamatöörit</p>		<p>Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.</p>
<p>KIINTEÄ LIIKENNE</p>	<p>10,406 - 10,450 GHz (0,044 GHz) Radiolinkit</p>	<p>Simpleksi. Kiinteä asema (FX) TX Siirrettävä asema (FXS) TX</p>	<p>Yksisuuntaiset videolinkit mukaan lukien ENG/OB radiolinkit. 10,427 GHz videosiirto.</p>

<p>10,450 - 10,500 GHz RADIOPAIKANNUS</p>	<p>10,450 - 10,500 GHz (Osa-alueen ala- ja ylärajataajuudet) (0,050 GHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)</p>		<p>Ohjaus, valvonta- ja hälytystutkat. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 500 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70-03.</p>
<p>Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliittiliikenne</p>	<p>Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne</p>		<p>Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.</p>
<p>10,500 - 10,680 GHz RADIOPAIKANNUS</p>	<p>10,500 - 10,550 GHz (Osa-alueen ala- ja ylärajataajuudet) (0,050 GHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)</p>		<p>Luvasta vapautettuja ennen 31.12.1998 käyttöönotettuja laitteita, katso THK:n määräys THK15 (tämän taulukon liite 7).</p>

<p>KIINTEÄ LIIKENNE</p>	<p>10,500 - 10,650 GHz (0,150 GHz) Radiolinkit</p>	<p>Dupleksi. Kiinteä asema (FX) TXRX -350 MHz 10,150 - 10,300 GHz</p>	<p>Kiinteän liityntäverkon radiojärjestelmän (WLL) tilaajalaitteet. Luvasta vapautettuja päätelaitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK15 (tämän taulukon liite 7). Standardit EN 301 124, EN 301 253, EN 301 080, EN 301 021. Antennin standardi EN 302 085. Keskusaseman säteilykuvio CS luokka 3. Keskusasemalla minimivahvistus (ympärisäteilevä) 8 dBi. ERC:n suositus ERC/REC/12-05.</p>
	<p>10,553 - 10,672 GHz (0,119 GHz) Radiolinkit</p>	<p>Dupleksi. Kiinteä asema (FX) TXRX 3,5 MHz, -266 MHz 10,287 - 10,406 GHz DRS2/10500, DRS8/10500</p>	<p>Digitaaliset radiolinkit, kanavat 1b - 35b. Ei uusia lupia.</p>
<p>13,250 - 13,400 GHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI</p>	<p>13,250 - 13,400 GHz (0,150 GHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät</p>		<p>Määrittämiseen vain Doppler-menetelmin (S5.497).</p>
<p>Kaukokartoitussatelliit- tiliikenne</p>	<p>Kaukokartoitussatelliitit</p>		

13,400 - 14,000 GHz KAUKOKARTOITUSSATELLIIT- TILIKENNE	13,400 - 13,750 GHz (0,350 GHz) Kaukokartoitussatelliitit		
RADIOPAIKANNUS	13,400 - 14,000 GHz (Osa-alueen ala- ja ylärajataajuudet) (0,600 GHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Ohjaus-, valvonta- ja hälytystutkat. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 25 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70- 03.
KIIINTEÄ SATELLIITTILIKEN- NE (MAASTA SATELLIITTIIN)	13,750 - 14,000 GHz (0,250 GHz) Kiinteä satelliittiliikenne	Maa-asema (TC) TX Avaruusasema (EC) RX	
15,400 - 15,430 GHz KIIINTEÄ SATELLIITTILIKENNE	15,400 - 15,430 GHz (0,030 GHz) Kiinteä satelliittiliikenne	Avaruusasema (EC) TX Maa-asema (TC) RX	
ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	Ilmailun radionavigointijärjestelmät		
15,430 - 15,630 GHz ILMAILUN RADIONAVIGOINTI	15,430 - 15,630 GHz (0,200 GHz) Ilmailun radionavigointijärjestelmät		

