

Teemu Rönkkö

**Verkkopaikannukseen perustuvan hätäpaikannuspalvelun
haasteet**

Tietojärjestelmätieteen

Pro Gradu -tutkielma

10.7.2008

Jyväskylän yliopisto
Tietojenkäsittelytieteidenlaitos
Jyväskylä

TIIVISTELMÄ

Rönkkö, Teemu Juho Taavetti

Verkkopaikannukseen perustuvan hätäpaikannuspalvelun haasteet / Teemu Rönkkö

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2008

94 s.

Tietojärjestelmätieteen Pro gradu -tutkielma

Tässä laadullisessa tutkimuksessa käsitellään verkkopaikannukseen perustuvan hätäpaikannuspalvelun haasteita. Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on ollut selvittää, mitkä tekijät rajoittavat hätäpuhelun paikantamista. Tutkimuksessa haastateltiin hätäkeskuslaitoksen ja pelastustoimen asiantuntijoita, joiden lausuntojen perusteella hätäpuhelun paikantamiseen liittyvät haasteet voitiin määritellä. Tutkimuksen tarkoituksena on ollut myös selvittää, voidaanko vaihtoehtoisilla paikannusmenetelmillä parantaa hätäpaikannuksen laatua.

Tutkimuksen viitekehyksenä toimivat yleiset hätäpaikannukselle asetetut toiminnalliset vaatimukset. Näitä vaatimuksia hyödyntämällä ja haastatteluiden yhteydessä esiin tulleiden vaatimusten perusteella tutkimuksessa vertailtiin joukkoa paikannusmenetelmiä. Tutkimus osoitti, että hätäpaikannuspalvelun haasteet liittyvät pääasiassa paikannustarkkuuteen sekä toimintaympäristöihin. Tutkimus osoitti myös, että hätäpaikannuspalvelun ongelmien korjaamiseen ei ole vain yhtä tiettyä paikannusmenetelmää. Esille nousi joukko satelliitti- ja verkkopohjaisia paikannusmenetelmiä, jotka soveltuvat myös hätäpuhelupaikannukseen.

AVAINSANAT: Hätäpaikannuspalvelu, hätäpaikannus, paikannusmenetelmä, paikannustarkkuus, paikkatieto, toiminnalliset vaatimukset

ABSTRACT

Rönkkö, Teemu Juho Taavetti

The challenges of network-based emergency positioning services / Teemu Rönkkö

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2008

94 pages

Master's thesis for information systems and computer science

The Master's thesis examines the challenges of network-based emergency positioning services. The fundamental goal has been to determinate the factors that are limiting positioning of emergency calls. The experts of the Emergency exchange and Rescue operation were interviewed for the Master's thesis. Based on the statements the challenges related to positioning of emergency calls were defined. In addition to this Master's thesis examines whether it is possible to improve the quality of emergency positioning by using alternative positioning methods.

The subtext is composed of the operational requirements of emergency positioning in the study. By exploiting these requirements and operational requirements brought up in interviews positioning methods were compared. The study showed the problems of emergency positioning service are mostly related to positioning accuracy and operational environment. The conclusion of the study is that there are satellite-based and network-based methods which can be used to improving the quality of emergency positioning.

KEYWORDS: Emergency positioning services, emergency positioning, positioning method, positioning accuracy, location information, operational requirements

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	6
2 VERKKOPAIKANNUKSEEN PERUSTUVAT HÄTÄPALVELUT.....	8
2.1 Hätäpuhelupaikannus.....	8
2.2 Hätätekstiviestit.....	10
2.3 eCall -järjestelmä	12
2.4 Viranomaisten operatiiviset paikkatietosovellukset.....	14
3 HÄTÄPALVELUIDEN TOIMINNALLISET VAATIMUKSET	16
3.1 Sijaintitieto.....	16
3.2 Palvelun laatu	17
3.3 Luotettavuus	19
3.4 Prioriteetti.....	20
3.5 Tietoturvavelvoitteet	20
3.6 Tietosuojavaatimukset.....	21
4 PAIKANNUSJÄRJESTELMÄT JA -MENETELMÄT.....	23
4.1 Paikannusjärjestelmät.....	23
4.2 Satelliittipaikannus	26
4.3 Verkkopaikannus	33
4.4 Lähipaikannus	42
5 TUTKIMUSMETODI	49
5.1 Tutkimuskohde	49
5.2 Tutkimusmetodin valinta	50
5.3 Tutkimusmetodin toteutus	53

6 HAASTATTELUT	54
6.1 Nykytila	54
6.2 Haasteet	56
6.3 Vaatimukset	57
6.4 Kehityshankkeet.....	58
7 ANALYYSI JA YHTEENVETO	59
7.1 Analyysin lähtökohdat	59
7.2 Paikannusmenetelmien tarkkuudet	59
7.3 Paikannusjärjestelmien soveltuvuus toimiympäristöihin.....	62
7.4 Yhteenveto.....	65
8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	70
8.1 Tutkimustulokset	70
8.2 Johtopäätökset	73
8.3 Tutkimuksen luotettavuus ja yleistettävyys	73
8.4 Lähestymistavan onnistuminen tutkimuksessa	75
8.5 Jatkotutkimusaiheet.....	76
LÄHTEET	78
LIITE 1. EU -DIREKTIIVI HÄTÄPUHELUIJEN PAIKANTAMISEEN.....	89
LIITE 2. HÄTÄTEKSTIVIESTITJÄRJESTELMÄ RAJOITTEET	90
LIITE 3. VIRANOMAISVERKON KÄYTTÄJÄT	92
LIITE 4. PAIKANNUSJÄRJESTELMIEN HIERARKIA.....	93
LIITE 5. HAASTATTELUKYSYMYKSET	94

1 JOHDANTO

Hätäpaikannuspalvelut perustuvat Yhdysvalloissa asetettuun E911 -säädökseen, jonka mukaan matkaviestinoperaattoreiden on voitava paikantaa matkaviestinverkossa oleva matkaviestimen sijaintitieto soitetun hätäpuhelun (Emergency Call) perusteella (Federal Communications Commission 2006). FCC (The Federal Communication Commission) on määrännyt, että laitepohjaisella (handset-based) paikannusmenetelmällä matkaviestin on paikannettava 50 metrin tarkkuudella 67 prosentissa hätäpuheluista ja 150 metrin tarkkuudella 95 prosentissa hätäpuheluista. Verkkopohjaisella (network-based) paikannusmenetelmällä matkaviestin on paikannettava 100 metrin tarkkuudella 67 prosentissa ja 300 metrin tarkkuudella 95 prosentissa soitetuista hätäpuheluista (Federal Communications Commission 2000, 3). Euroopan Unionissa vastaava hätäpalvelun, E112, toteuttaminen on säädetty Yleispalveludirektiivissä (LIITE 1).

Matkaviestinverkossa tapahtuva hätäpaikannus (Emergency Positioning) on merkittävä osa viranomaisten hätäpalveluita (Emergency Services). Hätäpalveluilla pyritään varmistamaan kansalaisten turvallisuus ja avun saanti onnettomuustilanteissa, joissa on olemassa välitön hengen- tai loukkaantumisen vaara. Hätäkeskuslaitoksen matkaviestimen paikannusjärjestelmä mahdollistaa paikkatiedon (Location Information, LI) kyselyn hätäkeskuksen tietojärjestelmästä kaikkien Suomessa toimivien matkaviestinoperaattoreiden verkon matkaviestimiin.

Kaakkois-Suomen hätäkeskuksen tutkimuksen mukaan (Kaleva 2006) hätäpuheluiden tekniseen paikantamiseen liittyy myös haasteita, joista hätäpaikannuspuheluiden on todettu epäonnistuvan joka kolmannessa tapauksessa. Tällaiset tilanteet vaikuttavat oleellisesti viranomaisten

toimintanopeuteen, koska tarkkaa paikkatietoa ei välttämättä ole saatavilla hädässä olevasta kohteesta. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millaisia ongelmia liittyy hätäpaikannuspalvelun käyttöön ja voidaanko hätäpaikannuspalvelun laatua parantaa käyttämällä vaihtoehtoisia paikannusmenetelmiä. Tutkimuksen tavoitteiden perusteella tutkimusongelma on asetettu seuraavasti:

"Millaisia haasteita liittyy hätäpaikannuspalveluiden toteuttamiseen?"

Tutkimusongelma on myös jaettu osaongelmiin, joiden kautta tutkimusongelmaa käsitellään:

1. *Millaisia hätäpaikannuspalveluita on käytössä?*
2. *Mitkä ovat hätäpaikannuspalveluiden toiminnalliset vaatimukset?*
3. *Mikä on hätäpaikannuksen nykytila?*
4. *Millaisia menetelmiä hyödyntäen hätäpaikannusta voidaan tehostaa?*

Tutkimus on jaettu kahdeksaan lukuun. Toisessa luvussa esitellään käytössä olevia verkkopaikannuksen pohjautuvia hätäpalveluita ja niiden ominaisuuksia. Kolmas luku käsittelee hätäpaikannuspalvelun toiminnallisia vaatimuksia, jotka toimivat kriteereinä arvioitaessa paikannusjärjestelmiä ja -menetelmiä. Tutkimuksen neljännessä luvussa käsitellään käytössä olevia paikannusjärjestelmiä ja -menetelmiä. Luvussa viisi esitellään metodi, jonka mukaan tutkimus on toteutettu. Tutkimukseen liittyvät haastattelut ovat purettu kuudennessa luvussa. Luvussa seitsemän suoritetaan itse tutkimuksen analyysi ja esitetään tutkimuksen lopputulokset. Kahdeksannessa luvussa esitellään yleiset johtopäätökset, jotka tulivat esille tutkimuksen yhteydessä.

2 VERKKOPAIKANNUKSEEN PERUSTUVAT HÄTÄPALVELUT

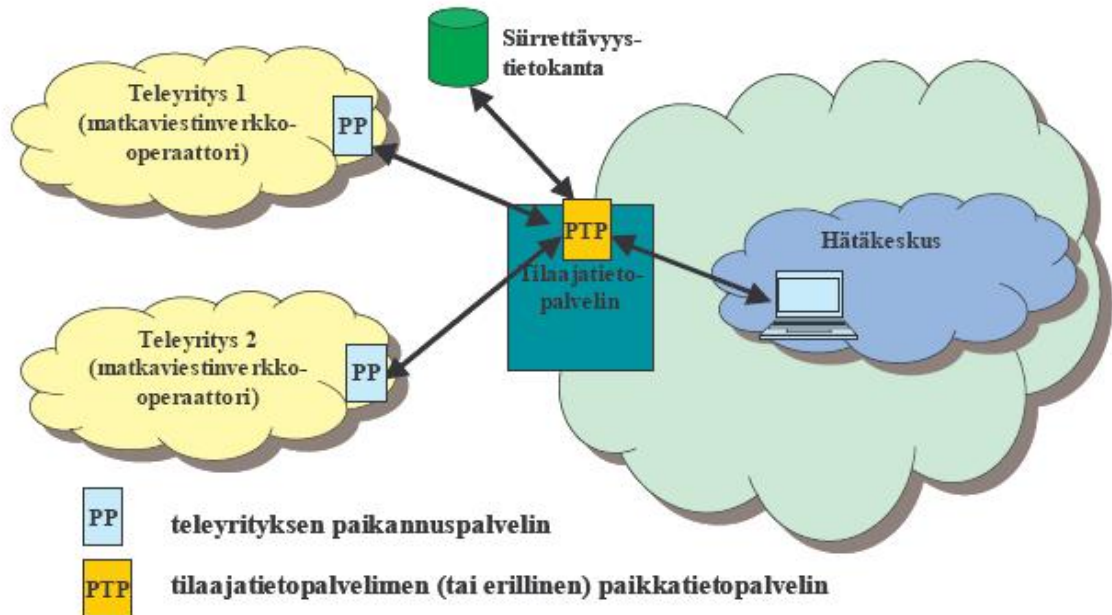
Hätäpaikannus tehdään vain tilanteessa, jossa käyttäjän joko tiedetään tai epäillään olevan avun tarpeessa. Luotettava sijaintitiedon määrittäminen edellyttää häiriöttömän ja esteettömän toimintaympäristön, jossa matkaviestinverkon signaalit voivat edetä vapaasti. Hätäpaikannukseen käytettävien menetelmien paikannustarkkuus ja luotettavuus ovat riippuvaisia teleyritysten matkaviestinverkon kyvystä tuottaa sijaintitietoa (Viestintävirasto 2004c, 3). Tavallisesti paikannettavan kohteen sijaintitieto voidaan määrittää suhteellisen tarkasti. Tilanteet, joissa paikannettava kohde sijaitsee sisätiloissa, voivat olla kuitenkin haasteellisia johtuen matkaviestinverkon signaalien kohtaamista esteistä, jolloin tuotettu sijaintitieto voi poiketa huomattavasti todellisesta sijainnista.

2.1 Hätäpuhelupaikannus

Hätäpuhelupaikannus

Hätäkeskukset paikantavat hätäpuhelun teleyrityksen matkaviestinverkossa tilaajanumeron perusteella (KUVIO 1). Tällöin hätäkeskusjärjestelmän vastaanottama tilaajanumero välitetään paikkatietopyynnössä erilliselle paikannuspalvelimelle, joka kuuluu yhtenä osana teleyrityksen matkaviestinverkkoon. Paikannuspalvelimen saatua paikannuspyynnön, määritetään paikannettavan teleyrityksen matkaviestinverkossa olevan matkaviestimen sijaintitieto ja palautetaan se takaisin hätäkeskusjärjestelmälle,

jonka perusteella lähetetään pelastusviranomaiset oikeaa kohteeseen. (Viestintävirasto 2004d, 5.)



KUVIO 1: Hätäkeskusten suorittama hätäpuhelukojen paikannus (Viestintävirasto 2004d, 5).

Teleyritykset käyttävät hätäpuhelukojen paikannukseen Viestintäviraston (2004c, 3) mukaan samoja paikannusmenetelmiä kuin kaupallisissa paikannukseen perustuvissa palveluissa. Tällöin myös paikannustarkkuus on yhtä hyvä kuin teleyritys voi tarjota matkaviestinverkossaan. Hätäpuhelukojia ei voida kuitenkaan paikantaa ilman matkaviestimen SIM -korttia.

Hätäpuhelukojen paikannusmenetelmät

Hätäpuhelukojen paikannuksessa käytetään PULL -menetelmää, jolloin hätäkeskusjärjestelmä välittää kyselyn paikkatietopalvelulle matkaviestinverkosta tulleen puhelun perusteella (Viestintävirasto 2004c, 4).

Hätäpuhelupaikannuksessa käytetään myös PUSH -menetelmää, jolloin paikannus tapahtuu automaattisesti ja matkaviestimen sijaintitieto saadaan hätäpuheluiden yhteydessä.

PUSH -menetelmää ei kuitenkaan ole otettu käyttöön Suomessa, koska osa puheluista on aiheettomia, jolloin sijaintiedon määrittäminen on tarpeetonta. PULL -menetelmässä tämä voidaan suorittaa tarpeen vaatiessa. PUSH -menetelmä vaatisi myös teknisen arkkitehtuurin päivittämistä, joka lisäisi huomattavasti kustannuksia. PULL -menetelmä hyödyntää jo olemassa olevia teleyritysten kaupallisiin palveluihin tarkoitettuja menetelmiä, jotka ovat yksinkertaisia ja kustannustehokkaita. (Viestintävirasto 2006, 7.)

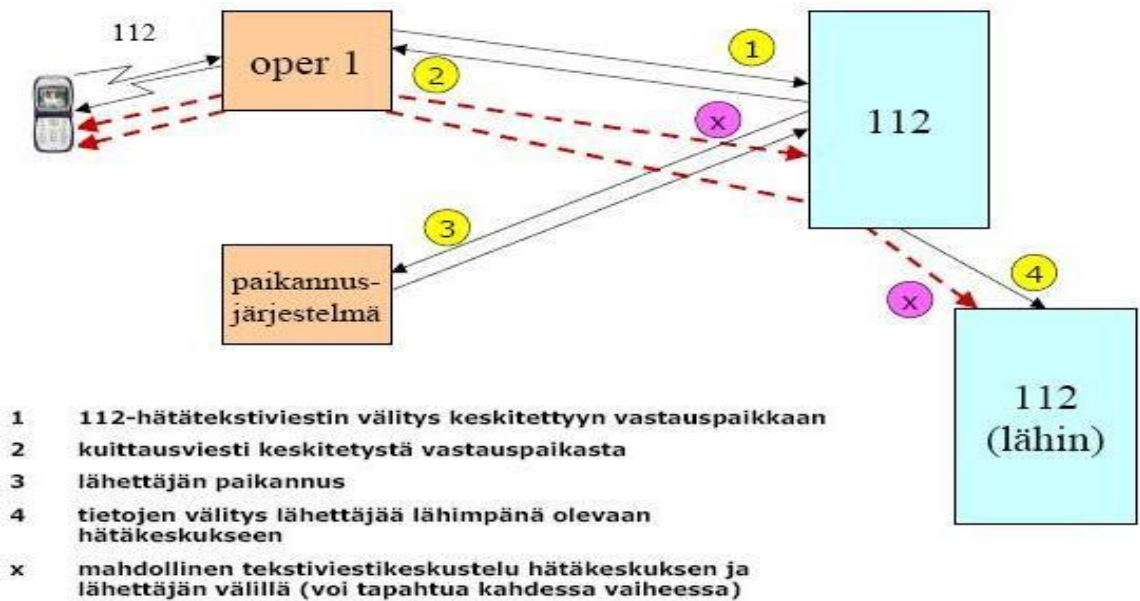
2.2 Hätättekstiviestit

Tausta

Hätättekstiviestien paikannuspalvelu perustuu ajatukseen, jolla pyritään saattamaan hätäpalveluiden saatavuus käyttäjille samalle tasolle muiden käyttäjien kanssa. Hätättekstiviestipaikannuspalvelun takana on Euroopan Unionin direktiivi, joka on saatettu voimaan Suomen viestintämarkkinalailla. Palvelua ei ole toistaiseksi vielä implementoitu Suomessa.

Periaateratkaisu

Hätättekstiviestipalvelussa 112-hätättekstiviesti välitetään yhteiseen vastauspaikkaan, jonka pohjalta matkaviestin paikannetaan käyttämällä hätäpuheluiden paikannusjärjestelmää. Saadun sijaintitiedon perusteella vastauskeskus välittää tiedot paikannetusta kohteesta lähimpää alueelliseen hätäkeskukseen (KUVIO 2) (Viestintävirasto 2005, 3).



KUVIO 2: Hätätekstiviestijärjestelmän toiminta (Viestintävirasto 2005, 4).

Viestintämarkkinalain 393/2003 § 55:n mukaan 112 -häätätekstiviesteistä ei voida periä maksua, koska käyttäjien on saatava yhteys hätäpalveluihin maksutta. Tietoa 112 -häätätekstiviesteistä ei saa myöskään liittää yhteyskohtaiseen maksuerittelyyn, koska kyseessä on sähköisen viestinnän tietosuojalakiin perustuva maksuton palvelu. (Viestintävirasto 2005, 10.)

112-hätätekstiviestijärjestelmän toiminnan kehitys

112-hätätekstiviestijärjestelmän toimintaan liittyy rajoituksia ja ongelmia, jotka vaativat kehitystyötä. Viestintäviraston (2005, 11 - 12) työryhmäraportin mukaan hätätekstiviestien luotettavuuden parantaminen sekä viiveet vaativat kehittämistä. Hätätekstiviestit kärsivät samoista ongelmista kuin tavalliset tekstiviestit, jolloin on mahdollista, että viestejä häviää verkkoon tai ne välittyvät hitaasti lähettäjältä hätäkeskukseen.

Hätätekstiviestien liikenne voi estyä täysin myös sekä operaattorista että käyttäjästä riippuvista tekijöistä. Käyttäjän tai operaattorin toimesta on voitu asettaa tiettyjä estoja, joista johtuen viestit eivät välttämättä välity matkaviestinverkossa. Hätätekstiviestien liikenne voi estyä myös tilanteissa, jolloin käyttäjä sijaitsee katvealueella tai johtuen rajallisen matkaviestinverkon aiheuttamasta tilapäisestä ruuhkasta (LIITE 2). (Viestintävirasto 2005, 11-12.)

Viestintäviraston (2005, 11) mukaan osa rajoituksista on suoraan riippuvaisia kansainvälisestä toiminnasta sekä yhteisistä standardeista. Korjauksia mahdollisiin ongelmiin voidaan joutua odottamaan kauankin, mikäli kansainvälinen toiminta ei kykene tuottamaan sopimusta ratkaisuun.

2.3 eCall -järjestelmä

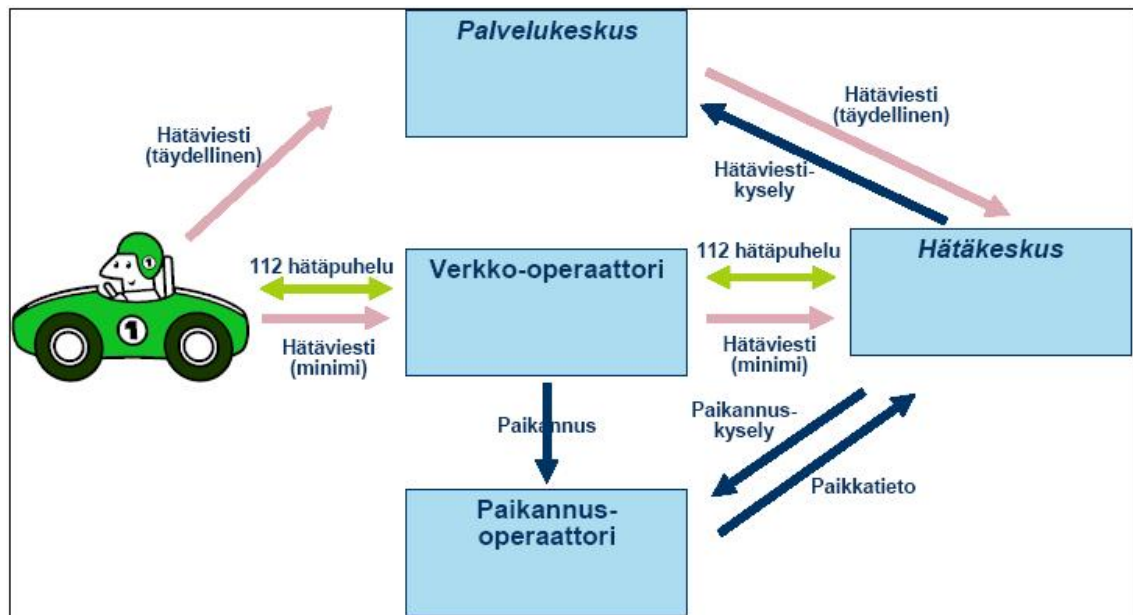
Tausta

eCall -järjestelmä pohjautuu Euroopan Unionin asettamaan tavoitteeseen, jolla pyritään puolittamaan liikennekuolemat vuoteen 2010 mennessä. Suomessa liikenteen aiheuttamissa kolareissa menehtyy 350 ihmistä vuodessa. Kolarit johtuvat pääasiassa ajoneuvojen kuljettajien heikentyneestä ajokunnosta. Tästä johtuen henkilöt eivät ole välttämättä itse kykeneviä hälyttämään apua paikalle. eCall -järjestelmän avulla ilmoitus onnettomuudesta on mahdollista välittää automaattisesti hätäkeskukseen. Menetelmän avulla pyritään vähentämään onnettomuuksissa menehtyneiden määrää alle 250:een (Rainio 2006).

Toimintaperiaate

eCall -hätäsoittojärjestelmällä tarkoitetaan ajoneuvoon kiinnitettyä järjestelmää, joka hätätilanteen sattuessa avaa automaattisesti puheyhteyden

hätäkeskukseen. eCall -järjestelmällä välitetään informaatiota tapahtumapaikalta hätäkeskukseen, jolloin saadaan selville onnettomuudessa mukana olleen ajoneuvon sijainti ja muuta hätäviestijärjestelmän tuottamaan informaatiota tapahtuneesta (KUVIO 3). (VTT 2004, 3.)



KUVIO 3: eCall -hätäviestijärjestelmän toimintaperiaate (VTT 2004, 3)

eCall -hätäviestijärjestelmän toiminta perustuu ajoneuvoissa olevien omien tai lisäantureiden toimintaan, joilla on mahdollista havaita automaattisesti ajoneuvossa tapahtuneita muutoksia kuten nopeuden äkillinen lasku, pyörähtäminen, lämpötilan nousu tai turvatyynyn laukeaminen (VTT 2004, 3). Yhteys hätäkeskukseen voidaan muodostaa manuaalisesti nappia painaen tai automaattisesti, jonka yhteydessä avataan puheyhteys ja välitetään järjestelmän tuottamat minim tiedot tapahtuneesta (Virtanen 2005, 39). Minimitiedot liittyvät aikaleimaan, milloin onnettomuus on tapahtunut. Järjestelmä välittää tiedon myös onnettomuuden sijainnista sekä suunnasta, jotta pelastusviranomaiset voidaan ohjata oikeaan paikkaan. eCall -järjestelmä pystyy myös tunnistamaan ja päättelemään onnettomuuden vakavuuden autossa

olevien sensorien perusteella. Hätäkeskukselle välitetään myös tunnistetiedot – kuka ajoneuvon omistaa. Euroopan Unionin tavoitteena on asetettu, että eCall – järjestelmä on täysin toimintakunnossa viimeistään vuonna 2009.

2.4 Viranomaisten operatiiviset paikkatietosovellukset

Pelastustoimi

Pelastustoimella on myös paikkatietojärjestelmiä, joita hyödynnetään operatiivisessa toiminnassa. Paikannusjärjestelmiä käytetään Koivukosken (2006, 21) mukaan pelastusyksikön oman sijainnin selvittämiseen ja esittämiseen pelastustoimea ohjaavassa johtokeskuksessa. Paikkatiedon perusteella voidaan valita optimaalisin reitti, jonka perustella pelastusyksiköt on mahdollista ohjata kohteeseen nopeinta ja lyhyintä reittiä. Paikannusjärjestelmiä hyödynnetään myös toimintavalmiusaikojen suunnittelussa, jonka pohjalta muodostetaan riskialuejaot. (Koivukoski 2006, 21.)

Viranomaisverkko - Virve

Viranomaisverkko, Virve, on TETRA -standardiin perustuvat verkko, jonka ETSI (European Telecommunications Standards Institute) on vahvistanut ainoana viralliseksi viranomaiskäyttöön tarkoitetuksi teknologiaksi (Gray 2004, 3). Radioverkon tarjoamat palvelut tehostavat käyttäjien turvallisuutta ja toimintaedellytyksiä erityistilanteessa. Suomessa viranomaisradioverkon käyttöön oikeutettuja ovat kaikki valtion ja kuntien turvallisuudesta vastaavat tahot (LIITE 3). Yhtenä palveluna on automaattipaikannus, jossa hätäkeskus, pelastusryhmän jäsenet sekä käyttäjä itse voivat tarvittaessa määrittää oman sijaintinsa. Valtioissa, joissa viranomaisverkkoa käytetään, verkon kattavuus on

puutteellinen. Suomessa radioverkko kattaa kuitenkin koko maan, jonka ylläpidosta vastaa Suomen erillisverkot (Suomen erillisverkot 2006).

3 HÄTÄPALVELUIDEN TOIMINNALLISET VAATIMUKSET

3.1 Sijaintitieto

Sijaintitieto (Location information) on paikkatiedon, nopeuden ja palvelun laatuun liittyvien ominaisuuksien kombinaatio (3GPP 2005, 11). Sijaintitieto esitetään vertausjärjestelmässä, jonka avulla paikannettavan kohteen absoluuttinen sijainti on mahdollista osoittaa yksiselitteisesti. Vertausjärjestelminä toimivat koordinaatti- ja osoitejärjestelmät. (Paikannussanasto 2002, 11.)

Paikkatieto

Paikkatieto (Geographic information) osoittaa paikannetun kohteen tai ilmiön sijaintitiedon. Paikkatiedolla kuvataan myös paikannettavan kohteen tai ilmiön ominaisuuksia, jolloin tietty kohde on mahdollista määrittää tarkemmassa muodossa. Paikannettavasta kohteesta voidaan esimerkiksi esittää sijaintitiedon lisäksi kohteen muoto, korkeus ja leveys.

Tämän ohella Viestintäviraston (2004a) mukaan ”paikkatiedolla tarkoitetaan tietoa, joka ilmaisee liittymän tai päätelaitteen, kuten matkapuhelimen, maantieteellisen sijainnin ja jota käytetään muuhun tarkoitukseen kuin verkkopalvelun tai viestintäpalvelun toteuttamiseen.”. Paikkatiedon merkitys korostuu etenkin hätäpalveluissa paikannettavan kohteen sijaintitiedon määrittämisessä. Paikkatieto -termiä käytetään usein puhekielessä synonyyminä sijaintitiedolle.

Nopeus

Nopeus (Velocity) osoittaa paikannettavan kohteen kulkusuunnan ja vauhdin (3GPP 2005, 11). Nopeus voidaan jakaa sekä horisontaaliseen (horizontal velocity) että vertikaaliseen nopeuteen (vertical velocity), joilla esitetään täsmälliset tiedot kohteen etenemissuunnasta ja nopeudesta (3GPP 2004, 22). Informaatio kohteen kulkusuunnasta ja -nopeudesta on edellytys satelliittipaikannukseen perustuvassa sijaintitiedon määrittämisessä. Häätäpaikannuspalveluissa tieto paikannettavan kohteen vauhdista ja suunnasta ei ole välttämätön.

3.2 Palvelun laatu

Palvelunlaadulla (Quality of Service, QoS) tarkoitetaan tarkkuutta (accuracy) sekä vasteaikaa (response time). Käsitteenä tarkkuus voidaan jakaa horisontaaliseen (horizontal) ja vertikaaliseen (vertical) tarkkuuteen. Paikannustarkkuus on molemmissa tapauksissa aina vain estimaatti todellisesta sijainnista. Paikannustarkkuus esitetään tavallisesti metreinä todellisen sijaintitiedon ja arvioidun sijaintitiedon välisenä erona. Paikannuspalvelusta riippuen palvelunlaadun osoittamiseen vaaditaan joko yhtä tai useampaa palvelunlaatua kuvaavaa ominaisuutta. (3GPP 2005, 11.)

Horisontaalinen tarkkuus

Horisontaalisella paikannustarkkuudella (horizontal accuracy) osoitetaan paikannettavan kohteen sijaintitieto vaakasuunnassa (3GPP 2003, 5). Saavutettavaan paikannustarkkuuteen vaikuttavat käytettävän paikannusjärjestelmän ja menetelmän ohella myös tekijät, jotka liittyvät signaalien etenemiseen. 3GPP (2005, 13) - spesifikaatioiden mukaan

häätäpalveluille asetetut vaatimukset paikannustarkkuudesta vaihtelevat maittain ja alueittain.

Yhdysvaltain FCC (Federal Communication Commission) on mandaatissaan määrittänyt vaatimukset verkkopaikannukseen pohjautuvien häätäpalveluiden paikannustarkkuudelle. Verkkopohjaisilla ratkaisulla (network-based solutions) on päästävää 100 metrin paikannustarkkuuteen 67 prosentissa tapauksista, 300 metriin 95 prosentissa tapauksista. Päätelaitte pohjaisilta ratkaisuilta (handset-based solutions) edellytetään 50 metrin paikannustarkkuutta 67 prosentissa tapauksista ja 150 metrin paikannustarkkuutta 95 prosentissa tapauksista. (Federal Communications Commission 2006.)

Vertikaalinen tarkkuus

Vertikaalinen tarkkuus (vertical accuracy) ilmaisee paikannuspalveluissa vaadittavan pystysuoran paikannustarkkuuden (3GPP 2003, 5). Vertikaalisella tarkkuudella voidaan tarvittaessa selvittää maaton ja paikannettavan kohteen välinen korkeusero. Samuel, Arora ja Narasimham (2003, 30) korostavat vertikaalisen tarkkuuden merkitystä ympäristöissä, joissa on voitava määrittää paikannettavan kohteen sijainti maatasoon nähden. Häätäpalveluissa vertikaalista tarkkuutta voidaan hyödyntää selvittämällä paikannettavan kohteen sijainti useampi kerroksisissa rakennuksissa.

Vasteaika

Vasteaika (Response time) tarkoittaa aikaa, miten nopeasti paikannuspalvelupyntöön on mahdollista vastata. Paikannuspalvelusta riippuen kullekin palvelulle on määritetty tarkat vasteajat, joiden puitteissa mahdollinen vastaus palvelupyntöön on välitettävä palvelua pyytäneelle. QoS

-vaatimusten välillä on mahdollista tehdä kompromisseja. Wohlertin (2001, 22) mukaan tarkkuudesta on mahdollista tinkiä, jotta palvelupyyntö on mahdollista toteuttaa mahdollisimman nopeasti. Häätäpalveluiden osalta ei ole määritetty tiettyä vasteaikaa, vaan palvelunpyyntöön vastaaminen on sidoksissa käytössä olevaan paikannusjärjestelmään. Vastaus paikannuspalvelupyntöön on kuitenkin välitettävä minimaalisella viiveellä (3GPP 2005, 14).

3.3 Luotettavuus

Paikannuspalveluiden luotettavuus (reliability/dependability) on keskeinen QoS:n toteutumista kuvaava tekijä. Luotettavuus ilmaisee, miten useassa tapauksessa on mahdollista päästä QoS:ssa määritettyihin paikannustarkkuuksiin (3GPP 2005, 14). Luotettavuus ilmaisee paikannustarkkuuden metreissä ja todennäköisyys prosentteina - kuinka monessa tapauksessa on mahdollista päästä tiettyyn paikannustarkkuuteen. Katasonov (2006, 25) on väitöskirjassaan tarkastellut luotettavuuskäsitettä eri näkökulmista:

1. Dataan liittyvä luotettavuus (data reliability): virheellinen ja puuttuva data voi näkyä heikentyneenä palvelunlaatuna.
2. Ohjelmistoon liittyvä luotettavuus (software reliability): koskee paikannuspalvelimen ja päätelaitteen ohjelmistoja, joiden ongelmat näkyvät ohjelmointivirheinä.
3. Algoritmeihin ja teknologiaan liittyvä luotettavuus (algorithm and technological reliability): toimimattomuus aiheuttaa epätarkkuuksia sijaintitiedon määrittämisessä.

Hätäpalveluille asetetut luotettavuusvaatimukset ovat tavallisesti korkeat. Euroopan Unionissa hätäpaikannuspalveluille ei ole asetettu yhtä tiukkoja luotettavuusvaatimuksia kuin Yhdysvalloissa. Yleisesti EU:ssa vaaditaan 67 prosentin varmuutta hätäpaikannuspalveluilta. Hätäpalveluiden kehityksen myötä myös luotettavuudelta vaaditaan enemmän. Tavoitteena on tilanne, jolloin hätäpaikannukselta edellytetään 95 prosentin varmuutta. (Ludden, Pickford, Medland, Johnson, Brandon, Axelsson, Viddal-Ervik, Dorgelo, Boroski & Malenstein 2002, 21.)

3.4 Prioriteetti

Paikannuspalveluihin kohdistuvat paikannuspalvelupyynnöt asetetaan tärkeysjärjestykseen palvelun tärkeyden perusteella (Wohlert 2001, 28). Tavallisesti paikannuspalveluilta ei edellytetä korkeaa prioriteettitasoa paikannuspyyntöjen käsittelyssä. Tarvittaessa palveluiden paikannuspyyntöjä voidaan kuitenkin priorisoida korkeammalle tasolle. Hätäpalveluilta edellytetään palvelun kriittisestä luonteesta johtuen nopeampaa ja luotettavampaa paikannuspalvelupyyntöjen käsittelyä sekä sijaintitiedon välitystä paikannuspalvelua pyytäneelle. (3GPP 2005, 14.) Paikannuspalvelut ovat lainsäädännöstä riippuvaisia, joten paikannuspalveluiden prioriteettiaste on määritelty kunkin maan tai alueen omassa lainsäädännössä viranomaisten toimesta.

3.5 Tietoturvavelvoitteet

Paikannuspalveluiden ylläpitäjät ovat velvollisia vastaamaan palvelun tietoturvasta. Tietoturvalla yleisesti tarkoitetaan tilannetta, jolloin mahdolliset tietoturvariskit ovat hallinnassa. Viestintävirasto (2004b) mukaan tämä

edellyttää paikannuspalvelujen ylläpitäjiltä hallinnollisia ja teknillisiä toimia, joilla on mahdollista taata tiedon luottamuksellisuus, eheys ja käytettävyys.

Luottamuksellisuus takaa paikannustiedon käsittelyn vain tähän oikeutetuille henkilöille. Eheydellä varmistetaan tiedon virheetön käsittely. Käytettävyydellä tarkoitetaan paikannustiedon ja siihen liittyvien käsittelytapojen saatavuutta niiden tahojen toimesta, jotka ovat tähän valtuutettuja. (Viestintävirasto (2004b.)

Tietoturvalainsäädäntö on määritetty maiden ja/tai alueiden sisäisissä säädöksissä yksityiskohtaisimmin. Euroopan Unionin alueella yleisesti tietoturvalainsäädäntö on esitetty direktiiveissä, joita sovelletaan jäsenvaltioiden omissa lainsäädännöissä. Suomessa ei ole yhtenäistä tietoturvalainsäädäntöä, vaan tämä on koottu useisiin asetuksiin sekä lakeihin. Suomessa lakien toteumista valvoo Viestintävirasto. (Viestintävirasto (2004b.)

viestintäverkosta riippumatta hätäpaikannuspalveluilta edellytetään paikannustiedon turvallisista ja luotettavaa välitystä tavalla, jolla voidaan varmistaa paikannustiedon korruptoitumattomuus, saatavuus sekä estää paikkatiedon joutuminen sivulliselle. (3GPP 2005, 15.). Esimerkiksi matkaviestinverkossa hätäpaikannuspalveluilta vaaditaan samaa tietoturvasoaa kuin GSM -verkossa.

3.6 Tietosuojavaatimukset

Tietosuojalla tarkoitetaan yleisesti toimia tietojen luottamuksellisuuden takaamiseksi, jolloin paikannuksen yhteydessä syntynyttä tietoa, henkilötietoja ja sijaintitietoa, voivat käsitellä vain tähän oikeutetut tahot (Tiivis tietoturvasanasto 2004, 11).

Yleisesti paikannus- ja paikkaperusteisissa palveluissa tietojen käsittelylle on löydyttävä laillinen perusta sekä paikannettuun henkilöön liittyvän tietojenkäsittelyn täyttävä henkilötietolakiin liittyvät velvoitteet. Viranomaiset joutuvat käsittelemään sijaintitiedon ohella myös henkilötietoja, jolloin edellä olevien velvoitteiden on täytyttävä. Tavallisesti tietojen käsittelyyn liittyy tietojen keräämistä, tallentamista, käyttöä, luovutusta, yhdistämistä, säilyttämistä sekä tuhoamista. (Viestintävirasto 2004a.)

Tärkeimmät tietosuojan liittyvät velvoitteet ovat kuvatut henkilötietolaissa. Henkilötietolaki määrittää henkilötietojen käsittelyn ja henkilötietorekisterin ylläpidon vaatimukset. Henkilötietolaki määrittää myös velvoitteet hätäpaikannuksen yhteydessä syntyneen sijaintitiedon käsittelyyn. Näitä velvoitteita on myös täydennetty sähköisen viestinnän tietosuojalaissa (Tervo-Pellikka 2004, 11).

Hätäpaikannuspalvelu poikkeaa muista paikannus- ja paikkaperusteisista palveluista yksityisyyden suojan osalta. Tavallisesti paikannustoimenpide on vahvistettava tai tälle on myönnettävä lupa. Hätäpaikannuspalveluiden osalta tämä voidaan kuitenkin ohittaa, jolloin toimenpide suoritetaan ilman asianomaisen lupaa. (3GPP 2005, 16.)

4 PAIKANNUSJÄRJESTELMÄT JA -MENETELMÄT

4.1 Paikannusjärjestelmät

Paikannusjärjestelmien hierarkkinen suhde

Paikannusjärjestelmillä tarkoitetaan sijaintiedon määrittämiseen käytettävää järjestelmää. Paikannusjärjestelmät voidaan jakaa hierarkian mukaan kolmeen päätasoon, jotka jakautuvat useampaan paikannusmenetelmään infrastruktuurin perusteella (Paikannussanasto 2002, 26).

1. Satelliittipaikannusjärjestelmä
2. Verkkopaikannusjärjestelmä
3. Lähipaikannusjärjestelmä

Hierarkkisella suhteella tarkoitetaan käsitesuhdetta, joka vallitsee yläkäsitteen ja alakäsitteen välillä. Esimerkkinä käsitesuhteesta on paikannuksen (yläkäsite) ja satelliittipaikannuksen (alakäsite) välinen suhde. Alakäsite toimii yläkäsitteen erikoistapauksena (LIITE 4).

Paikannusjärjestelmien ominaisuudet

Paikannusjärjestelmien ominaisuudet kuvaavat näkökulmia, joista paikannusta on mahdollista tarkastella. Paikannusjärjestelmiä koskevat ominaisuudet on esitetty alla olevassa taulukossa (TAULUKKO 1), joka pohjautuu Kaemarungsin (2005, 18) esitystapaan.