<p>KIINTEÄ SATELLIITILIIKENNE (MAASTA SATELLIITTIIN, SATELLIITISTA MAAHAN)</p>	<p>Kiinteä satelliittiliikenne</p>	<p>Maa-asema (TC) TX Avaruusasema (EC) RX Avaruusasema (EC) TX Maa-asema (TC) RX</p>	<p>15,430 - 15,630 GHz (200 MHz) ei-geostationäärinen siirtyvän satelliittiliikenteen syöttöyhteydet, satelliitista maahan. Suomessa taajuusalue 15,430 - 15,630 GHz (200 MHz) ei ole käytettävissä MSS feeder linkeille maasta satelliittiin suunnassa käytössä olevan ilmailun radionavigoinnin takia.</p>
<p>15,630 - 15,700 GHz KIINTEÄ SATELLIITILIIKENNE (MAASTA SATELLIITTIIN, SATELLIITISTA MAAHAN)</p>	<p>15,630 - 15,700 GHz (0,070 GHz) Kiinteä satelliittiliikenne</p>	<p>Maa-asema (TC) TX Avaruusasema (EC) RX Avaruusasema (EC) TX Maa-asema (TC) RX</p>	
<p>ILMAILUN RADIONAVIGOINTI</p>	<p>Ilmailun radionavigointijärjestelmät</p>		
<p>15,700 - 17,100 GHz RADIOPAIKANNUS</p>	<p>15,700 - 17,100 GHz (1,400 GHz) Tutkat Sotilaskäyttö</p>		
<p>17,100 - 17,300 GHz RADIOPAIKANNUS</p>	<p>17,100 - 17,300 GHz (0,200 GHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)</p>		<p>Hiperlan. SRD suositus ERC/REC/70-03.</p>

Kaukokartoitussatelliittiliikenne	Kaukokartoitussatelliitit		
24,000 - 24,050 GHz RADIOAMATÖÖRI- JA RADIOAMATÖÖRISATELLIIT- TILIIKENNE	24,000 - 24,050 GHz (0,050 GHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho perusluokassa ja tietoliikenneluokassa enintään 30 W. Modulaatiohuipputeho 120 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
Radiopaikannus	Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Ohjaus - valvonta ja hälytystutkat. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 100 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. 24,000 - 24,250 GHz ISM (S5.150).

	Yleiset lyhyen kantaman radio- lait- teet (SRD)		Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 100 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. 24,000 - 24,250 GHz ISM (S5.150).
24,050 - 24,250 GHz RADIOPAIKANNUS	24,050 - 24,250 GHz (Osa-alueen ala- ja ylärajaajuuudet) (0,200 GHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Ohjaus - valvonta ja hälytystutkat. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 100 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. 24,000 - 24,250 GHz ISM (S5.150).
	Yleiset lyhyen kantaman radio- lait- teet (SRD)		Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 100 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. 24,000 - 24,250 GHz ISM (S5.150).

Radioamatööri liikenne	Radioamatöörit		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
------------------------	----------------	--	--

Taulukko 19 Radionavigointi Viestintäviraston taajuusjakotaulukossa taajuuksilla 31,000 GHz – 400 GHz

Taajuuskaista Käyttö Suomessa	Osakaista (sen leveys) ja käyttö	Liikennemuoto. Asemaluokka ja TX/RX-koodi Kanavaväli, lähetteen leveys. (läheteluokka) Dupleksiväli ja parikaista Tyyppivakio	Huomautuksia
33,400 - 36,000 GHz RADIOPAIKANNUS	33,400 - 36,000 GHz (2,600 GHz) Tutkat		Lyhyen matkan tutkat. Standardi EN 300 440-1.
Kaukokartoitussatelliittiliikenne	35,500 - 36,000 GHz (0,500 GHz) Tutkat		
43,500 - 47,000 GHz SIIRTYVÄ LIIKENNE	43,500 - 47,000 GHz (3,500 GHz) Siirtyvä liikenne		

RADIONAVIGOINTI	Radionavigointi		
RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIIKENNE	Radionavigointisatelliitit		
SIIRTYVÄ SATELLIITTILIIKEN- NE	Siirtyvä satelliittiliikenne		
59 - 64 GHz KIINTEÄ LIIKENNE	59 - 62 GHz (3 GHz) Kiinteä liikenne		CEPT:n suositus T/R 22-03.
RADIOPAIKANNUS	59 - 64 GHz (5 GHz) Radiopaikannus		CEPT:n suositus T/R 22-03.
SIIRTYVÄ LIIKENNE	61,000 - 61,500 GHz (Osa-alueen ala- ja yläraajataajuudet) (0,500 GHz) Yleiset lyhyen kantaman radio- lait- teet (SRD)		Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 100 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. 61,0 - 61,5 GHz ISM (S5.138).
	62 - 63 GHz (1 GHz) Siirtyvä liikenne		CEPT:n suositus T/R 22-03.