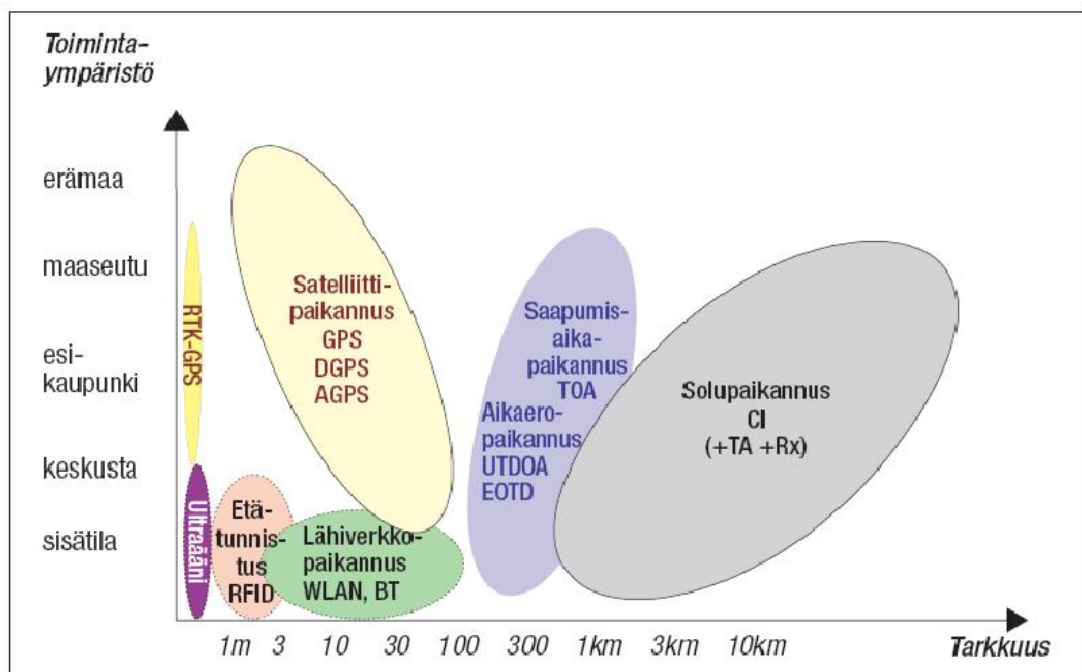
TAULUKKO 1. Paikannusjärjestelmiä koskevia ominaisuuksia

Ominaisuus	Kuvaus
Laskentatapa (computation)	Sijaintitiedon laskeminen voidaan suorittaa (matkaviestin)verkossa (network-based) tai päätelaitteessa (handset-based).
Tarkkuus (accuracy)	Paikannustarkkuus esitetään tavallisesti metreinä, joka ilmoittaa mittausvirheen paikannettavan kohteen todellisesta sijainnista.
Täsmällisyys (precision)	Täsmällisyys esitetään yleensä prosentteina, joka ilmaisee todennäköisyyden, jolla tiettyyn paikannustarkkuuteen päästään.
Kustannukset (cost)	Paikannusjärjestelmiin liittyvät kustannukset liittyvät käyttöönottoon, infrastruktuuriin ja (pääte)laitteisiin.
Aika (time)	Ajalla tarkoitetaan paikannustapahtumaan kuluvaan aikaan.
Laajennettavuus (scalability)	Paikannusjärjestelmään käyttötaajuus, käyttöaika ja monimutkaisuus vaikuttavat siihen, voidaanko järjestelmään laajentaa.
Tietoturva (security)	Tietoturvalla taataan paikannustietojen väärinkäyttö.
Yksityisyys (privacy)	Yksityisyydellä tarkoitetaan käyttäjän anonymiteettia.

Paikannusjärjestelmiä kuvaavien ominaisuuksien perusteella on mahdollista tutkia tietyn järjestelmän soveltuvuutta eri toimintaympäristössä ja olosuhteissa. Ominaisuuksien käsittely mahdollistaa myös havaitsemaan tietyn paikannusjärjestelmän vahvuuksia sekä heikkouksia.

Paikannustarkkuus

Paikannustarkkuus on yksi tärkeimmistä paikannusjärjestelmiin liittyvistä ominaisuuksista. Paikannusjärjestelmästä ja -menetelmästä riippuen tarkkuus sijaintitiedon määrittämisessä voi vaihdella suuresti (Rainio, 2000, 35). Paikannustarkkuuteen vaikuttavat eritoten toimintaympäristön luomat olosuhteet, joissa paikannusmenetelmiä hyödynnetään (KUVIO 4).



KUVIO 4: Paikannusmenetelmien toimintaympäristöt ja tarkkuudet Rainion (2003, 5) mukaan.

Yllä oleva kuvio osoittaa riippuvuudet toimintaympäristöjen, valitsevien olosuhteiden ja paikannustarkkuuden välillä. Satelliittipaikannusmenetelmät toimivat useimmissa ympäristöissä ja pystyvät tuottamaan suhteellisen tarkan arvion sijaintitiedosta. Menetelmät soveltuvatkin palveluihin, joissa sijaintitiedon merkitys on tärkeä kuten ulkona tapahtuvissa opastuspalveluissa ja liikenteen seuraamisessa. Verkkopaikannusmenetelmillä sijaintitiedon

määritys ei ole niin tarkka kuin satelliittipaikannusmenetelmissä. Pääasiallisena sovellusalueena ovat henkilöiden tai kohteiden paikannuspalvelut ja erilaiset tiedonhakupalvelut. Tällöin menetelmän tuottaman arvion sijaintitiedosta ei tarvitse olla niin tarkka. Lähipaikannusmenetelmiä käytetään paikanmääritykseen sisätiloissa, jolloin tarkalla sijaintitiedolla on suuri merkitys. Joidenkin menetelmien avulla sijaintitieto voidaan määrittää alla metrin tarkkuudella. Myös verkko- ja satelliittipaikannusmenetelmiä voidaan soveltaa osittain sisätilapaikannuksessa. (Rainion 2003, 5.)

4.2 Satelliittipaikannus

Satelliittipaikannuksen yleinen toiminta perustuu paikannussatelliittien lähettämien signaalien kulku-aikoihin ja ratatietoihin, joiden perusteella paikannettavan vastaanottimen ja henkilön sijaintitieto lasketaan. Satelliittipaikannuksen tarkkuutta haittaavat ilmakehän häiriöt, monitie-eteneminen ja satelliittien radan laskemisessa tapahtuneet virheet (Öörni 2005, 32).

Virheitä on mahdollista korjata menetelmillä, joita käytetään yleisesti satelliittipaikannuksen yhteydessä. Menetelmissä välitetään avustustietoja, joiden perusteella on mahdollista saada tarkempi arvio todellisesta sijaintitiedosta. Avustustiedot liittyvät rata-, korjaus- ja aikatietoihin. Tietoja hyödyntämällä satelliittipaikannusta voidaan soveltaa osittain myös sisätilapaikannukseen. Olennainen osa satelliittipaikannusta on se, että vain paikannusvastaanotin tietää sijainnin (Öörni 2005, 33).

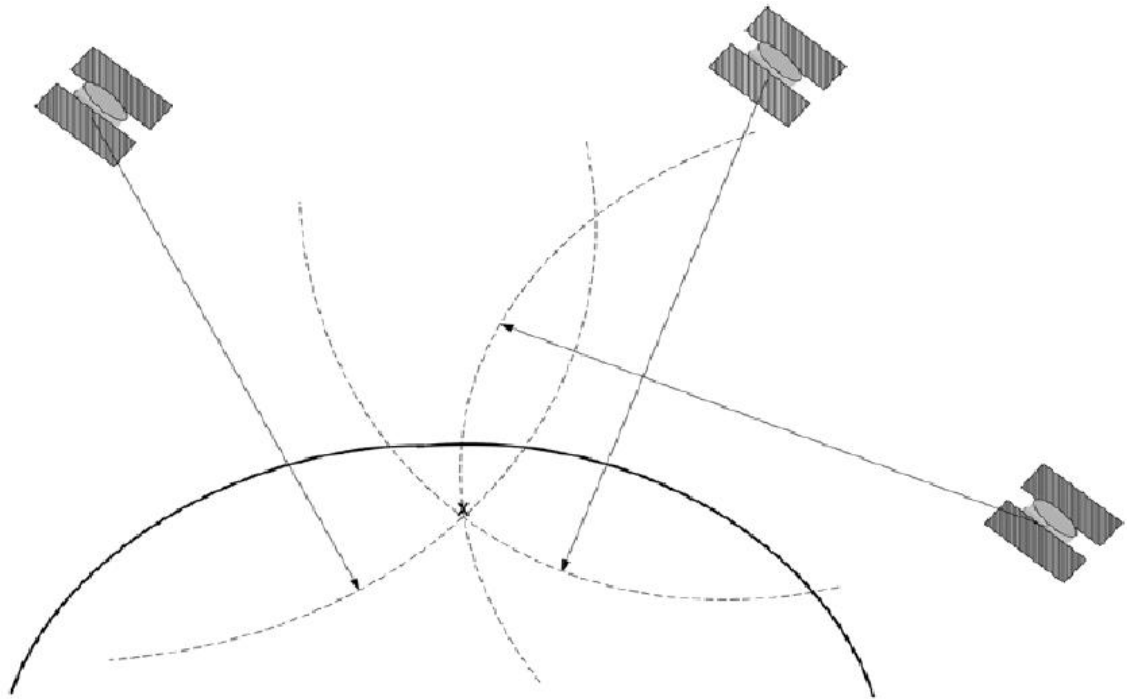
Yleisemmin käytössä olevat paikannusjärjestelmät ovat Yhdysvaltain puolustusministeriön, DoD (Department of Defence), hallinnoima Global Positioning System (GPS) -järjestelmä, Venäläinen GLONASS (GLObal

Navigation Satellite System) ja Euroopassa kehitteillä oleva itsenäinen paikannusjärjestelmä, Galileo (Paikannussanasto 2002, 25).

GPS -järjestelmä

GPS -paikannusjärjestelmä on Yhdysvaltain puolustusministeriön hallinnoima satelliittipaikannusjärjestelmä, joka koostuu 24 paikannussatelliitin ryhmästä. Järjestelmä on alun perin suunniteltu sotilaalliseen käyttöön. Järjestelmää kehittäessä vaatimuksina olivat muun muassa paikannus muutaman metrin tarkkuudella, häiriötietoisuus sekä yksisuuntaisuus, jolloin signaalien suunta on paikannussatelliiteista GPS -vastaanottiin. (Poutanen, 1999, 11.)

GPS -paikannusjärjestelmän paikannustarkkuus on 95 %:ssa tapauksista 100 metriä. Päästäkseen tähän tarkkuuteen GPS -järjestelmä hyödyntää sijaintitiedon määrittämisessä kolmiomittausta, satelliitteihin sijoitettuja tarkkoja atomikelloja sekä satelliittien tarkkoja sijaintitietoja. Kolmiomittauksella selvitetään etäisyydet vähintään kolmeen eri satelliittiin (KUVIO 5). Etäisyydet lasketaan satelliiteista GPS -vastaanottimeen kuluneen ajan perusteella. Laskeminen onnistuu vain tarkasti synkronisoitujen atomikellojen avulla, milloin etäisyydet saadaan selville kuluaikaerojen perusteella. Etäisyyksien perusteella voidaan määrittää GPS -vastaanottimen sijainti. (Arokoski, Jääskeläinen, Köykkä, Kontio, Raatikainen, Tervo ja Vierimaa 2002, 193.)



KUVIO 5: GPS -paikannus kolmen satelliitin avulla.

GPS -järjestelmässä on käytössä kaksi erillistä palvelukoodia, siviili- ja sotilaskoodi. Vuoden 2000 toukokuuhun asti siviilikoodia häirittiin tarkoituksella SA (Selective Availability) -menetelmällä, jotta sen paikannustarkkuus heikkenisi. Palvelukoodin vapauttamisen johdosta paikannustarkkuus parantui noin 100 metristä aina 10 metriin (GPS Basics, 2005). Tärkeää on kuitenkin huomioida se, että SA on täysin Yhdysvaltain puolustusministeriön takana, jolloin se voi vapaasti tahtoessaan säädellä palvelukoodia ja heikentää paikannustarkkuutta.

GPS -järjestelmän paikannustarkkuutta haittaa satelliittien ratoihin liittyvät virheet, satelliittien kellovirheet, ilmankehän eri kerrosten (ionosfäärin, troposfäärin) häiriöt, signaalien monitie-eteneminen ja GPS -vastaanottimen kohinataso. Virheenkorjausmenetelmiä käytetään parantamaan edellä mainituista syistä johtuvia epätarkkuuksia. (Öörni 2005, 32.)

Differentiaallinen GPS

GPS -järjestelmän virhemarginaalia voidaan pienentää differentiaalinen GPS:n (DGPS) avulla. Järjestelmän toiminta perustuu differentiaaliseen eli suhteelliseen virheenkorjaukseen, jossa GPS -vastaanottimen laskemaa sijaintitietoa korjataan tunnetuissa pisteissä olevien tukiasemien välittämien korjaustietojen avulla. (Parkkila, 2001.) Menetelmää on käytetty esimerkiksi SA -häirinnän aiheuttaman epätarkkuuden poistamiseksi.

Differentiaalisessa GPS -menetelmässä tukiasemat sijaitsevat tunnetuissa pisteissä. Tukiasemien tuntiessa oman sijaintitietonsa on satelliittien lähettämien signaalien perusteella mahdollista laskea uudet etäisyydet satelliitteihin. ETSI (2005) mukaan korjaustiedot välitetään radioverkkoja hyväksikäyttäen edelleen tuntemattomassa pisteessä olevan käyttäjän GPS -vastaanottimeen, jossa lopullinen paikkatieto lasketaan differentiaalikorjausten avulla. Korjaus voidaan suorittaa joko reaaliaikaisesti tai jälkikäsitteilynä.

Differentiaalikorjaukset välitetään tavallisesti RTCM (Radio Technical Commission for Maritime services) -menetelmällä, jossa välitetään tietyllä hetkellä havaitut satelliittien etäisyysvirheet ja tähän liittyvä muutosnopeus. Korjaustietojen perusteella GPS -vastaanotin laskee uuden sijaintitiedon reaaliajassa vertaamalla tietoja omaan aikatietoon sekä muutosnopeuteen. (Digita 2005.)

Ongelmana DGPS -menetelmässä on ollut tukiasemaverkoston hajanaisuus. Tästä johtuen kaikilla alueilla ei ole mahdollista edes hyödyntää DPGS -menetelmää täysimittaisesti. Ongelmasta huolimatta paikannustarkkuuden virhemarginaali on noin yksi metri. Hajanaisuutta on pyritty parantamaan alueellisilla vaihtoehtoisilla satelliittijärjestelmillä, joilla korjaustiedot voidaan välittää GPS -vastaanottimille. Yhdysvaltojen WAAS (Wide Area Augmentation

System), Euroopan EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) ja Japanin MSAS (Multi Satellite Augmentation System) -järjestelmät tarjoavat muun muassa näitä palveluja.

WAAS

Yhdysvaltain FAA:n (Federation Aviation Administration), ilmailuhallituksen, ylläpitämä WAAS -järjestelmä on suunniteltu parantamaan nimenomaan siviili liikennettä koskevaa paikannustarkkuutta ja saatavuutta. Muun muassa Broughton (2004) ja GPS Information (2003) ovat todenneet WAAS:n parantavan vertikaalista ja horisontaalista paikannustarkkuutta 7 metriä GPS -järjestelmään verrattuna. WAAS -järjestelmä on ollut käytössä vuodesta 2003.

Järjestelmä koostuu 25 WRS (Wide area ground Reference Station) -tukiasemasta, jotka käsittelevät GPS -dataa. WRS -asemilta informaatio välitetään edelleen WAAS -verkon välityksellä WMS (Wide area Master Area) -keskusasemalle, jossa lopullinen korjaus lasketaan. Korjaustieto välitetään WAAS -järjestelmään kuuluvien satelliittien kautta GPS -vastaanottimelle. (GPS Information, 2003.)

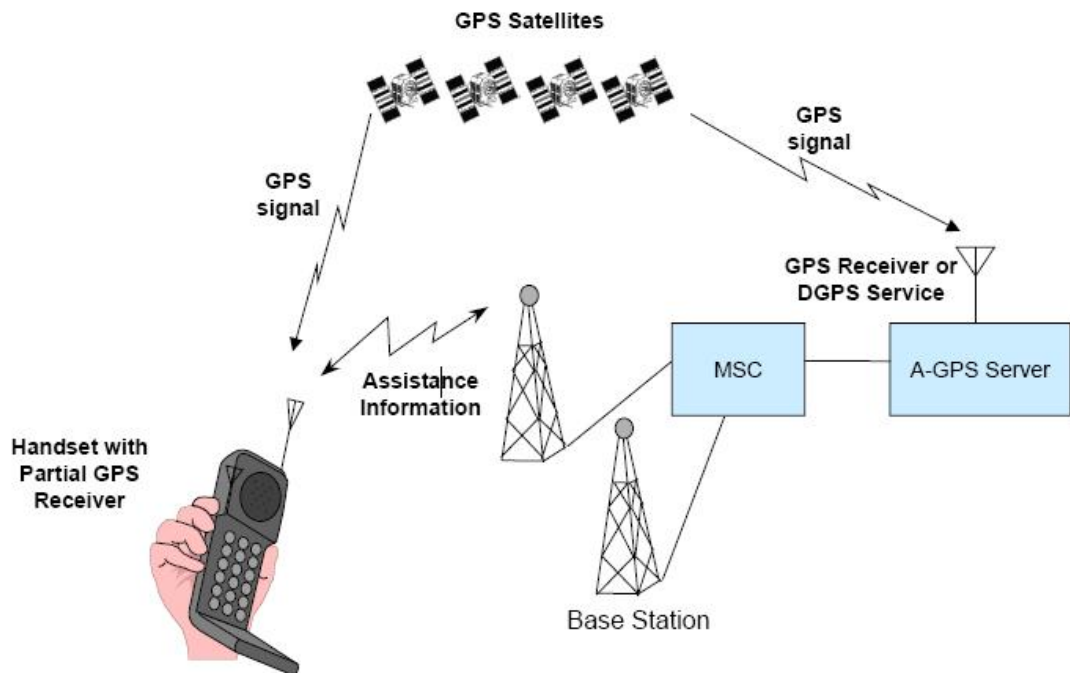
EGNOS

Eurooppalainen vastine WAAS -järjestelmälle on EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), joka on EC:n (European Community), ESA:n (European Space Agency) ja Eurocontrollin (European Organization for the Safety of Air Navigation) yhteisprojekti. Järjestelmä on yhteensopiva GPS ja Venäläisen GLONASS -järjestelmän kanssa, joten sen avulla mahdollista korjata signaalivirheistä johtuvia epätarkkuuksia sijaintitiedon määrittämisessä. (Bretz 2003, 1.)

EGNOS koostuu WAAS -järjestelmän tavoin valvonta- ja tukiasemista sekä korjaustiedon välittävistä satelliiteista. Korjaustiedot välitetään järjestelmään satelliittien kautta edelleen GPS -vastaanottimille. EGNOS:n avulla sijaintitieto voidaan määrittää yhden metrin tarkkuudella.

Avustettu GPS

GPS -paikannusjärjestelmän toimintaa on haitannut sisätiloissa ja tiheää rakennetuilla kaupunkialueilla huono saatavuus, koska paikannussatelliittien signaalit eivät pääse etenemään näissä ympäristöissä kunnolla. Sijaintitiedon määrittystä voidaan tehostaa avustetulla GPS (A-GPS, Assisted GPS) -menetelmällä, joka vähentää signaalien huonoa saatavuutta. Avustetun GPS -menetelmän avulla on mahdollista myös nopeuttaa sijaintitiedon laskemista (3GPP 1999, 2). Sijaintitieto on mahdollista laskea matkaviestimessä (handset-based), johon on integroitu GPS -vastaanotin tai matkaviestinverkossa (network-based) (KUVIO 6).



KUVIO 6: A-GPS -menetelmässä sijaintitieto voidaan laskea joko matkaviestimessä tai -verkon A-GPS -palvelimella (Djuknicin ja Richtonin, 2001).

Matkaviestin voi laskea sijaintitiedon matkaverkon lähettämän avusteen avulla, joka sisältää satelliittien ratatiedot ja korjaustiedot. Matkaviestimen saamat tiedot GPS -paikannussatelliiteista voidaan välittää myös matkaviestinverkossa olevalle erilliselle palvelimelle, jossa itse laskenta tapahtuu. Tämän etuna on, että suurin osa toimenpiteistä on siirretty matkaviestimestä verkkoon, jolloin päätelaite on saatu yksinkertaisemmaksi. 3GPP (2001a) spesifikaation mukaan paikannustarkkuus on 10 - 15 metriä.

Galileo -järjestelmä

Eurooppalainen vastine Yhdysvaltojen hallinnoimalle GPS -järjestelmälle on kehitteillä oleva paikannusjärjestelmä, Galileo. Järjestelmä on Euroopan unionin ja Euroopan avaruusjärjestön, ESA:n, yhteisprojekti, jonka tavoitteena on luoda pääasiassa siviilikäyttöön suunnattu paikannusjärjestelmä, joka tarjoaa palveluja muun muassa kuljetus- ja teleliikennealalle (Chenebault, Dardelet & Pagny 2004). Järjestelmän on ilmoitettu olevan täysin toimintakuntoinen vuoden 2010 aikana.

Järjestelmän kehitykseen ovat vaikuttaneet myös European Community (2004a) mukaan poliittiset tekijät. Euroopan Galileo -projektin käynnistymisen tarkoituksena on ollut olla riippumaton Yhdysvaltain puolustusministeriön hallinnoimasta GPS -paikannusjärjestelmästä. Galileo -järjestelmällä on mahdollista turvata omalla hallinnalla paikannuspalveluiden saatavuus, silloin kuin GPS -palveluja ei ole saatavilla. Lisäksi järjestelmä tuo tarjottavien palvelujen yhteydessä tuloja EU:n alueelle.

Paikannusjärjestelmä koostuu GPS -järjestelmän tavoin satelliittiryhmästä ja maan päällisistä valvontakeskuksista, joiden avulla toimintaa ohjataan. European Communityn (2004b) toimeksiannossa on lueteltu seuraavia palveluita, joita tarjotaan paikannusjärjestelmän valmistuessa.

1. *Avoin palvelu* (The Open Service, OS)
2. *Turossuhteisuuspalvelut* (The Safety of Life Service, SoL)
3. *Kaupallinen palvelu* (The Commercial Service, CS)
4. *Julkiset, säädellyt palvelut* (The Public Regulated Service, PRS)
5. *Etsintä- ja pelastuspalvelut* (The Search and Rescue Service, SAR)

Järjestelmään liittyvien palveluiden laatu ja paikannustarkkuus vaihtelevat palveluiden välillä riippuen käyttötarkoituksesta ja sovellusalueesta. Vierrothin (2005) mukaan paikannettavan kohteen sijaintitieto on mahdollista määrittään parhaimmillaan 10 - 45 senttimetrin tarkkuudella.

4.3 Verkkopaikannus

Verkkopaikannus on matkaviestinjärjestelmän avulla tapahtuvaa paikannusta. Verkkopaikannuksessa matkaviestinjärjestelmä tietää aina verkkoon kytketyn matkaviestimen sijainnin tukiaseman tarkkuudella (Paikannussanasto 2002, 25). Ero satelliittipaikannusjärjestelmän avulla tapahtuvaan paikannukseen on, että satelliittijärjestelmässä sijaintitiedon tietää vain GPS -vastaanottimen haltija itse.

Rainion (2000, 45) raportissa mainitaan seuraavat yleisesti käytössä olevat tavat, joiden perusteella paikannus voidaan suorittaa verkkopaikannusjärjestelmissä. Sijaintitiedon määrittäminen voi perustua signaalien kulkuajojen mittaamiseen matkaviestinverkossa, suunnan mittaukseen tukiasemalta matkaviestimeen tai kulkuajan mittaukseen käyttäjän matkaviestimessä. Signaalit kulkevat

kaksisuuntaisesti matkaviestimen ja matkaviestinverkon tukiasemien välillä, jolloin mittaukset voidaan suorittaa joko matkaviestimessä tai tukiasemassa. Rainio 2000, 45.)

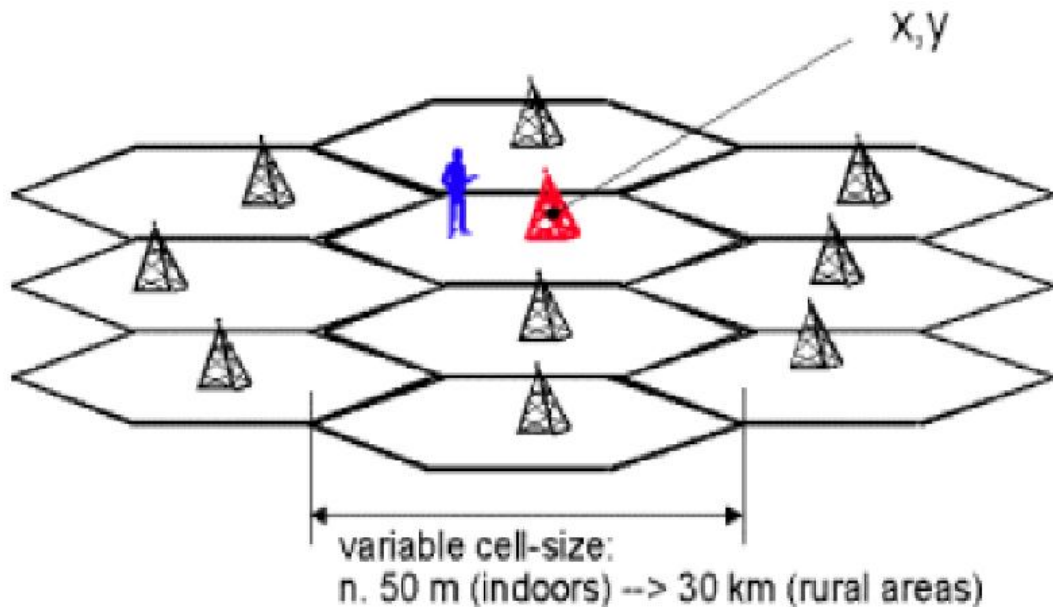
Verkkopaikannuksen etuina pidetään yleisesti suuria potentiaalisia käyttäjämassoja, joille paikannuspalveluja voidaan tarjota. Paikannusmenetelmien haittoina pidetään paikannustarkkuuden heikkoutta. Menetelmästä ja paikannuspalvelua tarjoavasta operaattorista riippuen paikannustarkkuus voi vaihdella huomattavasti, toteavat Blom, Koskinen ja Virtanen (2002, 16) raportissaan. Tarkkuus verkkopaikannusmenetelmissä voi vaihdella muutamasta sadasta metristä useaan kilometriin, riippuen tukiaseman solun koosta (Wilenius 2002, 24). Tietyillä menetelmillä paikannustarkkuutta voidaan päästä 50–200 metrin tarkkuuteen. Kolmannen sukupolven menetelmillä voidaan päästä vieläkin tarkempiin määrittäisiin.

Solupaikannus

Solupaikannuksella (Cell Identity, CI) tarkoitetaan matkaviestimen paikannusta solutunnisteen avulla. Matkaviestin voidaan paikantaa aina virran ollessa päällä ja ollessa yhteydessä lähimpään matkaviestin verkon tukiasemaan. Sijaintitieto voidaan määrittää tukiaseman solun tarkkuudella. Paikannustarkkuus on siis riippuvainen solun koosta. Paikannustarkkuutta voidaan kuitenkin parantaa ajatusennakkotietojen (Timing Advance, TA) sekä signaalin voimakkuustietojen (Signal Level, Rx) käyttöönotolla (Paikannussanasto 2002, 27).

Haluttaessa hyödyntää solupaikannusta tehokkaasti on Rainio (2003, 6) esittänyt raportissaan muun muassa paikannuspalvelinten ja sopien paikannusohjelmistojen asentamista matkaviestinverkkoon. Kyseinen paikannusratkaisu on käytössä Euroopassa useissa kymmenissä operaattorien

verkoissa sekä Japanissa ja Yhdysvalloissa suurimmissa operaattoreissa hätäpuheluiden paikantamismääräysten takia. Menetelmän paikannustarkkuus vaihtelee 50 metristä kymmeneen kilometriin (KUVIO 7).

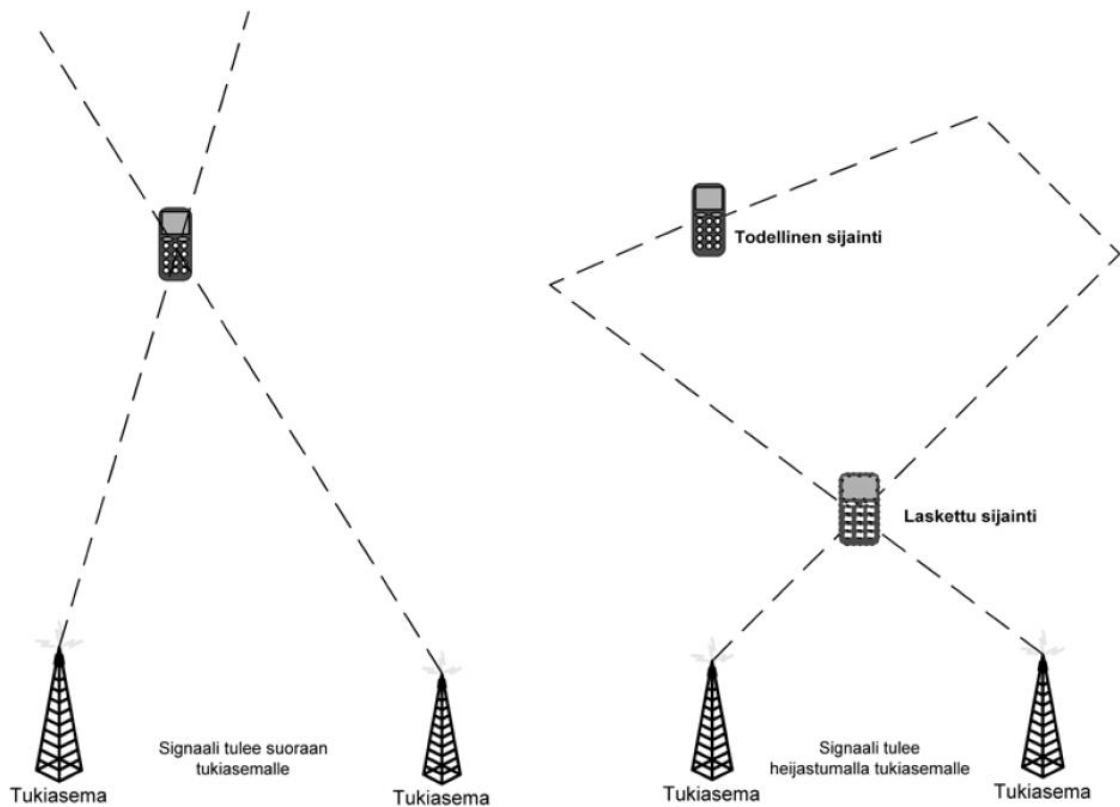


KUVIO 7: Solupaikannusmenetelmän paikannustarkkuus vaihtelee 50 metristä useisiin kymmeneen kilometriin (Törönen 2003).

Paikannusmenetelmän vahvuutena pidetään sitä, ettei tämä vaadi muutoksia verkkoinfrastruktuuriin ja matkaviestimiin, vaan sijaintitieto voidaan määrittellä helposti tiedossa olevan tukiaseman sijainnin perusteella. Solupaikannus soveltuu osittain myös sisätilapaikannukseen (Törönen 2003). Menetelmä on riippuvainen tukiaseman solun koosta, koska suuremmat solut aiheuttavat vääristymiä paikannustarkkuuteen (Ataman, Gasimli & Rusina, 2004). Kaupunkialueilla tarkkuus on noin 50 metriä johtuen tukiasemien tiheydestä. Menetelmä kohtaa ongelmia varsinkin taajama-alueiden ulkopuolella, jolloin paikannustarkkuus voi olla useita kymmeniä kilometrejä solujen koon kasvaessa.

Tulokulmapaikannus

Tulokulmapaikannuksella (Angle of Arrival, AOA) tarkoitetaan matkaviestimen lähettämän signaalin tulokulman mittaukseen perustuvaan paikannusta (Paikannussanasto 2002, 27). Tulokulman mittaus edellyttää tietoja saatavan vähintään kahdelta eri matkaviestinverkossa olevalta tukiasemalta, jolloin sijaintitieto on mahdollista määrittää tulokulmien risteyskohtaan (KUVIO 8).



KUVIO 8: Tulokulmapaikannus ja virheellinen sijaintitieto Arokosken ym. (2002, 207) mukaan.

Menetelmä kuormittaa matkaviestinjärjestelmää, koska tukiasemien on koordinoitava toisiaan, jotta sijaintitieto voidaan määrittää. Hyvissä olosuhteissa tulokulmapaikannuksella voidaan päästä suhteellisen tarkkoihin

tuloksiin, mutta menetelmä on kuitenkin herkkä virheille. Paikannustarkkuus on hyvä ainoastaan tilanteessa, jolloin matkaviestimestä saapuvat signaalit tulevat suoraan matkaviestinverkon tukiasemalle. Paikannustarkkuus on parhaimmillaan tällöin noin 100 metriä, mutta huonoimmassa tapauksessa kaksi kilometriä. Virheitä aiheuttaa signaalin heijastumat, jotka voivat johtua mistä tahansa tiellä olevasta esteestä kuten pilvistä, rakennuksista ja maaston muodoista. Välimatka tukiaseman ja matkaviestimen välillä aiheuttavat virheitä sijaintitiedon määrittämisessä (Arokoski ym. 2002, 207). Menetelmää ei ole myöskään standardoitu.

Saapumisaikapaikannus

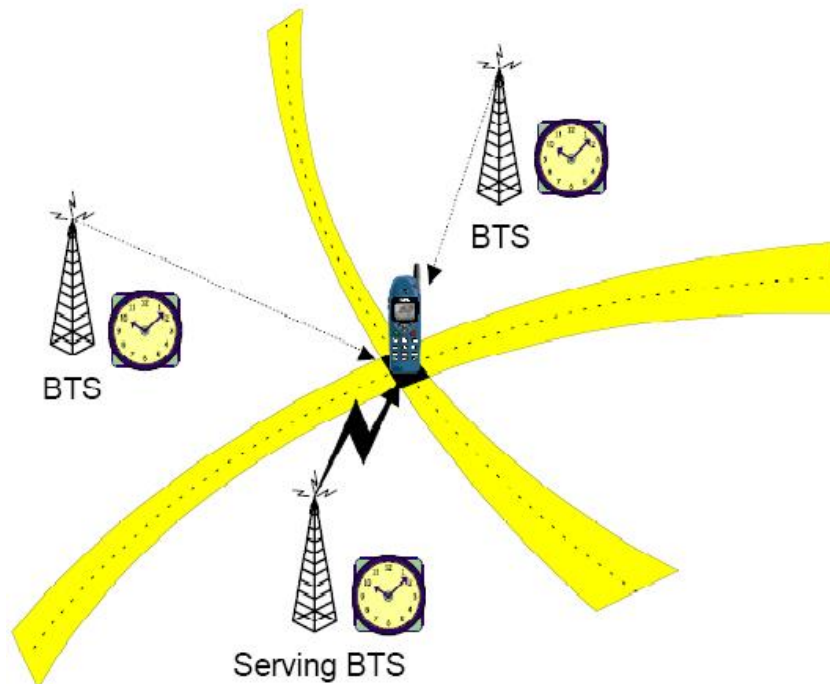
Saapumisaikapaikannuksessa (Time of Arrival, TOA) synkronoidussa matkaviestinverkossa sijaintitieto määritetään signaalien saapumishetken perusteella. Menetelmä on sisällytetty GSM -standardiin. Saapumisaikapaikannus vaatii synkronoidun verkon toimiakseen. Pääasiassa menetelmä on käytössä Yhdysvalloissa CDMA (Code Division Multiple Access) -verkossa. GSM -verkon yhteydessä verkon tukiasemat on synkronisoitava ennen kuin menetelmää voidaan käyttää. Tämä tarkoittaa käytännössä investointeja käytössä olevaan matkaviestinverkkoon (Ahonen, Laitinen, Lähteenmäki, Kyriazakos, Menolascino ja Parkkila, 2001, 5; Rainio, 2003, 7.)

Arokosken ym. (2002, 208) mukaan synkronisoinnilla tarkoitetaan yhteisen kellon lisäämistä verkon mittauslasitteille, jotta aikaerot on mahdollista laskea. Tukiasemat tarvitsevat myös koordinoitua, jonka johdosta matkaviestinverkon kapasiteettikuorma kasvaa ylimääräisen signaaloinnin lisääntyessä. Myös verkossa olevat laitteet ja ohjelmistot vaativat päivityksiä menetelmän käyttöönoton yhteydessä. Saapumisaikapaikannuksessa kustannukset kohdistuvat matkaviestinverkkoon ja siihen kytköksissä oleviin laitteisiin. Paikannustarkkuus vaihtelee lähteiden mukaan, mutta Arokosken ym. (2002,

208) mainitsevat tarkkuudeksi 100-200 metriä, mikäli käytössä on kolme tukiasemaa.

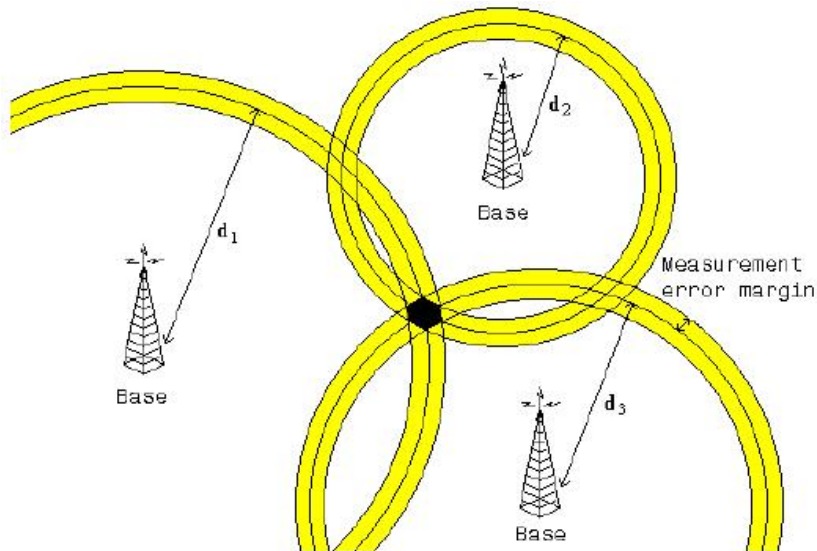
Kulku aikaeropaikannus

Kulku aikaeropaikannuksessa (Enhanced Observed Time Difference, E-OTD) sijaintitieto määritetään matkaviestinverkon tukiasemien välittämien signaalien havaittujen kulku aikaerojen perusteella. Kulku aikaeropaikannusmenetelmässä sijaintitieto on mahdollista laskea kahdella eri tavalla. Käytännössä E-OTD -menetelmien ero on yhtälöissä, joilla sijaintitieto lasketaan (3GPP, 2001b). Hyperbolisessa menetelmässä (Hyperbolic E-OTD) kulku aikojen perusteella muodostetaan hyperpelit, joiden leikkauspisteessä paikannettava matkaviestin sijaitsee (KUVIO 9).



KUVIO 9: Hyperbolinen E-OTD -paikannusmenetelmä (3GPP, 2001b).

Ympyröihin perustuvassa menetelmässä (Circular E-OTD) paikkatieto määritetään muodostamalla ympyränmuotoisia alueita, joiden leikkauspisteessä matkaviestin sijaitsee (KUVIO 10).



KUVIO 10: Ympyröihin perustuva E-OTD -menetelmä (3GPP, 2001b)

Sijaintitiedon määrittämiseen vaaditaan vähintään kolmen eri tukiaseman mukanaoloa, jotta sijainti on mahdollista laskea. Mitä useampi tukiasema osallistuu paikkatiedon määrittämiseen, sitä tarkemmin tieto paikannettavasta matkaviestimestä on mahdollista saada.

Menetelmän käyttöönotto vaatii muutoksia matkaviestinverkkoon sekä matkaviestimiin. Matkaverkon synkronoimattomuus aiheuttaa ylimääräisiä investointeja operaattoreille. Matkaviestinverkkoon oli lisättävä erillisiä mittausasemia (Location Measurement Unit, LMU), joissa tukiasemien välittämien kuluaikerojen vertailu suoritetaan. Tämän ohella myös vanhempiin matkaviestimiin on tehtävä ohjelmapäivitys, joka mahdollistaa

sijaintitiedon määrittämisen. Näiden syiden takia Eurooppalaiset operaattorit Rainion (2003, 7) mukaan eivät ole halukkaita ottamaan käyttöön E-OTD -menetelmää. Haasteita aiheuttaa myös paikannustarkkuus ja luotettavuus. Kulkuaikeeron laskennassa sattunut yhden millisekunnin virhe voi aiheuttaa 300 metrin virheen paikannustarkkuudessa (3GPP, 2001b). Tarkimmillaankin sijaintitiedon määrittäminen onnistuu 100 metrin tarkkuudella (Location Studio, 2004).

Korrelaatiopaikannus

Korrelaatiopaikannusmenetelmä perustuu signaalien voimakkuuksien kartoittamiseen. Menetelmässä verrataan matkaviestimen signaalihavaintoa (Location Fingerprinting, LF) tietokannassa olevaan signaalikarttaan, jonka perusteella sijaintitieto määritetään. Tietokantakorrelaatiomenetelmässä (Database Correlation Method, DCM) ylläpidetään erityistä tietokantaa, johon voidaan tallentaa signaalien voimakkuuksia, kulkuaikeita tai signaalien kanavointiin liittyvää informaatiota alustavaksi tiedoksi, jonka pohjalta korrelaatiovertailu tehdään ja matkaviestimen paikkatieto määritetään. (Ahonen ym. 2001.)

DCM -menetelmässä matkaviestimen signaalihavainnot välitetään matkaviestinverkossa olevalle erilliselle paikannuspalvelimelle. Paikannuspalvelin laskee matkaviestimen sijaintitiedon vertaamalla signaalihavaintoja tietokannassa olevaan signaalikarttaan ja välittää sijaintitiedon takaisin matkaviestimelle. Menetelmä soveltuu parhaiten käytettäväksi kaupungeissa. Sisätiloihin sovellettaessa DCM -menetelmä vaatii rakennusten kartoittamista ja tämän ohella myös muutoksia signaalikarttaan joka kerta, kun ympäristöön kohdistuu muutoksia. (Ahonen ym. 2001.)

Erityisen merkittävä piirre DCM -menetelmässä on, että se on helposti implementoitavissa eri matkaviestinverkkoihin kuten GSM- ja UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) -verkkoihin. Menetelmää voidaan käyttää rinnakkain myös GPS -järjestelmän kanssa. DCM -menetelmällä paikannettavan matkaviestimen sijainti voidaan määrittää 30-50 metrin tarkkuudella (Rainio 2003, 7). Suomessa UMTS -verkossa tehdyissä kokeilussa sijainti on voitu määrittää vieläkin tarkemmin, 25 metrin tarkkuudella (Ahonen & Lahtinen 2003).

3G-verkon verkkopaikannus

Lähetyskatkopaikannus, OTDOA-IPDL (Observed Time Difference of Arrival - Idle Period Downlink) on yksi kolmannen sukupolven paikannusmenetelmistä. Menetelmä on määritetty standardiksi 3GPP:n toimesta (3GPP, 2001c). OTDOA-IPDL -menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi UMTS -verkoissa.