RADIOPAIKANNUS	63 - 64 GHz (1 GHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		
66 - 71 GHz SIIRTYVÄ LIIKENNE	66 - 71 GHz (5 GHz) Siirtyvä liikenne		
RADIONAVIGOINTI	Radionavigointi		
RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIIKENNE	Radionavigointisatelliitit		
SIIRTYVÄ SATELLIITTILIIKEN- NE	Siirtyvä satelliittiliikenne		

76 - 81 GHz RADIOPAIKANNUS	76 - 77 GHz (Osa-alueen ala- ja ylärajataajuudet) (1 GHz) Lyhyen kantaman radiolaitteet (SRD)		Ainoastaan ajoneuvotutkat. Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään: huipputeho 316 W EIRP, keskimääräinen teho 100 W EIRP, keskimääräinen teho pulssitutkille 225 mW EIRP. Standardi EN 301 091-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. ERC:n päätös ERC/DEC/(92)02. THK:n päätös 18.11.1992.
Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliit- tiliikenne	76 - 81 GHz (5 GHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luo- kassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
92 - 95 GHz KIINTEÄ SATELLIITTIK- LIKENNE (MAASTA SATELLIITTIIN)	92 - 95 GHz (3 GHz) Kiinteä satelliittiliikenne	Maa-asema (TC) TX Avaruusasema (EC) RX	
KIINTEÄ LIIKENNE	Kiinteä liikenne		

RADIOPAIKANNUS	Radiopaikannus		Lyhyen kantaman tutkat.
SIIRTYVÄ LIIKENNE	Siirtyvä liikenne		
Radioastronomia	Radioastronomia	Radioastronomian asema (RA) RX	Spektriviivamittaukset.
KAUKOKARTOITUSSATELLIIT- TILIIKENNE	94,000 - 94,100 GHz (0,100 GHz) Kaukokartoitussatelliitit		Satelliiteissa olevat pilvitutkat (S5.562).
95 - 100 GHz RADIOASTRONOMIA	95 - 100 GHz (5 GHz) Radioastronomia	Radioastronomian asema (RA) RX	Kontinuumi- ja spektriviivamittaukset.
RADIONAVIGOINTI	Radionavigointi		
RADIONAVIGOINTISATELLIIT- TILIIKENNE	Radionavigointisatelliitit		
SIIRTYVÄ LIIKENNE	Siirtyvä liikenne		
SIIRTYVÄ SATELLIITTILIIKEN- NE	Siirtyvä satelliittiliikenne		
126 - 134 GHz KIINTEÄ LIIKENNE	126 - 134 GHz (8 GHz) Kiinteä liikenne		

RADIOPAIKANNUS SIIRTYVÄ LIIKENNE	Radiopaikannus Siirtyvä liikenne		
134 - 142 GHz SIIRTYVÄ LIIKENNE	134 - 142 GHz (8 GHz) Siirtyvä liikenne		
RADIONAVIGOINTI	Radionavigointi		
RADIOASTRONOMIA	140,690 - 140,980 GHz (0,290 GHz) Radioastronomia		(S5.555).
142 - 144 GHz RADIOAMATÖÖRI- JA RADIOAMATÖÖRISATELLIIT- TILIIKENNE	142 - 144 GHz (2 GHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho perusluokassa ja tietoliikenneluokassa enintään 30 W. Modulaatiohuipputeho 120 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.

144 - 149 GHz Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliit- tiliikenne	144,000 - 144,680 GHz (0,680 GHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
RADIOPAIKANNUS	144 - 149 GHz (5 GHz) Radiopaikannus		
RADIOASTRONOMIA	144,680 - 144,980 GHz (0,300 GHz) Radioastronomia		(S5.555).
Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliit- tiliikenne	144,980 - 145,450 GHz (0,470 GHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.

RADIOASTRONOMIA	145,450 - 145,750 GHz (0,300 GHz) Radioastronomia		(S5.555).
Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliittiliikenne	145,750 - 146,820 GHz (1,070 GHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
RADIOASTRONOMIA	146,820 - 147,120 GHz (0,300 GHz) Radioastronomia		(S5.555).
Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliittiliikenne	147,120 - 149,000 GHz (1,880 GHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevyystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.

190 - 200 GHz SIIRTYVÄ LIIKENNE RADIONAVIGOINTI	190 - 200 GHz (10 GHz) Siirtyvä liikenne Radionavigointi		
241 - 248 GHz Radioamatööri- ja radioamatöörisatelliit- tiliikenne	241 - 248 GHz (7 GHz) Radioamatööri- ja Radioamatöörisatelliittiliikenne		Määräys THK6. Pätevystodistus vaaditaan. Lähettimen teho yleisluokassa ja teknillisessä luokassa enintään 150 W. Modulaatiohuipputeho 600 W, mikäli lähetteen kantoaaltoa on vaimennettu vähintään 6 dB.
RADIOPAIKANNUS	244 - 246 GHz (Osa-alueen ala- ja yläraajataajuudet) (2 GHz) Yleiset lyhyen kantaman radio- lait- teet (SRD)		Luvasta vapautettuja laitteita, katso tarkemmat kanavat THK:n määräyksestä THK 15 (tämän taulukon liite 7). Säteilyteho enintään 100 mW EIRP. Standardi EN 300 440-1. SRD suositus ERC/REC/70-03. 244 - 246 GHz ISM (S5.138).
252 - 265 GHz RADIOASTRONOMIA	252 - 265 GHz (13 GHz) Radioastronomia		