Paikannusmenetelmän sijaintitiedon määrittäminen muistuttaa E-OTD -paikannusta, mutta OTDOA-IPDL -menetelmässä tukiasemat katkaisevat signaalien lähetyksen lyhyiksi ajoiksi, jotta toiset matkaviestinverkossa olevat tukiasemat voivat välittää tietoa matkaviestimelle. Paikannustarkkuus on parempi kuin E-OTD -menetelmässä, koska kaikille näkyvillä oleville tukiasemille annetaan mahdollisuus lähettää signaali matkaviestimelle, jonka perusteella sijaintitieto määritetään. (3GPP, 2001c.)

Paikannustarkkuus voidaan määrittää menetelmällä tarkimmillaan 18 metrin tarkkuudella 67 % tapauksista. Paikannusmenetelmä kärsii myös muiden verkkopaikannusmenetelmien tapaan signaalien vaimenemisesta sekä monitie-etenemisestä. Vaikeammassa olosuhteissa vaaditaan yhteyttä useampaa kuin kolmeen tukiasemaan, jotta sijaintitieto voidaan määrittää edes kohtuullisella tarkkuudella. (Porcino 2001, 2.)

4.4 Lähipaikannus

Lähipaikannuspaikannusjärjestelmillä (Location Positioning System, LPS) tarkoitetaan paikannusjärjestelmiä, jotka ovat suunniteltu toimimaan rajatuissa tiloissa. Lähipaikannus tapahtuu hyödyntämällä lyhyen kantaman signaaleja, jonka perusteella sijaintitieto määritetään (Kolodziej 2006; Paikannussanasto 2002, 29). Langattomat yhteyksien määrä on kasvanut rajusti, mikä tekee mahdolliseksi lähipaikannusmenetelmien hyödyntämisen yhä useammilla sovellusalueilla. Tällöin lähipaikannusta on mahdollista käyttää useimmissa julkisissa rakennuksissa kuten lentoterminaaleissa ja virastotaloissa.

Lähipaikannusjärjestelmät voidaan jakaa toiminnallisten komponenttien perusteella kahteen eri osaan: mittausyksikköön (measurement unit) ja lähettimeen (signal transmitter). Mittausyksikkö sisältää käytännössä kaiken paikannukseen liittyvän toiminnallisuuden. Lähetin toimii yksinkertaisimmillaankin vain majakkana, jonka kautta signaalit välitetään (Vossiek, Wiebking, Gulden, Wieghardt, Hoffmann ja Heide 2003, 2). Näiden ohella lähipaikannusjärjestelmiä on mahdollista luokitella paikannukseen osallistuvien komponenttien toiminnallisuuden ja vuorovaikutuksen pohjalta.

Lähipaikannusjärjestelmät ovat monelta osalta lupaavia, minkä avulla kohteiden ja henkilöiden paikantaminen sisätiloissa on mahdollista. Kaemarungsi (2005, 13-14) on esittänyt tavallisimpia lähipaikannusjärjestelmien toimintaan liittyviä teknologisia ja signaalien etenemiseen liittyviä rajoituksia, joita ovat signaalien etenemisnopeuden hidastuminen (Propagation delay), signaalien taipuminen (diffraction), signaalien heijastuminen (reflection) ja signaalien hajonta (scattering). Tekniset rajoituksen liittyvät puolestaan käytettävään taajuuskaistaan (available bandwidth), kattavaan peittoalueeseen (effective range), laitteiden virrankulutukseen (power constraints), teknisiin

häiriöihin (interference), teknologiaan liittyvään turvallisuuteen (safety), viranomaisten asettamiin säädöksiin (regulatory constrains) ja kustannuksiin (cost).

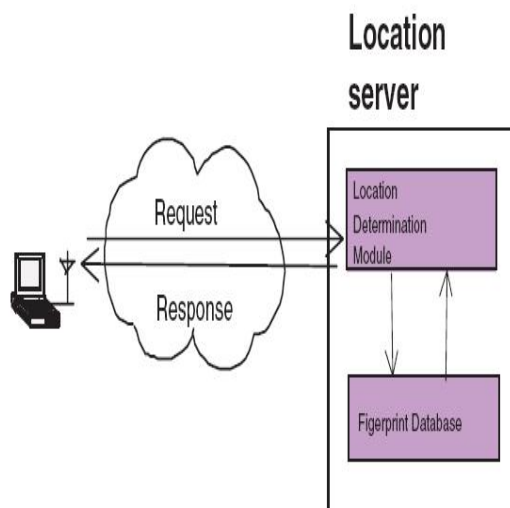
Vaihtoehtoisia lähipaikannusmenetelmiä on käytössä useita. Lähipaikannusmenetelmät voidaan jakaa muun muassa Kaemarungsin (2005, 14) esittämällä tavalla käytettävän signaalin olomuodon perusteella a) infrapunaa (infrared), b) radiotaajuutta (radio frequency, RF) ja c) ultraääntä (ultrasound) hyödyntävään paikannukseen. Tutkimus käsittelee vain radiotaajuuksia hyödyntäviä lähipaikannusmenetelmiä, joista lähiverkko-, Bluetooth- ja etätunnistinpaikannusmenetelmät esitellään tarkemmin.

Lähiverkkopaikannus

Lähiverkkopaikannus perustuu IEEE:n (Institute of Electrical and Electronics Engineers) standardoiman langattoman lähiverkon (Wireless Local Area Network, WLAN) avulla tapahtuvaan paikannukseen. Standardi tunnetaan myös termillä IEEE 802.11. WLAN:n kehityksestä vastaa nykyisin Wireless Fidelity Alliance (Wi-Fi) -niminen voittoa tavoittelematon organisaatio (Wi-Fi 2006).

WLAN -paikannuksessa voidaan käyttää useita eri menetelmiä. Paikannuksessa voidaan hyödyntää muun muassa AOA (Angle of Arrival) ja TDOA (Time Difference of Arrival) -menetelmiä, jotka perustuvat signaalin tulokulman ja ajan mittaamiseen. Menetelmät ovat kuitenkin liian alttiita monille häiriöille kuten monitie-etenemiselle, joka aiheuttaa vääristymiä mittaukseen ja näin lopulliseen sijaintitietoon. Näitä menetelmiä tehokkaampi on kuitenkin signaalikarttaan ja signaalien voimakkuuksiin perustuva paikannusmenetelmä, fingerprinting (Kaemarungsin 2006, 1; Jan & Lee 2003, 1.) Menetelmä tunnetaan myös termillä Location Pattern Matching.

Menetelmä muistuttaa verkkopaikannuksessa käytettävää DCM - korrelaatiopaikannusmenetelmää. Jan & Lee (2003, 1) ovat kuvanneet paikannustapahtuman seuraavasti. Menetelmässä muodostetaan signaalikartasto tallentamalla signaalien voimakkuudet (Received Signal Strength, RSS) erilliselle paikannuspalvelimelle (location server) fingerprint -tietokantaan (fingerprint database). Sijaintitieto saadaan määritettyä vertaamalla havaitun signaalin voimakkuutta tietokannassa olevaan signaalikartan tietoon signaalien voimakkuuksista (KUVIO 11). Tämän perusteella sijaintitieto palautetaan takaisin paikannuspalvelua pyytäneelle laitteelle.



KUVIO 11: Sijaintitiedon määrittämien perustuu vertaamalla tietokannassa olevia signaalivoimakkuuksia havaittuun signaalitietoon (Jan & Lee 2003, 2).

Fingerprinting -menetelmä on Kaemarungsin (2005, 16-17) mukaan saanut huomattavasti huomioita, koska menetelmä on riippumaton signaalien etenemiseen liittyvistä tekijöistä. Paikkatieto on mahdollista pelkän signaalin voimakkuuden perusteella. Lisäksi menetelmän implementointi WLAN -

infrastruktuuriin on kustannustehokasta. Haittana menetelmän käytössä on signaalikartan rakentaminen ja sen ylläpitäminen, joka voi vaatia huomattavasti ylläpitoa.

Paikannustarkkuudessa WLAN -pohjaiset menetelmät tuottavat suhteellisen tarkan estimaatin paikannettavan kohteen sijainnista. Useimmissa tapauksissa esimerkiksi fingerprinting -menetelmällä sijainti on mahdollista määrittää 1-2 metrin tarkkuudella (Malaney 2005, 1).

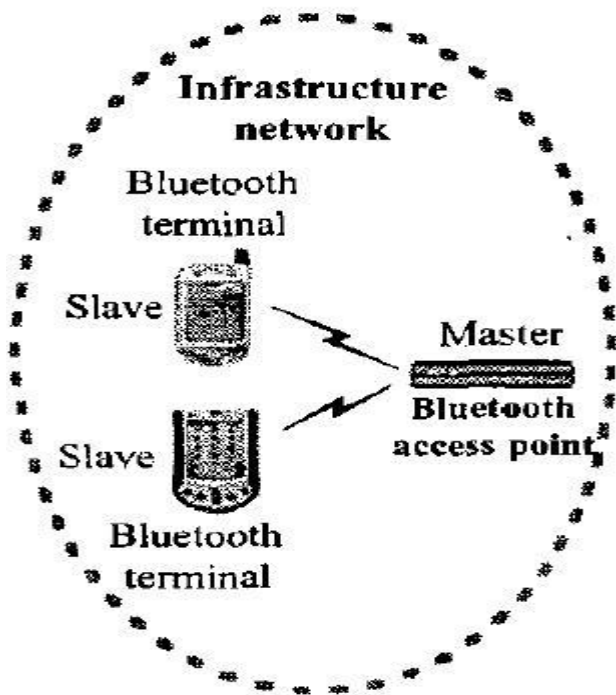
Bluetooth -paikannus

Bluetooth -tekniikka pohjautuu matkaviestinvalmistaja Ericssonin avoimeen standardiin, joka mahdollistaa päätelaitteiden välisen kommunikoinnin ja signaalien välittämisen hyödyntämällä lyhyen kantaman radioteknologiaa (Ericsson 2006). Matkaviestimet, kannettavat tietokoneet ja muut päätelaitteet voivat helposti kytkeytyä langattomaan verkkoon hyödyntämällä Bluetooth -tekniikkaa.

Bluetooth -tekniikka on maailmanlaajuisesti käytössä hyödyntäen 2,4 GHz:n lisensoimatonta ISM (Industrial, Scientific and Medical) -taajuuskaistaa (Thongthammachart & Olesen 2003, 2). Laitteet voivat kytkeytyä Bluetooth -tekniikan avulla verkkoon universaalin sillan ylitse. Tämä tarkoittaa, että sen avulla on esimerkiksi mahdollista muodostaa tilapäisiä, ad hoc -verkkoja. Bluetooth -tekniikkaa on sulautettu myös useisiin eri laitteisiin. Yleensä laitteiden virrankulutuskin on suhteellisen alhainen. Bluetooth -tekniikan virallisesta kehityksestä vastaa voittoa tavoittelematon SIG - (The Bluetooth Special Interest Group) ryhmä (Bluetooth 2006).

Sijaintitieto on mahdollista määrittää Bluetooth -tekniikan avulla noin 10 metrin tarkkuudella ilman, että hyödynnetään erityistä paikannusmenetelmää

(Thongthammachart & Olesen 2003, 3). Bluetooth -verkon infrastruktuuri on jaettavissa päätelaitteisiin (slave) ja kytkentäpisteisiin (Access Point, AP), joiden kautta päätelaitteet kytkeytyvät verkkoon (KUVIO 12). Sijainti voidaan määrittää laitteen ottaessa yhteyden kytkentäpisteeseen. Lyhyen kantaman takia kytkentäpisteitä on oltava paljon, jotta paikannus edes mahdollista suorittaa kohtuullisella tarkkuudella.



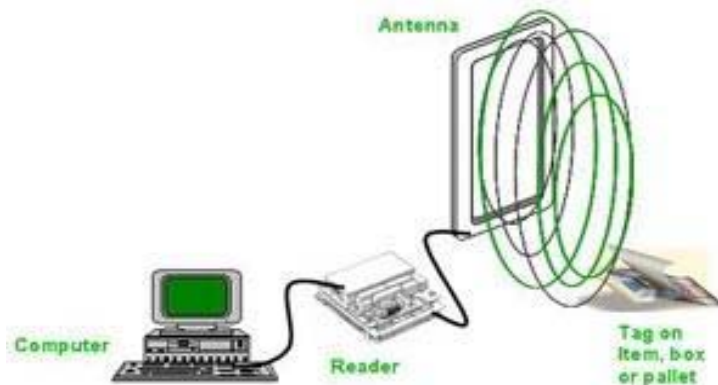
KUVIO 12: Bluetooth -verkon infrastruktuuri (Thongthammachart & Olesen 2003, 3).

Bluetooth -tekniikan paikannustarkkuutta on mahdollista parantaa käyttämällä muun muassa Kotasen, Hannikaisen, Leppäkosken ja Hämäläisen (2003, 2) tutkimuksessa esiteltyjä Angle of Arrival (AOA), Cell Identity (CI), Time of Arrival (TOA), Time Difference of Arrival (TDOA) ja RX power level -menetelmiä. Sijaintitieto saadaan tällöin mitattua useimmissa tapauksissa 3-4 metrin tarkkuudella.

Etätunnistinpaikannus

Etätunnistinpaikannus (Radio Frequency Identification, RFID) perustuu lyhyen kantaman langattomaan tiedonsiirtoon, jossa kohde tai henkilö paikannetaan etäluettavien tunnistimia käyttäen. RFID -tekniikkaa hyödynnetään jo tällä hetkellä logistiikka- ja kuljetusaloilla tavaroiden seurannassa sekä terveydenhuollossa potilaiden seurannassa (RFID Centre 2005.)

RFID -teknologiaa hyödyntävässä paikannusjärjestelmässä (KUVIO 13) käytetään etätunnisteita (RFID tags), jotka ovat pieniä radiolaitteita. Etätunnisteet ovat tavallisesti sulautetut toisiin laitteisiin ja myös sisältävät tiedon sijainnista, laitteen tilasta tai identiteetistä. Etätunnisteiden lähettämä data otetaan vastaan lukijoilla (readers), joilla tarvittaessa tapahtuu liikennöinti myös vastakkaiseen suuntaan. Järjestelmään kuuluva palvelin (host computer) käsittelee lukijalta saadun datan, jonka perusteella muun muassa sijaintitieto voidaan määrittää (RFID Centre 2005.)



KUVIO 13. RFID -teknologiaan perustuvat paikannusjärjestelmä (RFID Centre 2005)

RFID -teknologia toimii useilla eri taajuuskaistoilla, jotka riippuvat usein sovellusalueesta. Usein käytettävä taajuuskaista vaikuttaa myös etäisyyteen, josta etätunniste voidaan tunnistaa. Matalaa taajuuskaistaa (125/134KHz) ja korkeaa taajuuskaistaa (13.56 MHz) hyödynnetään lähietäisyyksiin perustuvissa sovelluksissa. Näiden kommunikointietäisyys on noin yhden metrin verran. Korkeinta taajuuskaistaa (850 MHz - 950 MHz) hyödynnetään sovelluksissa, joissa kommunikointietäisyyden on oltava pidempi. Yli 30 MHz:n taajuudella toimivien sovellusten kommunikointietäisyydet vaihtelevat 3-8 metrin välillä, mutta ne kärsivät huomattavasti enemmän häiriöistä kuin matalaa ja korkeaa taajuuskaistaa hyödyntävät sovellukset (Gath & Prabhu 2005, 2; RFID Centre 2005).

RFID -paikannusjärjestelmää pidetään yleensä tehokkaana, jolla voidaan seurata henkilöitä tai muita kohteita, mutta tämän käyttöön liittyy myös ongelmia. Gath & Prabhu. (2005, 2) ovat luetelleet artikkelissaan tyypillisiä järjestelmään liittyviä haasteita. Järjestelmän toimintaan vaikuttavat nesteet, metallit ja orgaaniset aineet. Tämän ohella myös muiden radiolähteiden välittämät signaalit sotkevat järjestelmän toimintaa. Ongelmat havaitaan yleensä signaalien heijastumisina, monitie-etenemisenä sekä signaalien vaimentumisena. Yhtenä suurena ongelmana pidetään usein myös vielä hintaa, jonka on toivottu madaltuvan.

5 TUTKIMUSMETODI

5.1 Tutkimuskohde

Tutkimuksessa käsitellään verkkopaikannusmenetelmiin liittyviä haasteita hätäpaikannuksessa, jota viranomaiset käyttävät selvittäessään hädässä olevan kohteen paikkatietoa. Tutkimuskohdeena on Suomen sisäasiainministeriön alaisuudessa toimivat hätäkeskuslaitos ja pelastustoimi, jotka kehittävät ja hyödyntävät paikannuspalveluita viranomaisten käyttöön.

Hätäkeskuslaitosta johdetaan yhdessä sosiaali- ja terveysministeriön kanssa. Hätäkeskuslaitos koostuu 15:sta erillisestä hätäkeskuksesta, joita hallinnollisesti johdetaan Porin hätäkeskusyksiköstä. Hätäkeskuksen toimintaa ohjataan useilla säädöksillä ja lailla, jotka ovat tarkasti kuvatut Valtion säädöstietopankissa, FINLEX:ssä. Hätäkeskustoiminta käsittelee avunpyyntöilmoituksia ja ohjaa ne toimenpiteitä edellyttävälle viranomaiselle. Hätäkeskusten toiminta perustuu 112 -numeroon, joka on myös käytössä kaikissa Euroopan maissa. (112 - Hätäkeskuslaitos, 2006.)

Pelastustoimen perustehtäviin kuuluu onnettomuusriskien ennaltaehkäisy ja hallinta, joiden ohella pyritään myös varautumaan häiriö- ja poikkeustiloihin. Onnettomuustilanteiden ehkäisemiseen osallistuu myös muita viranomaisia, joiden kanssa pelastustoimi tekee yhteistyötä. Pelastustoimen toimintavalmiutta valvoo Suomen sisäasiainministeriön pelastusjohto, joka määrittää pelastustoimelle vuosittain vaatimukset, joilla pyritään turvaamaan pelastustoimen saatavuus (Sisäasiainministeriö 2006a, 2). Pelastustoimea ohjataan myös erillisin säädöksin, jotka ovat koottu Valtion

säädöstietopankkiin, FINLEX:iin (Sisäasiainministeriö 2006b). Pelastustoimi on jaettu alueellisesti 22 erilliseen osaan, joissa pelastuslaitokset hoitavat pelastustoimeen liittyvät tehtävät.

5.2 Tutkimusmetodin valinta

Tutkimuksen luonne

Tutkimus selvittää, millaisia haasteita liittyy käytössä oleviin, verkkopaikannukseen perustuviin hätäpaikannusmenetelmiin. Tutkimuksen kannalta tärkeässä osassa ovat nykyisin käytössä olevat hätäpaikannuspalvelut ja niiden nykytila. Oleellisessa osassa ovat myös toiminnalliset vaatimukset, joiden perusteella voidaan analysoida eri paikannusmenetelmiä rinnakkain ja selvittää eri paikannusmenetelmien soveltuvuutta hätäpaikannukseen sekä, mitkä menetelmistä voisivat tehostaa hätäpaikannusta.

Tutkimuksessa käsitellään pääasiassa laadullisia ominaisuuksia sekä pyritään kokonaisvaltaiseen tiedon hankintaan, jossa tutkimusaineisto on saatu luonnollisista ja todellisista tilanteista. Tästä johtuen tutkimuksen luonne on enemmän kvalitatiivinen kuin kvantitatiivinen, joka keskittyy enemmän teorioiden sekä hypoteesien testaamiseen. Tehtävän tutkimuksen laadullista luonnetta korostaa myös se, lähestymistavassa käytetään myös kvalitatiiviseen tutkimukseen liittyviä tiedonkeruumenetelmiä. Tällaisissa menetelmissä Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran (2001, 155) mukaan ”tutkittavien ja ääni pääsevät esille”. Yleisesti käytetyt menetelmät ovat muun muassa teemahaastattelu, osallistuva havainnointi ryhmähaastatteluihin, ja dokumentteihin ja erilaisten tekstien analyysit. Tällöin myös tutkimuksen kohteet ovat valittu tarkoituksenmukaisesti. Kvalitatiiviselle tutkimukselle on ominaista joustava tutkimus, joka täsmentyy tutkimuksen kehittyessä.

Tutkimusmenetelmä

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkimuskohdetta voidaan lähestyä usealla eri tavalla ja soveltaa eri tutkimusmetodeja, joiden perusteella tutkimuksen aineisto kerätään. Laadullisen tutkimuksen päätutkimusmenetelmänä pidetään yleisesti haastattelumenetelmää, jonka on katsottu soveltuvan moneen tilanteeseen (Metsämuuronen 2005, 224; Hirsjärvi ym. 2001, 192).

Haastattelumenetelmää sovelletaan toteutettavassa tutkimuksessa, koska tiedonkeruumenetelmää pidetään joustavana muihin tiedonkeruumuotoihin nähden. Tästä johtuen haastattelut ovat mielekäs tapa kerätä tietoa tutkimuskohteesta (Metsämuuronen 2005, 224; Hirsjärvi ym. 2001, 192). Haastatteluiden edetessä on mahdollista vaihdella kysymysten järjestystä tilanteesta riippuen ja tulkita saatuja vastauksia enemmän kuin lomakepohjaisissa postikyselyissä. Hirsjärvi ym. (2001, 193) pitävät haastattelumenetelmän etuna myös sitä, että haastatteluun osallistuvat henkilöt saadaan helpommin mukaan tutkimukseen kuin muissa aineiston hankinnan metodeissa. Haastateltaviin on mahdollista ottaa yhteyttä myöhemminkin itse virallisen haastatteluosuuden jälkeen, mikäli on tarve täydentää tutkimuksessa esille tulleita tietoja.

Haastattelumenetelmiin kohdistuu myös kritiikkiä, vaikka niiden on katsottu soveltuvan monipuolisesti aineiston hankkimiseen. Haastattelut vaativat tavallisesti paljon aikaa sekä suunnitteluun että itse haastattelujen toteutukseen. Haastattelut vaativat huolellista suunnittelua, jolloin tutkijan on perehdyttävä omaan rooliinsa sekä tehtävään. Hirsjärvi ym. (2001, 193) katsovat myös, että haastattelut voivat sisältää useita virhelähteitä johtuen haastattelijasta, haastateltavasta ja haastattelutilaisuudesta, jolloin tutkimus ei välttämättä ole luotettava. Tutkimusmetodin luotettavuuteen vaikuttavat myös sosiaaliset

tekijät, jolloin haastateltava voi antaa vastauksia, jotka voivat suosia haastateltavan omia mielipiteitä tai arvoja.

Teemahaastattelu

Haastatteluiden tarkoitus on saada mahdollisimman luotettavia sekä täsmällisiä tietoja itse tutkimuskohteesta ja -aiheesta. Kirjallisuudessa tutkimushaastattelut ovat jaettu useaan ryhmään. Hirsjärvi ym. (2001, 195) käyttävät alalajeista termejä strukturoitu haastattelu, teemahaastattelu ja avoinhaastattelu.

Tutkimuksessa käytetään teemahaastattelua, jolloin tutkimuskohdetta voidaan käsitellä laajemmin ja haastateltavat saadaan myös sitoutettua paremmin haastatteluun. Menetelmää käytetään tavallisesti tilanteissa, joissa aihealueet eli teemat ovat tiedossa, mutta kysymyksillä ei ole määrättyä järjestystä. Metsämuurosen (2005, 226) mukaan menetelmiä voidaan soveltaa myös tilanteissa, joissa tutkimuskohteena ovat huonosti tiedostetut asiat. Teemahaastattelu muistuttaakin sekä strukturoitua että avointa haastattelua, koska se yhdistää molempien piirteitä. Teemahaastattelua käytetään tavallisesti kvalitatiivisessa tutkimuksessa, mutta tätä on mahdollista soveltaa myös kvantitatiiviseen tutkimukseen. (Hirsjärvi ym. 2001, 195-196.)

Strukturoidun haastattelun ei katsottu soveltuvan tutkimukseen sen formaalin luonteen vuoksi. Avointa haastattelua ei puolestaan haluttu käyttää, koska menetelmältä puuttuu selvä rakenne. Tutkimukseen on haluttu kuitenkin tietty runko, jota noudatetaan haastatteluissa.

5.3 Tutkimusmetodin toteutus

Haastattelut

Teemahaastattelut toteutettiin vuoden 2006 kevään aikana. Haastatteluissa tulisi olla henkilöitä, joilla olisi tarvittava asiantuntijuus tutkimusaiheesta - viranomaistoiminnan erityspiirteistä, hätäpaikannuksesta sekä näihin liittyvistä sovelluksista. Tiedustelut mahdollisista haastateltavista aloitettiin sisäasiainministeriöstä. Tiedustelujen yhteydessä toimitettiin tietoja toteutettavasta tutkimuksesta ja sen luonteesta. Samalla pyydettiin tietoja henkilöistä, joiden kautta asiaa voisi edistää. Saadun vastauksen perusteella otettiin yhteyttä pelastustoimessa toimivaan ylitarkastajaan, joka oli kiinnostunut asiasta ja osallistui haastatteluun. Hänen tekemän aloitteen perusteella otettiin yhteyttä myös hätäkeskuksessa toimimaan tietohallintojohtajaan.

Haastattelut suoritettiin erikseen. Molemmat haastattelut myös tallennettiin henkilöiden suostumuksella. Haastateltavia johdatettiin aiheeseen ja kerrottiin tutkimuksen taustoista. Tämän ohella molemmille haasteltaville toimitettiin kysymykset etukäteen (LIITE 5). Haastattelut järjestettiin ajankohtina, jolloin kaikilla osapuolilla oli aikaa keskittyä aiheeseen. Haastattelut kestivät 1-1½ tuntia. Pelastustoimessa toimivan ylitarkastajan pyynnöstä haastattelu järjestettiin hänen omalla työpisteellään sisäasiainministeriössä. Hätäkeskuksen tietohallintojohtajan kanssa haastattelu toteutettiin puhelinhaastatteluna.

6 HAASTATTELUT

6.1 Nykytila

Haastatteluiden lähtökohtana on ollut lisätä ymmärrystä tutkittavasta aihealueesta, jotta tutkimuksen kohteesta saataisiin mahdollisimman totuudenmukainen kuva. Tästä syystä haastateltavaksi on valittu henkilöt, jotka ovat tekemisessä tutkittavan alueen kanssa ja tuntevat sen mahdollisimman hyvin. Haastattelut ovat oleellisessa asemassa selvittäessä hätäpaikannuspalveluiden nykytilaa - millaisissa olosuhteissa paikannusta tyypillisesti käytetään ja millaiset tekijät paikannukseen vaikuttavat.

Hätäkeskukset ottavat vastaan huomattavia määriä puheluita päivittäin. Kaikkien puheluiden perusteella ei voida kuitenkaan käynnistää hätäpaikannusta johtuen tietosuojalain asetuksista. Hätäkeskuksen on oltava varma, että kyseessä on todellakin hätäpuhelu tai on syytä olettaa henkilön olevan hengenhädässä ennen kuin toimenpide voidaan aloittaa. Paikannusta ei suoriteta automaattisesti, vaikka tämä tekniikan puitteissa olisikin mahdollista. Tällä suljetaan pois myös häiriöpuheluiden turha paikannus.

Hätäpaikannusjärjestelmään liittyvä tekninen kehitys on mennyt eteenpäin ja auttanut pelastusviranomaisia paikallistamaan henkilöitä, joiden tiedetään olevan avun tarpeessa, ja jotka eivät pysty tarkasti ilmoittamaan omaa sijaistietoaan. Tästä huolimatta, paikannuksen pelastusviranomaiset eivät ole vielä täysin tyytyväisiä paikannuksen laatuun kuten seuraavassa kommentissa todetaan:

"Sanotaanko, että parin viime vuoden aikana se on kehittynyt, mutta se ei ole meitä tyydyttävällä tasolla vielä, jos katsotaan niin kun matkapuhelimesta tulleita hätäpuheluita."

Tyytymättömyys johtuu pääasiassa käytettävästä paikannusmenetelmästä, matkaviestinverkon rakenteesta sekä vallitsevista olosuhteista. Häätälaitokset toimivat pääsääntöisesti verkkopaikannuksen varassa, jossa matkaviestimen sijaintia verkossa voidaan tarvittaessa käydä kysymässä. Paikannustarkkuutta koskevaan ongelmaan toinen haastateltavista kiteyttääkin seuraavalla tavalla:

"...verkon paikannustarkkuus on... aivan liian epävarma ja -tarkka tällä hetkellä."

Hätälaitokset voivat suorittaa hätäpaikannuksen myös kiinteään puhelinverkkoon perustuvalla menetelmällä, jossa paikannus tapahtuu kiinteään lankaliittymään liittyvällä osoitteella. Menetelmää käytetään osittain verkkopaikannuksen rinnalla, mutta tämän käyttöön liittyy myös haasteita, jotka vaikeuttavat paikannusta:

"...jos kiinteitä lankaliittyviä ajatellaan, niin siinäkin meillä on epätydyttävä tilanne. Me eletään puhelinluettelotiedon varassa, vaikka meillä ehdottomasti pitäisi olla asennusosoite."

Pelastusviranomaisten käytössä on myös operationaalisia paikannusmenetelmiä, joita he käyttävät muun muassa hätäajoneuvojen paikannukseen ja onnettomuuspaikalle ohjaamiseen. Tähän tarkoitukseen he käyttävät GPS -paikannusta. Paikannusmenetelmällä yksiköiden tarkkuus voidaan ilmoittaa hyvin tarkasti. Tässä tapauksessa paikannus on huomattavasti tarkempi kuin itse verkkopaikannukseen pohjautuva hätäpaikannus.

6.2 Haasteet

Hätäpaikannuksen suorittamiseen liittyy myös haasteita, jotka haittaavat tai huonoimmassa tapauksessa estävät kokonaan hätäpaikannuksen ja edelleen itse sijaintitiedon määrittämisen. Paikannustarkkuus voi vaihdella huomattavasti riippuen vallitsevista olosuhteista. Matkaviestinverkon isot solukoot ja kaupunkialueiden rakennukset haittaavat merkittävästi hätäpaikannusta. Haasteltavat toteavatkin seuraavaa eri ympäristöiden vaikutuksesta paikannustarkkuuteen:

"Taajamien ulkopuolella, vesistöjen lähellä saattaa olla kahden kilometrin heittoja. Sitten tuota kaupunkialueella, kun tukiasemia on tiheämmässä niin paikannustarkkuus on kohtuullinen. Kuitenkin sielläkin voidaan puhua sadoista metreistä, mikä tämä virhe on."

"...solujen koko määrää tavallaan paikannustarkkuuden ja radioaaltojen eteneminen."

Erityisesti taajamien ulkopuoliset alueet, joissa matkaviestinverkon tukiasemia on vähemmän, aiheuttavat ongelmia hätäpuhelukojen paikannuksessa. Varsinkin vesistöt heikentävät sijaintitiedon määrittämisen luotettavuutta signaalien heijastumisen takia. Tällöin paikannusjärjestelmän määrittämä sijaintitieto voi pettää totaalisesti:

"Me ollaan havaittu, että vesistöjen läheisyydessä niin paikannustieto voi tulla väärästä tukiasemasta, missä puhelin itse asiassa onkaan, kun radioaallot heijastuvat."

Edellä mainittujen ongelmien lisäksi haasteita aiheuttavat matkaviestimet, joista puuttuu SIM -kortti. Tällaisissa tapauksissa hätäpuhelukojen paikannusta ei voida toteuttaa ollenkaan.

6.3 Vaatimukset

Hätäpaikannuksen onnistumisen kannalta on tärkeää, että sijaintitieto voidaan määrittää mahdollisimman tarkasti. Tästä syystä hätäpaikannukselle on asetettu yleisesti toiminnallisia vaatimuksia, joilla pyritään varmistamaan hätäpaikannus toimenpiteenä mahdollisimman tarkan sijaintitiedon määrittämiseksi, jotta hädässä oleva henkilö saa tarvitsemaansa apua mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti. Haastattelujen yhteydessä esille nousseita vaatimuksia ei ollut monta, mutta nämä vaatimukset koettiin kaikista tärkeimmiksi:

"Jos miettii sitä hätäkeskuksen kannalta, miten sillä nopeutettaisiin hätäpuhelujen käsittelyä niin kyllä sen pitäisi olla ehdottoman eksakti tieto ja tulla nopeasti ja luotettavasti."

"Kyllä mä näkisin sen niin, että sen pitäisi olla luotettava ja tarkka."

Edellä mainittujen vaatimusten hyöty tulee esille ennen kaikkea siinä, että hätäkeskuksessa työskentelevät henkilöt voivat luottaa sijaintitietoon ja hälyttää pelastusyksiköt nopeasti. Tämän lisäksi tarkan sijaintitiedon perusteella voidaan ohjelmallisesti laskea lähimmät pelastusyksiköt ja lähettää ne matkaan.

Paikannusnopeudelle on myös asetettu omat vaatimukset. Tämän hetken vaatimukset hätäkeskuksen paikannusjärjestelmän määrittämisissä on mainittu, että paikannuksen on tapahduttava alle 10 sekunnin, mutta käytännössä sijaintitiedon määrittäminen tapahtuu huomattavasti tätä nopeammin:

"Ei siinä ajallista viivettä ole. Sanoisin, että se on noin 1 – 2 sekunnin luokkaa niin se vastaus tulee."

6.4 Kehityshankkeet

Hätäkeskuslaitoksella sekä pelastustoimella ei varsinaisesti ole suunnitteilla hätäpaikannusjärjestelmää koskevia kehityshankkeita. Esille on tullut yksi vakavasti otettava hanke, joka koskee tekstiviestin avulla tapahtuvaa hätäpaikannusta. Hätäpaikannus tapahtuisi hyödyntämällä normaalia matkaviestinverkon tekstiviestipalvelua. Toisen haastatellun henkilön mukaan tämä paikannusmenetelmä vaatisi kuitenkin todella tarkasti määritetyn sijaintitiedon, jotta tästä olisi 112 - tekstipalvelusta olisi käytännössä jotain hyötyä:

"Meiltähän on edellytetty tämmöistä 112 -tekstiviestipalvelua, että kansalaisen pitäisi ruveta myös tekstiviestillä pyytämään apua hätäkeskukselta. Tämähän edellyttää aivan eksaktin paikannustiedon, koska jos me joudutaan tekstiviestikeskusteluun jonkun henkilön kanssa niin, jos siitä puhelimesta ei ole tarkkaa sijaintitietoa niin menee mahdottomaksi."

Muut suunnitteilla olevat kehityshankkeet liittyvät paikkatietomateriaalien eli karttojen reaaliaikaiseen päivittämiseen. Tällä hetkellä karttapohjat päivitetään korkeintaan vain muutamia kertoja vuodessa, mikä on liian vähän.

Hätäkeskuslaitoksen muita tulevaisuuden kehityssuunnitelmia, jotka eivät varsinaisesti liity hätäpaikannukseen on massaviestitysjärjestelmä, ns. Cell broadcasting, jolla voidaan matkaviestinverkon välityksellä välittää tietoa esimerkiksi suuronnettomuuksista tietyn matkaviestin solun alueella. Tälle hankkeelle ei ole kuitenkaan myönnetty vielä rahoitusta.

7 ANALYYSI JA YHTEENVETO

7.1 Analyysin lähtökohdat

Käytössä olevien paikannusjärjestelmien ja -menetelmien määrä on tällä hetkellä huomattava. Luvussa neljä on esitelty joukko varteen otettavia menetelmiä, jotka toimivat viitekehyksenä arvioitaessa hätäpaikannukseen soveltuvia menetelmiä, joilla voidaan parantaa tämän hetkistä paikannuksen laatua. Hätäpaikannuspalveluille on asetettu tiettyjä yleisiä toiminnallisia vaatimuksia, joiden tarkoituksena on taata, että hätäpaikannus on mahdollisimman luotettava ja sijaintitieto saadaan määritettyä mahdollisimman tarkasti. Toiminnalliset vaatimukset takaavat kohtuullisen palvelutason hätäpaikannukselle.

Teemahaastattelut toivat esille ongelmia, jotka rajoittavat tai estävät kokonaan sijaintitiedon määrittämisen hätäpaikannuksen yhteydessä. Haastateltavien mukaan ongelmia aiheuttavat muun muassa toimintaympäristöt ja olosuhteet, jotka näkyvät suoraan paikannustarkkuudessa. Haastatteluissa korostettiin edelleen paikannuksen luotettavuutta ja nopeutta, jolla hätäpaikannusjärjestelmä käytännössä määrittää paikkatiedon. Hätäpaikannukseen soveltuvien paikannusmenetelmien arvioitaessa nämä tekijät ovat myös avainasemassa.

7.2 Paikannusmenetelmien tarkkuudet

Luvussa 6 todettiin teemahaastattelujen yhteydessä, että hätäpaikannuksen paikannustarkkuus ei ole riittävällä tasolla johtuen käytettävästä menetelmästä.

Hätäpaikannukseen käytettävän menetelmän on pystyttävä määrittämään sijaintitieto tarkasti riippumatta siitä, missä tämä tapahtuu. Alla esitetyssä taulukossa (TAULUKKO 2) on esitetty paikannusjärjestelmien ja -menetelmien paikannustarkkuudet perustuen luvussa 4 eri kirjallisuuslähteistä koottuihin tietoihin. Taulukossa esitetyt arvot esittävät teoreettista paikannustarkkuutta ideaaliolosuhteissa huomioimatta häiriötä aiheuttavia tekijöitä.

TAULUKKO 2. Paikannusjärjestelmien - ja menetelmien paikannustarkkuudet.

Paikannusjärjestelmä	Menetelmä	Tarkkuus (m)
Satelliittipaikannus	GPS	10m
	Differential GPS	1m
	Assisted GPS	10m
	Galileo	0,1 m
Verkkopaikannus	Cell Identity	50m
	Angle of Arrival	100m
	Time of Arrival	100m
	Enhanced Observed Time Difference	100m
	Database Correlation Method	25m
	Observed Time Difference of Arrival - Idle Period Downlink	18m
Lähipaikannus	Fingerprint	1m
	Bluetooth	2m
	Radio Frequency Identification	3m

Hätäpaikannusta on mahdollista parantaa usealla taulukossa esitetyllä paikannusmenetelmällä. Monessa tapauksessa yllä mainittujen paikannusmenetelmien sijaintitiedon määrityksen virhemarginaali on huomattavasti pienempi kuin tällä hetkellä käytössä olevan hätäpaikannusmenetelmän paikannustarkkuus. Tämän lisäksi eri paikannusjärjestelmien väliset tarkkuudet tulevat selvästi esille.

GPS -satelliittipaikannukseen pohjautuvien menetelmien paikannustarkkuuden virhemarginaali vaihtelee noin yhdestä metristä kymmeneen metriin asti. Satelliittipaikannus on varteenotettava vaihtoehto hätäpaikannuspalvelun laadun parantamiseen. Euroopan GPS -järjestelmää vastaavan paikannusjärjestelmän, Galileon, lopullisen käyttöönoton myötä paikannustarkkuuden on sanottu parantuvan huomattavasti, jolloin virhemarginaali on vain noin metrin kymmenyksen luokkaa (Vierrothin 2005). Järjestelmän on tosin arveltu olevan toiminnassa vasta vuonna 2010. Satelliittipaikannuksen heikkous on, että se vaatii vastaanottimen, jota ilman paikkatiedon määrittäminen ei onnistu. Tämän lisäksi satelliittipaikannukseen perustuvat hätäpaikannus vaatii todennäköisesti muutoksia itse hätäkeskuksen paikannusjärjestelmään infrastruktuuriin. Tästä syystä satelliittipaikannuksen implementointi hätäpaikannusjärjestelmään voi olla teknisesti haasteellista sekä kallista.

Verkkopaikannusjärjestelmien paikannustarkkuus on huomattavasti heikko tasoisempi kuin satelliitti- tai lähipaikannuksessa. Hätäpaikannuspalvelu perustuu juuri tällä hetkellä verkkopaikannukseen. Paikannustarkkuus näissä 2G - verkkoon perustuvissa menetelmissä estimaatti sijaintitiedosta voi heittää jopa parhaimmassakin tapauksessa 50–100 metriä. Kolmannen sukupolven verkkoteknologian avulla paikannustarkkuutta voidaan kuitenkin nostaa jonkin verran. Database Correlation Method ja Observed Time Difference of

Arrival - Idle Period Downlink - menetelmillä voidaan päästä kaksi kertaluokkaa parempaa tarkkuuksiin, jolloin virhemarginaali on vain 18 metristä 25 metriin (Ahonen ym. 2001; Porcino 2001). 3G - sukupolven verkkoteknologian käytön laajentuessa menetelmien käyttäminen osana hätäpaikannuspalvelua olisi mielekästä, koska teleyritysten 3G - verkkoinfrastruktuuri on lähes koko maan kattava ja uutta verkkoa tukevia päätelaitteita eli matkaviestimiä on kuluttajilla entistä enemmän.

Lähipaikannusjärjestelmien paikannustarkkuus on huomattava verrattuna satelliitti - ja verkkopaikannusjärjestelmiin. Paikannustarkkuuden virhe on kaikissa tapauksissa alle kolme metriä, jota voidaan pitää jo merkittävänä etuna. Hätäpaikannuksen kannalta tällaiset tarkkuudet mahdollistavat pelastusviranomaisten entistä paremman ja nopeamman toiminnan. Arvioitaessa paikannusjärjestelmien - ja menetelmien soveltuvuutta hätäpaikannukseen ei paikannustarkkuus yksistään riitä. Paikannustarkkuuden ohella on huomioitava myös toimintaympäristöt ja niiden vaikutukset palvelun laatuun.

7.3 Paikannusjärjestelmien soveltuvuus toimiympäristöihin

Haastateltavien mukaan hätäpaikannusta rajoittavat toimintaympäristöstä johtuvat tekijät, jolloin määritetty sijaintitieto voi olla kaukana todellisesta paikannettavan kohteen sijainnista. Arvioitaessa menetelmän soveltuvuutta hätäpaikannukseen on tarkasteltava myös näitä tekijöitä. Alla olevassa taulukossa (TAULUKKO 3) on Rainion (2003, 5) esitystä mukaillen koottu toimintaympäristöt, joihin paikannusjärjestelmät soveltuvat.