RADIONAVIGOINTI SIIRTYVÄ LIIKENNE	Radionavigointi Siirtyvä liikenne		
---	--------------------------------------	--	--

8 Lähteet

8.1 Henkilölähteet

Bäckström Rolf, Merenkululaitos

Caselius Ari, Viestintävirasto

Chen Ruizhi, Geodeettinen laitos

Hapuoja Vesa, Tracker Oy

Heikonen Kaisu, Merenkululaitos

Hilksa Lassi, Liikenne- ja viestintäministeriö

Kihniä Ilkka, Fastrax

Koivukoski Janne, Pelastusosasto, SM

Koponen Jarmo, Ilmavoimien Esikunta

Lindfors Lauri, Autoliitto

Lindfors Pentti, Viestintävirasto

Louet Merja, Ultracom Oy

Mannermaa Jari, Nokia Corporation

Martin Johansson, Tielaitos

Nickul Erkki, Helsingin kaupungin liikennelaitos

Peltonen Kari, Metsäliitto

Piilola Jukka, Ilmailulaitos

Pikkarainen Kalle, Viestintävirasto

Rainio Antti, Navinova Oy

Rantanen Matti, Puolustusvoimat

Syrjärinne Jari, Nokia

Tenhunen Jouko, Ilmailulaitos

Tuurnala Tiina, Merenkululaitos

Uunila Toni, Ultracom Oy

Vepsäläinen Seppo, Helsingin kaupungin liikennelaitos

Öörni Seppo, Liikenne- ja viestintäministeriö

8.2 Kirjallisuus- ja internet-lähteet

Booz-Allen & Hamilton S.A ERNP-raportti (European radionavigation plan)

International Telecommunication Union (1998). Radio Regulations, Edition of 1998, Part 1 Articles. Lainaus kohdasta Article S1, Section I - General terms. ISBN 92-61-07621-1.

Radionavigeringsnämnden. Sjöfartsverket. Radionavigeringsplan för Sverige år 2000. Sverige 2000. www.sjofartsverket.se/tabla-d/pdf/d14/utredningar/rnp2000.pdf

(Web-lähteisiin viitattu 2.5.2002)

http://esamultimedia.esa.int/docs/egnos/estb/Publications/NAVITEC%202001/estb_navitec_final.pdf

http://press.nokia.com/PR/200203/851859_5.html

http://saldo.kauppalehti.fi/2001/1123/osakkeet/20011123_oy15Ben.shtml

http://saldo.kauppalehti.fi/2002/0111/osakkeet/20020111_oy15Ben.shtml

<http://www.autoliitto.fi/>

http://www.esa.int/export/esaSA/ESALSUPZ9NC_telecom_0.html

http://www.fastrax.fi/pdfs/evkit/iTRAX_ID.pdf

<http://www.ficora.fi/suomi/document/THK15Q2001M.pdf>

<http://www.ficora.fi/suomi/radio/tsohjelma230402.htm>

<http://www.fma.fi/>

<http://www.galileo-pgm.org/indexdrsr.htm>

<http://www.intermin.fi/>

<http://www.kauppalehti.fi/ys/VAI/>

<http://www.kotiposti.net/navistre/sivut/info/gpstietoutta.html>

<http://www.nokia.com/phones/9210i/popups/lam-1.html>

<http://www.research.microsoft.com/~padmanab/papers/infocom2000.pdf>

<http://www.rhk.fi/>

<http://www.rssi.ru/SFCSIC/nagu.txt>

<http://www.tracker.fi/Finland/maximaf.htm>

<http://www.virve.com/tavoitteet/tavoitteet.html>

http://www.yellow.de/prod/nokia/e_prod_nokia_k_gps9210.stm

8.3 Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta

Rainio, Antti (toim.). VTT Tietotekniikka. Henkilökohtainen navigointi, Markkinat, teknologia ja sovellukset. Espoo 2000.

U.S. Department of Defense and U.S. Department of Transportation. Federal Radionavigation Plan - 2001. USA 2001. <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/frp2001/>