TAULUKKO 3. Paikannusjärjestelmien soveltuvuus toimintaympäristöihin

Paikannusjärjestelmä	Toimintaympäristö
Satelliittipaikannus	Erämaa
	Maaseutu
	Esikaupunki
	Keskusta
	Sisätila
Verkkopaikannus	Maaseutu
	Esikaupunki
	Keskusta
	Sisätila
Lähipaikannus	Keskusta
	Sisätila

Taulukko osoittaa paikannusjärjestelmien toimimisen erot eri ympäristöissä. Satelliittipaikannusjärjestelmien kyky toimia eri olosuhteissa on huomattava verrattuna muihin järjestelmiin. Käytännössä satelliittipaikannuspalvelu on käytössä lähes kaikkialla. Tämä johtuu satelliittijärjestelmän kattavuudesta. Tällä hetkellä esimerkiksi GPS -järjestelmä signaalit kattavat valtaosan maanpallon pinta-alasta, jolloin paikannuspalvelun saatavuus on suuri. Tulevaisuudessa myös Galileo -järjestelmä tulee kattavamaan valtaosan pinnasta.

Satelliitteihin perustuvien paikannusjärjestelmien toimintaa haittaavat toisaalta tekijät, jotka liittyvät ilmakehän häiriöihin, signaalien etenemiseen sekä paikannussatelliittien radan laskemisessa tapahtuneet virheisiin. (Öörni 2005, 32.) Satelliittipaikannukseen liittyviä häiriötekijöitä on kuitenkin saatu karsittua ainakin yhdellä menetelmällä, joka huomio ympäristöstä johtuvat virheet.

Avustettu GPS korjaa huomattavasti edellä mainittuja virheitä, milloin paikannustarkkuus voidaan määrittää tarkemmin ja luotettavammin olosuhteista riippumatta.

Verkkopaikannukseen pohjautuvat menetelmät soveltuvat myös useaan ympäristöön, vaikka sijaintitiedon määrittäminen ei onnistu samalla tarkkuudella kuin satelliitti- ja lähipaikannuksessa. Katvealueita muodostuu kohdissa, joissa matkaviestinverkon tukiasemien kattavuus ei ole yhtä tiheä kuin taajamissa – tällöin palvelua ei ole käytettävissä. Hyvissä olosuhteissa paikannustarkkuutta eri ympäristöissä voidaan pitää kohtuullisena. Paikannustarkkuus kuitenkin heikkenee tukiasemien ja matkaviestimien välillä, kun signaalit heijastuvat tiellä olevista esteistä kuten pilvistä, rakennuksista ja maaston muodoista. Ainoastaan kolmannen sukupolven matkaviestinteknologia parantaa paikannustarkkuutta oleellisesti, jonka perusteella näitä menetelmiä voitaisiin soveltaa hätäpaikannukseen.

Lähipaikannusjärjestelmien paikannustarkkuus on huomattava, mutta niiden käyttäminen sellaisenaan hätäpaikannuspalvelun tuottamiseen ei onnistu johtuen paikannusjärjestelmän teknisistä rajoitteista ja sovellusalueesta. Paikannusjärjestelmä soveltuu käytettäväksi vain rajatuilla alueilla, joista löytyy lyhyenkantaman radiotaajuuksia käyttävä langaton verkko. Lähipaikannusjärjestelmä voisi tosin toimia jonkin toisen hätäpaikannukseen käytettävän paikannusjärjestelmän rinnalla laajentamassa palvelua, mutta tällainen vaatisi huomattavia muutoksia hätäpaikannusjärjestelmän infrastruktuuriin.

7.4 Yhteenveto

Hätäpaikannuspalvelun merkitys on huomattava pelastusviranomaisille, joilta edellytetään nopeaa ja tehokasta toimintaa onnettomuustilanteissa. Jotta edelliset vaatimukset täyttyvät, on hätäpaikannuspalvelun pystyttävä paikantamaan hädässä oleva kohde mahdollisimman tarkasti ja useissa toimiympäristöissä kuten Viestintäviraston (2004c, 3). raportissa todetaan. Hätäpaikannuspalveluiden käyttöön liittyy kuitenkin muutamia haasteita, jotka heikentävät tämän hyödyntämistä, mutta toisaalta olemassa oleva ratkaisu on parantanut pelastusviranomaisten toimintaa monissa tapauksissa.

Haasteet liittyvät pääasiassa käytössä olevaan paikannusmenetelmään, joka pohjautuu toisen sukupolven ratkaisuja hyödyntävään verkkopaikannusjärjestelmään (Kaleva 2006). Tämän menetelmän paikannustarkkuus on parhaimmassakin tapauksessa vain tyydyttävällä tasolla. Tämän ohella sijaintitiedon määrittäminen on riippuvainen toimintaympäristöistä ja vallitsevista olosuhteista, jotka voivat edelleen heikentää paikannustarkkuutta huomattavasti. Tällaiset tekijät voivat aiheuttaa ongelmallisia tilanteita. Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, minkälaisia haasteita hätäpaikannuspalvelun käyttöön nykyään liittyy ja toisaalta, mitkä tarjolla olevat paikannusmenetelmät voisivat korjata esille tulleita puutteita ja edistää näin ollen hätäpaikannuspalvelun toimintakykyä.

Hätäpaikannuspalvelun laadun parantamiseen ei ole olemassa yhtä tiettyä paikannusmenetelmää, vaan pikemminkin tähän löytyy muutamia vaihtoehtoisia tapoja. Satelliittipaikannukseen pohjautuvien menetelmien etuna on niiden monipuolisuus eri toimiympäristöjen suhteen, koska niitä voidaan hyödyntää useassa tilanteessa riippumatta siitä, missä paikannettava kohde sijaitsee (Arokoski ym 2002, 193). Menetelmien soveltuvuutta monipuolisiin

ympäristöihin kuvaa varsinkin se, että niitä voidaan käyttää tilanteissa, joissa paikannettava kohde sijaitsee sisätiloissa. Tämä on hyvin haasteellinen toimialue, koska monesti rakennusten pinnat aiheuttavat erilaisia signaaleihin liittyviä heijastumia, jotka vaikeuttavat tai jopa estävät kokonaan sijaintitiedon määrittämisen näissä olosuhteissa. Toimintaympäristöstä riippumatta satelliittipaikannukseen pohjautuvia menetelmiä voidaan pitää myös suhteellisen tarkkana, koska virhemarginaali on 10 senttimetrin ja 10 metrin välillä.

Verkkopohjaisten paikannusmenetelmien ongelmana on heikko paikannustarkkuus. Tämä tulee esille varsinkin 2G -verkkotekniikkaan perustuvissa menetelmissä. Virhemarginaali on parhaimmillaankin vain noin 50 metriä. Useimmissa tapauksissa paikannustarkkuus ei edes yllä tälle tasolle, jolloin voidaan puhua satojen tai kilometrien mittausvirheistä. 3G -verkkotekniikkaan perustuvien menetelmien paikannustarkkuus on kuitenkin huomattavasti parempi, jolloin niiden hyödyntämistä hätäpaikannuksessa voidaan pitää mielekkäänä. Paikannettavan kohteen sijaintitiedon määrittäminen onnistuu parhaimmillaan 18 metrin tarkkuudella (Porcino 2001, 2). Verkkopaikannukseen pohjautuvat menetelmät toimivat myös useimmissa ympäristöissä. Ainoastaan kohteen paikantaminen sisätiloissa aiheuttaa ongelmia.

Lähipaikannusjärjestelmään perustuvien menetelmien hyödyntäminen hätäpaikannuksessa on kaksipuolinen asia. Menetelmien avulla sijaintitieto voidaan määrittää parhaimmillaan jopa metrin tarkkuudella, mutta toisaalta menetelmien heikkous on rajoittuneisuus eri toimiympäristöjen suhteen. Menetelmät soveltuvat käytettäväksi vain keskusta-alueilla sekä sisätiloissa johtuen lyhyen kantaman radioaaltoista, joita lähipaikannustekniikassa hyödynnetään. Tästä syystä lähipaikannusmenetelmät eivät yksistään ole mielekäs vaihtoehto hätäpaikannuspalvelun laadun parantamiseksi. Eräänä

vaihtoehtona voisi olla käytössä olevan hätäpaikannusjärjestelmän laajentaminen jollakin lähipaikannusmenetelmällä.

Seuraavassa taulukossa (TAULUKKO 4) on tiivistetysti esitetty paikannusmenetelmien vertailun tulokset perustuen haastatteluissa esiin tulleisiin vaatimuksiin. Tutkimuksen tulokset pohjautuvat eri kirjallisuuslähteistä saatuihin tietoihin paikannusmenetelmistä ja niiden teknisistä ominaisuuksista. Taulukossa (TAULUKKO 4) esitetään, mitkä menetelmät soveltuvat hätäpaikannuspalveluun ja voivat parantaa paikannuksen laatua nykyiseen käytössä olevaan menetelmään verrattuna. Tutkimus ei tosin ota kantaa siihen, miten hätäpaikannuspalveluun soveltuvien menetelmien käyttöönotto tulisi tehdä, tai mitä tämä käytännössä vaatii.

TAULUKKO 4. Yhteenveto hätäpaikannuspalveluun soveltuvista paikannusmenetelmistä.

Järjestelmä	Menetelmä	Soveltuvuus hätäpaikannukseen	Huomioita
Satelliittipaikannus	GPS	Kyllä	Hyvä paikannustarkkuus; vaatii kuitenkin paikannusta tukevan matkaviestimen; paikannusjärjestelmä ei täysin riippumaton; ei voida yksinään käyttää hätäpuhelupaikannukseen
	Differential GPS	Ei	Todella hyvä paikannustarkkuus; käytössä lähinnä vain liikenneohjausjärjestelmissä
	Assisted GPS	Kyllä	Hyvä paikannustarkkuus, GPS - laajennus, joka on tarkoitettu parantamaan verkkopohjaista paikannusta; vaatii kuitenkin paikannusta tukevan matkaviestimen
	Galileo	Kyllä	Todella hyvä paikannustarkkuus; vaatii kuitenkin paikannusta tukevan matkaviestimen; ei voida yksinään käyttää hätäpuhelupaikannukseen; järjestelmä vielä kehitteillä, valmis vuonna 2010
Verkkopaikannus	Cell Identity	Ei	Heikko paikannustarkkuus; virheet huomattavia ja näin ollen epävarma
	Angle of Arrival	Ei	Heikko paikannustarkkuus; virheet huomattavia ja näin ollen epävarma
	Time of Arrival	Ei	Heikko paikannustarkkuus; virheet huomattavia ja näin ollen epävarma

(jatkuu)

TAULUKKO 4. (jatkuu)

Järjestelmä	Menetelmä	Soveltuvuus häätäpaikannukseen	Huomioita
Verkkopaikannus	Enhanced Observed Time Difference	Ei	Hyvä paikannustarkkuus; toimii suhteellisen hyvin eri toimintaympäristöissä, vain sisätilat aiheuttavat ongelmia;
	Database Correlation Method	Kyllä	Hyvä paikannustarkkuus; toimii suhteellisen hyvin eri toimintaympäristöissä, vain sisätilat aiheuttavat ongelmia; 3G -verkon paikannusmenetelmä
	Observed Time Difference of Arrival - Idle Period Downlink	Kyllä	Hyvä paikannustarkkuus; toimii suhteellisen hyvin eri toimintaympäristöissä, vain sisätilat aiheuttavat ongelmia; 3G -verkon paikannusmenetelmä
Lähipaikannus	Fingerprint	Ei	Todella hyvä paikannustarkkuus; toimii tehokkaasti sisätiloissa, muttei sovellu muihin toimintaympäristöihin; vaikeasti sovitettavissa häätäpaikannukseen
	Bluetooth	Ei	Todella hyvä paikannustarkkuus; toimii tehokkaasti sisätiloissa, muttei sovellu muihin toimintaympäristöihin; vaikeasti sovitettavissa häätäpaikannukseen
	Radio Frequency Identification	Ei	Todella hyvä paikannustarkkuus; toimii tehokkaasti sisätiloissa, muttei sovellu muihin toimintaympäristöihin; vaikeasti sovitettavissa häätäpaikannukseen

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

8.1 Tutkimustulokset

Tutkimuksessa on tarkasteltu haasteita, jotka liittyvät nykyiseen käytössä olevaan verkkopaikannukseen pohjautuvaan hätäpaikannuspalveluun. Tutkimuskohteena olivat hätäkeskuslaitos ja pelastustoimi, jotka hyödyntävät hätäpaikannusjärjestelmää paikantaessaan onnettomuuteen joutuneita henkilöitä soitetun hätäpuhelun perusteella. Haasteilla tutkimuksessa on tarkoitettu tekijöitä, jotka selvästi vaikuttavat onnistuneeseen paikkatiedon määrittämiseen.

Tutkimus osoitti, että hätäpuhelujen paikannusjärjestelmä on tällä hetkellä ainut merkittävä hätäpaikannuspalvelu, jota viranomaiset voivat todella hyödyntää. Hätäkeskukset paikantavat hätäpuhelun teleyrityksen matkaviestinverkossa tilaajanumeron perusteella. Paikannuspyynnön perusteella paikkatieto määritetään erillisellä paikannuspalvelulla. Määritetty sijaintitieto palautetaan takaisin ja välitetään edelleen pelastusviranomaisten käyttöön. (Viestintävirasto 2004d, 5.) Kehitteillä on tosin vastaavanlaisia hätäpalveluita, hätätekstiviestipalvelu ja eCall -viestijärjestelmä, jotka pohjautuvat myös matkaviestinverkossa välitettävään tietoon. Palveluiden merkitys on kuitenkin toistaiseksi vähäinen, koska näiden on oletettu tulevan käyttöön vasta vuoden 2010 tienoilla (Viestintävirasto 2005, 11-12; Rainio 2006).

Haastattelut osoittivat verkkopohjaisen hätäpaikannuspalvelun kehittyneen huomattavasti, mutta palvelun käyttöön todettiin haastateltavien mukaan edelleen liittyvän haasteita, jotka rajoittavat tai estävät kokonaan

häätäpaikannuksen. Haasteiden katsottiin pääasiassa johtuvan käytettävästä paikannusmenetelmästä, matkaviestinverkon rakenteesta sekä vallitsevista olosuhteista. Ongelmat ovat hyvin tyypillisiä verkkopohjaiselle paikannukselle menetelmästä riippumatta (Blom ym. 2002, 16). Nämä tekijät vaikuttavat paikannustarkkuuteen sekä paikannuksen luotettavuuteen, mitkä heikentävät häätäpaikannuspalvelun uskottavuutta.

Haastattelut toivat esille myös vaatimuksia, joiden haasteltavat katsoivat olevan merkittävimmissä roolissa onnistuneen häätäpaikannuksen kannalta. Paikannustarkkuuden koettiin olevan kaikista tärkein ominaisuus. Paikkatieto on voitava määrittää mahdollisimman tarkasti riippumatta siitä, missä paikannettava kohde sijaitsee. Häätäpaikannuspalvelun odotettiin toimivan myös luotettavasti eri toimintaympäristöissä, koska nämä aiheuttavat tällä hetkellä haasteita paikkatiedon määrittämisessä. Paikkatiedon määrittämisen käytettävän kuluvan ajan koettiin myös olevan tärkeä ominaisuus. Sijaintitieto on voitava määrittää mahdollisimman nopeasti siitä hetkestä alkaen, kun paikannuspyyntö on välitetty häätäpaikannusjärjestelmälle. Vasteajan ei kuitenkaan katsottu olevan ongelma tällä hetkellä, koska viive on käytännössä hyvin marginaalinen. Tutkimuksessa esille tulleet vaatimukset kattavat osittain niitä vaatimuksia, joita on yleisesti asetettu häätäpaikannuspalveluille (3GPP 2005, 39).

Paikannusmenetelmien vertailu osoitti, että verkkopohjaisen häätäpaikannuspalvelun ongelmia voidaan korjata usealla eri paikannusmenetelmällä. Mittareina toimivat haastatteluiden yhteydessä esille nousseet vaatimukset, joiden katsottiin olevan merkittäviä häätäpaikannuspalveluiden kannalta. Tutkimus osoitti eri paikannusmenetelmien välillä olevan selvästi eroavaisuuksia paikannustarkkuuksissa ja muissa ominaisuuksissa.

Tutkimus osoitti, että satelliittipohjaiset ratkaisut ovat potentiaalisia vaihtoehtoja, joilla hätäpaikannuspalvelun paikannustarkkuutta ja luotettavaa toimintaa eri toimintaympäristöissä on mahdollista parantaa. GPS -järjestelmän paikannustarkkuus on jo yksinään hyvin tarkka virhemarginaalin ollessa vain kymmenen metriä. Tulevaisuudessa eurooppalaisen GPS -järjestelmän vastineen, Galileon, paikannustarkkuus on huomattavasti tarkempi (European Community 2004a). Virhemarginaali on enää vain 0,1 metriä. Matkaviestinverkkoa hyödyntävän A-GPS -menetelmän paikannustarkkuus on puolestaan 10 metriä. Toisaalta satelliittipaikannukseen heikkoudeksi kuitenkin nähtiin nimenomaan se, että paikannukseen vaaditaan matkaviestimiä, jotka tukevat GPS -paikannusta (3GPP, 1999). Markkinoilla on toistaiseksi hyvin vähän tällaisia päätelaitteita.

Vertailussa todettiin verkkopaikannukseen pohjautuvien menetelmien olevan ongelmallisia, koska ne kärsivät monista signaalien etenemiseen liittyvistä ongelmista (ks. luku 4). Tästä johtuen paikannustarkkuus voi vaihdella muutamasta sadasta metrillä useaan kilometriin riippuen olosuhteista riippuen (Wilenius, 2002, 24). Hätäpaikannuksen kannalta tällaisten menetelmien käytön ei katsottu olevan mielekäästä. Kuitenkin uusien 3G -verkkotekniikkaan pohjautuvien menetelmien, DCM:n ja OTDOA-IPDL:n, todettiin kuitenkin soveltuvan hätäpaikannukseen; johtuen hyvästä paikannustarkkuudesta ja tavasta, jolla menetelmät voivat korreloida paikkatiedon määrittämisessä tapahtuneita virheitä (Ahonen ym. 2001; Porcino 2001). DCM -menetelmän paikannustarkkuus on 25 metriä. OTDOA-IPDL -menetelmän teoreettinen paikannustarkkuus on puolestaan noin 18 metriä.

Lähipaikannusmenetelmien haasteena on, että menetelmät hyödyntävät lyhyen kantaman signaaleja, joiden perusteella paikkatieto määritetään. Paikannustarkkuuden todettiin vaihtelevan Fingerprint -menetelmän yhdestä metrillä RFID -menetelmän kolmeen metriin ideaaliolosuhteissa. Menetelmät

toimivat tehokkaasti sisätiloissa, mutta eivät sovellu muihin toimintaympäristöihin (Kolodziej 2006; Paikannussanasto 2002). Tästä syystä tutkimuksessa lähipaikannusmenetelmien ei katsottu soveltuvan hätäpaikannuspalvelun toteuttamiseen

8.2 Johtopäätökset

Hätäpaikannuspalvelun toiminnalliset vaatimukset ovat avainasemassa vertailtaessa paikannusmenetelmiä. Tutkimuksessa käsiteltiin vain muutamia vaatimuksia, jotka haastateltavat kokivat erittäin tärkeäksi. Vaatimusten perusteella menetelmien arvioinnin katsottiin kuitenkin onnistuvan, koska paikannusmenetelmien joukosta voitiin selvästi erottaa ne menetelmät, joiden avulla on realistista parantaa nykyisen verkkopohjaisen hätäpaikannuspalvelun toimintaa monessa suhteessa – tärkeimpänä kuitenkin paikannustarkkuus ja luotettavuus. Mikäli tutkimusta haluttaisiin laajentaa ja tehdä tästä kattavampi, olisi tässä huomioitava myös muut vaatimukset, jotka käsiteltiin tutkimuksessa (ks. luku 3). Tutkimuksen ulkopuolelle on jäänyt esimerkiksi hätäpaikannuspalvelua koskevat vaatimukset, jotka takaavat paikannettavan henkilön tietosuojan tai itse hätäpaikannuspalvelun tietoturvan.

8.3 Tutkimuksen luotettavuus ja yleistettävyys

Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden mittareina käytetään tavallisesti reliabiliteettia ja validiteettia. Tutkimuksen aineiston kerääminen suoritettiin käyttämällä teemahaastattelua, johon osallistui henkilöitä sekä hätälaitoskeskuksesta että pelastustoimesta. Tutkimuksen reliabiliteettia kuvaa Metsämuurosen (2006, 58 - 59) mukaan olettaen, että haastattelujen tulokset eivät muuttuisi, vaikka tämä toistettaisiin useaan kertaan haastateltavien pysyessä samana. Tutkimuksen reliabiliteettia voidaan pitää luotettavana,

koska tutkimusaineistossa esille tulleet hätäpalveluiden ominaisuudet vastaisivat hyvin todennäköisesti jo tutkimuksen teoriaosassa käsiteltyjä toiminnallisia ominaisuuksia, vaikka teemahaastattelut toteutettaisiin useaan kertaan. Tämä johtuu siitä, että hätäpaikannuspalvelun tärkeät ominaisuudet liittyvät juuri laadun parantaviin tekijöihin.

Tutkimuksessa on huomioitava myös validiteetti, joka Metsämuurosen (2006, 56) mukaan viittaa tutkimusmenetelmän kykyyn selvittää sitä, mitä sillä on tarkoitus selvittää. Tätä voidaan tarkastella sekä ulkoisen että sisäisen validiteetin näkökulmasta. Tutkimustulokset ovat yleistettävissä eli niitä pitää ulkoisesti valideina, koska tulokset eivät koske vain yhtä tiettyä hätäkeskusta tai pelastustoimen yksikköä. Kaikki Suomessa toimivat hätäkeskukset ja pelastustoimen paikkakuntakohtaiset yksiköt hyötyvät yhtäläillä saaduista tuloksista, koska he käyttävät samaa hätäpaikannusjärjestelmää.

Sisäinen validiteetti tarkastelee, ovatko tutkimuksessa käytetyt käsitteet teorian mukaisia ja kattavatko nämä tarpeeksi laajasti kyseessä olevan ilmiön (Metsämuuronen 2005, 110). Tutkimuksessa käytettävät mittarit perustuvat hätäpaikannuspalvelun kuvattuihin toiminnallisiin vaatimuksiin, joiden pohjalta analyysi on toteutettu ja tulokset ovat löydetty. Toisaalta tutkimuksen teoriaosassa esiteltyjä kaikkia toiminnallisuuksia vaatimuksia ei itse analyysissa hyödynnetty. Nämä ovat toimineet lähinnä referenssinä tutkimuksessa. Tutkimuksessa on haluttu korostaa ja nimenomaan tuoda esille tutkimuskohteen kantaa hätäpaikannuspalvelun toiminnallisista ominaisuuksista. Tutkimuksen luotettavuutta voi toisaalta heikentää se, että aiheeseen liittyviä julkaisuja ei ole ollut saatavilla. Tämä tiedostettiin jo tutkimusprosessin alkuvaiheessa.

8.4 Lähestymistavan onnistuminen tutkimuksessa

Tutkimuksen luonteeseen kuuluvat tutkimuskohteen laadullisten ominaisuuksien määrittäminen sekä näiden ymmärtäminen. Tästä syystä tutkimuksen lähestymistapana on päädytty käyttämään kvalitatiivista tutkimustapaa ja tiedonkeruumenetelmänä teemahaastattelua. Valittu menetelmä ei ollut itsestään selvyys prosessin alkuvaiheessa, koska valittavana olisi ollut myös muita vaihtoehtoisia tiedonkeruumenetelmiä.

Vaihtoehtona olisi ollut hyödyntää strukturoitua lomakehaastattelua ennalta asetettuineen kysymyksiin. Menetelmän on kuitenkin katsottu olevan liian formaali laadullisten ominaisuuksien kartoittamiseen. Toisaalta myös vastaukset olisivat voineet olla liian suppeat, jolloin saatu tieto tutkimuskohteesta olisi voinut jäädä vähäiseksi. Menetelmän ei myöskään katsottu sopivan tutkimukseen haastateltavien lukumäärästä johtuen. Vaihtoehtoisena menetelmänä muodollisen lomakehaastattelun rinnalla olisi voitu hyödyntää avointa haastattelumenetelmää. Menetelmän heikkoutena on kuitenkin rakenteen puuttuminen – ilman selkeää haastattelurunkoa dialogi haastateltavien kanssa ei olisi onnistunut.

Tutkimuksen onnistumisen kannalta on ollut oleellista, että haastatteluilla on saatu tutkimuskohteesta luotettavasti tietoa tutkimuksen suorittamiseksi. Teemahaastatteluilla toteutettu tiedonkeruu on osoittautunut oikeaksi menetelmäksi lähestyttäessä tutkimuskohdetta. Menetelmän avulla tutkimuskohteen luonne ja ominaisuudet on saatu selvitettyä tasolla, jonka perusteella tutkimusaineisto on voitu analysoida ja tehdä johtopäätöksiä sekä samalla toteuttaa tutkimus kokonaisuudessaan.

8.5 Jatkotutkimusaiheet

Hätäpaikannukseen liittyviä julkaisuja on toistaiseksi hyvin vähän. Tutkimus on pääasiassa keskittynyt uusien hätäviestijärjestelmien kuten hätätekstiviesti- ja eCall - järjestelmien ympärille, joita voidaan hyödyntää osittain myös hätäpaikannuksessa. Hätäpaikannuspalvelun laadun parantamiseen tai haasteisiin liittyviä julkaisuja ei juuri kuitenkaan löydy. Tutkimuksen toteutuksen aikana löytyi muutamia mielenkiintoisia jatkotutkimusaiheita, joihin ei ole kiinnitetty huomiota tutkimusongelman rajauksen vuoksi.

Tutkimuksessa ei ole käsitelty, miten lopputuloksena esiin tulleiden paikannusmenetelmien käyttöönotto tapahtuu. Tämä aihealue rajattiin tietoisesti tutkimuksen ulkopuolelle, mutta tätä pidettiin kuitenkin hyvin oleellisena jatkotutkimusaiheena. Uuden hätäpaikannusjärjestelmän implementointi on todella haastava kokonaisuus, johon liittyy monia teknisiä ongelmia. Paikannusmenetelmän sovittaminen hätäpaikannusjärjestelmään vaatii sekä paikannusmenetelmän että hätäpaikannusjärjestelmän teknistä ymmärtämistä. Tällaisessa jatkotutkimusaiheessa on myös huomioitava, miten kommunikointi järjestelmien välillä tapahtuu ja varsinkin, miten uusi hätäpaikannuspalvelun käyttöönotto näkyy loppukäyttäjälle päin. Hätäpaikannuspalvelun saatavuus ei voi heikentyä tehtyjen muutosten takia, vaan päinvastoin parantua. Tutkimuksen lopputulosten merkitys viranomaisille voi olla huomattava. Lopputulosten perusteella viranomaiset voivat tehdä alustavia päätöksiä tavasta, kuinka uuden paikannusmenetelmän implementointi voisi olla toteuttavissa ja vaatiko tämä lisätutkimuksia.

Tutkimuksessa kiinnitettiin huomioita myös lähipaikannukseen ja tämän merkitykseen osana tehokasta hätäpaikannuspalvelua. Lähipaikannus hyödyntää erilaista tekniikkaa, ja ei näin ollen ole suoraan käytettävissä. Päätelaitteina toimivat tavallisesti muut kuin matkaviestimet, mikä aiheuttaa

haasteita hätäpaikannusjärjestelmän ja lähipaikannusjärjestelmän väliseen kommunikointiin. Matkaviestimien on voitava kommunikoida lähiverkossa olevien komponenttien kanssa, mikä vaatii yleisen standardin rajapinnan määrittämistä. Näiden lähiverkossa olevien komponenttien on myös pystyttävä ohjaamaan yleiseen matkaviestinverkkoon, jonka kautta hätäpaikannusjärjestelmä saa tarvitsemansa informaation sijaintitiedon määrittämiseksi. Sijaintitieto on voitava myös suhteuttaa karttapohjaan, joka käytännössä kertoo, missä kohdassa tiettyä rakennusta paikannettava kohde sijaitsee. Tällä hetkellä rakennusten karttapohjatietoja ei ole kovinkaan paljon saatavilla. Tutkimus voisi parhaassa tapauksessa auttaa ymmärtämään sisätilapaikannukseen liittyviä ongelmia ja haasteita, koska nämä ovat selvästi jääneet vähemmälle huomiolle. Tämä tekee tutkimusaiheesta merkittävän ja mielenkiintoisen.

LÄHTEET

112 - Hätäkeskuslaitos. 2006. Tietoa Hätäkeskuslaitoksesta [Viitattu 16.9.2006].
Saatavilla [www-](http://www.112.fi/index.php?pageName=112tietoa) muodossa: <URL:
<http://www.112.fi/index.php?pageName=112tietoa>>

3GPP. 1999. TSG R1#7 (99) a84. TSG-RAN Working Group 1. Lucent Technologies. Location services technologies for WCDMA. Hanover, Germany, 30 Aug - 3 Sept, 1999.

3GPP. 2001a. TSG-RAN WG2. TSG-RAN Meeting #12. Statue of UE Positioning.

3GPP. 2001b. TSG-SA2 LCS Workshop. Overview of 2G LCS Technologies and Standards. Motorola, Inc. London, UK, 11 - 12 January, 2001.

3GPP. 2001c. TR 25.847. V4.0.0 Technical specification group radio access network. UE positioning enhancements (Release 4).

3GPP. 2003. TSG CN Plenary Meeting #19 NP-030104. 12th - 14th March 2003 Birmingham, UK.

3GPP. 2004. TS 23.032. V6.0.0. Technical Specification Group Core Network; Universal Geographical Area Description (GAD) (Release 6).

3GPP. 2005. TS 22.071. V7.4.0. Technical Specification Group Services and System Aspects. Location Services (LCS). Service description. Stage 1. (Release 7).

Ahonen, S., Laitinen, H., Lähteenmäki, J., Kyriazakos, S., Menolascino, R. & Parkkila, S. 2001. Cellular Location Technology. Cellular network optimisation based on mobile location. VTT.

Ahonen, S. & Laitinen, H. 2003. Database correlation method for UMTS location. Information Technology. VTT.

Arokoski, Jääskeläinen, Köykkä, Kontio, Raatikainen, Tervo, Vierimaa, 2002. Inside Mobiiliteknologiat. Helsinki: Edita Prima Oy IT Press.

Ataman, I., Gasimli, F. & Rusina, O. 2004. The value of proximity in location based services. Humboldt University in Berlin. Seminari in E-business case studies.

Blom, M., Koskinen, S. & Virtanen, A. 2002. Näkövammaisten opastusjärjestelmät. VTT Tuotteet ja tuotanto. Raportti VTT-AUT3-C2001-01, Versio 1.0.

Bluetooth. 2006 [online]. About the Bluetooth SIG. Bluetooth [viitattu 24.4.2006]. Saatavilla www.bluetooth.com/Bluetooth/SIG/ -muodossa: <URL: <http://www.bluetooth.com/Bluetooth/SIG/>>

Bretz, E. 2003. Precision navigation in European skies Spectrum. Volume 40, Issue 9, September. IEEE 16.

Broughton, D. 2004. GNSS - A users' perspective in 2010; Electronics in Marine. 46th International Symposium. June 16-18. Proceedings Elmar 1 - 4.

Chenebault, J., Dardelet, J. & Pagny, R. 2004 [online]. From EGNOS to Galileo: A European vision of satellite-based radio navigation [viitattu 8.12.2005]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.sophia-antipolis.org/actu/concours-galileo/Article-Galileo2004.pdf>](http://www.sophia-antipolis.org/actu/concours-galileo/Article-Galileo2004.pdf)

Digita. 2005. Focus -paikannuspalvelu [online]. Satelliittipaikannus [Viitattu 7.12.2005]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.digita.fi/digita_dokumentti.asp?path=1840;1852;7470;7474;7477;2163>](http://www.digita.fi/digita_dokumentti.asp?path=1840;1852;7470;7474;7477;2163)

Djuknik, G. M. & Richton, R. E. 2001. Geolocation and assisted GPS. Computer. Volume 34, February, 123-125.

Ericsson. 2006 [online]. Bluetooth Wireless Technology TM. Ericsson [viitattu 24.4.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.ericsson.com/technology/tech_articles/Bluetooth.shtml>](http://www.ericsson.com/technology/tech_articles/Bluetooth.shtml)

ETSI. 2005. TS 144 035 V6.0.0. Technical Specification. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Location Services (LCS); Broadcast network assistance for Enhanced Observed Time Difference (E-OTD) and Global Positioning System (GPS) positioning methods.

European Community. 2004a. On the establishment of structures for the management of the European satellite radio-navigation programmes. Teoksessa The official Journal of European Union. July 12. Council Regulation (EC) No 1321, 246.

European Community. 2004b. Moving to the deployment and operational phases of the European satellite radio navigation programme. Commission of

the European Communities. Communication from the commission to the European parliament and the council.06.10.2004, Bryssel.

Federal Communications Commission. 2000. Guidelines for Testing and Verifying the Accuracy of Wireless E911 Location Systems. OET bulletin No. 71 [viitattu 25.3.2007]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.fcc.gov/911/enhanced/releases/oet71.pdf >](http://www.fcc.gov/911/enhanced/releases/oet71.pdf)

Federal Communications Commission. 2006. Wireless 911 Services. FCC Consumers Facts [viitattu 25.3.2007]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.fcc.gov/cgb/consumerfacts/wireless911srcv.html>](http://www.fcc.gov/cgb/consumerfacts/wireless911srcv.html)

Gath, R. & Prabhu, B.S. 2005. Radio frequency identification of Hurricane Katrina victims. Signal Processing Magazine, IEEE Volume 23, Issue 2, March 2005, 184, 182.

GPS Basics. 2005 [online]. Satellite Navigation Products Team. Federal Aviation Administration [viitattu 5.12.2005]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://gps.faa.gov/>](http://gps.faa.gov/)

GPS Information. 2003 [online]. WAAS and its Relation to Enabled Hand-Held GPS Receivers. Statement from the FAA [viitattu 7.12.2005]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://gpsinformation.net/exe/waas.html>](http://gpsinformation.net/exe/waas.html)

Gray, D. 2004 [online]. An overview of TETRA. European Telecommunications Standards Institute ETSI [viitattu 9.11.06]. Saatavilla [www- muodossa: <URL: http://portal.etsi.org/workshopps/Presentations/0103TETRA.pdf>](http://portal.etsi.org/workshopps/Presentations/0103TETRA.pdf)

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2001. Tutki ja kirjoita. 6. painos. Helsinki: Kirjayhtymä.

Jan, R-H. & Lee, Y. 2003. An indoor geolocation system for Wireless LANs. Parallel Processing Workshop. Proceeding. International Conference . 6-9 Oct. 2003, 29 – 34.

Katanosov, A. 2006. Dependability Aspects in the Development and Provision of Location-Based Services. Jyväskylä studies in computing 61. University of Jyväskylä.

Kaemarungsi, K. 2005 [online]. Design of indoor positioning systems based on location fingerprinting technique. Viitattu 22.4.2006. Saatavilla www -muodossa: <URL: <http://etd.library.pitt.edu/ETD/available/etd-02232005-235903/unrestricted/dissertation28Feb05.pdf>>

Kaemarungsi, K. 2006. Distribution of WLAN received signal strength indication for indoor location determination. Wireless Pervasive Computing, 2006 1st International Symposium. 16-18 Jan. 2006, 1 – 6.

Kalevan verkkolehti. 2006 [online]. Joka kolmas hätäpuhelupaikannus epäonnistuu. Kaleva.plus.juttusivu 11.2.2006 [Viitattu 25.3.2007]. Saatavilla www -muodossa: <URL: <http://www.kaleva.fi/plus/index.cfm?j=546783#ei>>

Koivukoski, J. 2006. Paikkatieto osa operatiivista toimintaa ja toiminnan suunnittelun perusta. Pelastusosasto. Sisäasiainministeriö.

Kolodziej, K. 2006 [online]. Local Positioning Systems (LPS). GIS Development. The Geospatial Resource Portal [viitattu 2.12.06]. Saatavilla www -muodossa: <URL: http://www.gisdevelopment.net/technology/gps/ma06_35abs.htm>

Kotanen, A., Hannikainen, M., Leppäkoski, H. & Hämäläinen, T.D. 2003. Experiment on local positioning with Bluetooth. Information Technology: Coding and Computing [Computers and Communications]. Proceedings. ITCC. International Conference on 28-30 April 2003, 297 - 303.

Ludden, B., Pickford, A., Medland, J., Johnson, H., Brandon, F., Axelsson, L.E., Viddal-Ervik, K., Dorgelo, B., Boroski, E. & Malenstein, J. 2002 [online]. Report on implementation issues related to access to location information by emergency services (E112) in the European Union. Coordination Group on Access to Location Information for Emergency Services. C.G.A.L.I.E.S. Final Report. V.1.0 [viitattu 21.5.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://ec.europa.eu/environment/civil/pdfdocs/cgaliesfinalreportv1_0.pdf>](http://ec.europa.eu/environment/civil/pdfdocs/cgaliesfinalreportv1_0.pdf)

Location Studio. 2004 [online]. MPL 3.0.0 Developers Guide. Open Wave [viitattu 9.4.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://developer.openwave.com/omtdocs/location_studio_sdk/pdf/lsg_21m_001.pdf>](http://developer.openwave.com/omtdocs/location_studio_sdk/pdf/lsg_21m_001.pdf)

Malaney, R. 2005. Securing Internal Wi-Fi networks with positioning verifications. Global Telecommunications Conference. IEEE. Volume 3, 28 Nov. -2 Dec. 2005, 1665 - 1669.

Metsämuuronen, J. 2005. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 3. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Metsämuuronen, J. 2006. Laadullisen tutkimuksen käsikirja. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Paikannussanasto. 2002. TSK 30. Helsinki: Tekniikan sanastokeskus Ry.

Parkkila, S., 2001. Cellular Location Technology. Cellular network optimisation based on mobile location. VTT.

Porcino, D. 2001. Location of third generation mobile devices: a comparison between terrestrial and satellite position systems. Vehicular Technology Conference, 2001. Volume 4, May 2001, 2970 - 2974.

Poutanen, M. 1999. GPS -paikanmääritys. Helsinki: Tähtitieteellinen yhdistys Ursa .

Rainio, A. 2000. Henkilökohtainen navigointi. Markkinat, teknologia ja sovellukset. NAVIKÄRKI-projekti. VTT Tietotekniikka.

Rainio, A. 2003. Paikannus mobiilipalveluissa ja sovelluksissa. Teknologiakatsaus 143/2003. TEKES.

Rainio, A. 2006 [online]. Hankkeet. eCall hätäviestijärjestelmän toteuttaminen Suomeen. ITS Finland [viitattu 11.11.2006]. Saatavilla [www -muodossa <URL: http://www.its-finland.fi/eCallvalmistelu.htm>](http://www.its-finland.fi/eCallvalmistelu.htm)

RFID Centre. 2005 [online]. Introduction to RFID [viitattu 3.5.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://rfidc.com/docs/introductiontorfid.htm>](http://rfidc.com/docs/introductiontorfid.htm)

Samuel, I., Arora, K. & Narasimham, B. 2003. Location-Based Performance-Measuring Techniques in UMTS. Bell Labs Technical Journal. Volume 8, Issue 2, 17 September 2003, 15-32.

Sisäasiainministeriö. 2006a [online]. Pelastus- ja poliisitoimen sekä rajavartiolaitoksen palvelutavoitteet vuodelle 2007. Sisäisen turvallisuuden

sihteeristö. Päätös 28.6.2006. SM-2005-02467/Tu-0 [viitattu 23.9.2006]. Saatavilla
 www -muodossa: <URL:
[http://www.intermin.fi/intermin/images.nsf/files/c792b3a871d3424bc22571d
 b002a8242/\\$file/palvelutavoitteet2007.pdf](http://www.intermin.fi/intermin/images.nsf/files/c792b3a871d3424bc22571db002a8242/$file/palvelutavoitteet2007.pdf)>

Sisäasianministeriö. 2006b [online]. Sädökset. Pelastustoimi.
 Sisäasianministeriön pelastusosasto [viitattu. 23.9.2006]. Saatavilla www-
 muodossa: <URL: <http://www.pelastustoimi.fi/saadokset/>>

Suomen Erillisverkot. 2006 [online]. VIRVE - Turvattu yhteys [viitattu 7.5.2006].
 Saatavilla www -muodossa: <URL: <http://www.everkot.fi/>>

Tervo-Pellikka, Raija. 2004. Paikannettujen palveluiden toimintamallit ja yleiset
 tietosuojaedellytykset. Navi -sääöspuitteet - projektin loppuraportti. Helsinki
 Institute for Information Technology (HIIT). University of Helsinki.

Thongthammachart, S. & Olesen, H. 2003. Bluetooth enables in-door mobile
 location services. Vehicular Technology Conference. VTC, The 57th IEEE
 Semiannual. Volume 3, 22 - 25 April 2003, 2003 - 2007.

Tiivis tietoturvasanasto. 2004. TSK 31. Helsinki: Tekniikan sanastokeskus Ry.

Törönen, J. 2003. Paikannustekniikat ja niiden käyttö resurssien optimoinnissa.
 Kestävää kehitystä teknologian avulla, Dipoli 14.8.2003. VTT

Vierroth, V. 2005 [online]. Galileo - The European satellite navigation system.
 Eurescom [viitattu 1.12.2005]. Saatavilla www -muodossa: <URL:
[http://www.eurescom.de/message/messageMar2005/Galileo_The_European
 _satellite_navigation_system.asp](http://www.eurescom.de/message/messageMar2005/Galileo_The_European_satellite_navigation_system.asp)>

Viestintävirasto. 2004a [online]. Tietoturva: sähköisen viestinnän tietosuoja. Paikkatietojen käsittely. Ficora [viitattu 22.5.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.ficora.fi/suomi/tietoturva/svttelepaikka.htm>](http://www.ficora.fi/suomi/tietoturva/svttelepaikka.htm)

Viestintävirasto. 2004b [online]. Tietoturva. Ficora [viitattu 22.5.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.ficora.fi/suomi/tietoturva/index.htm>](http://www.ficora.fi/suomi/tietoturva/index.htm)

Viestintävirasto. 2004c. [online]. Työryhmäraportti 2/2004. Viestintäverkkojen tekniset viranomaisvaatimukset. Häätäpuhelupaikannuksen tekninen ratkaisu Suomessa. Viestintävirasto [viitattu 12.11.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.ficora.fi/suomi/document/TRaportti022004.pdf>](http://www.ficora.fi/suomi/document/TRaportti022004.pdf)

Viestintävirasto. 2004d [online]. Työryhmäraportti 3/2004. Viestintäverkkojen tekniset viranomaisvaatimukset. Tilaa tietojen ja paikkatietojen luovuttaminen pelastus- ja esitutkintaviranomaisille. Viestintävirasto [viitattu 21.5.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.ficora.fi/suomi/document/TRaportti032004.pdf>](http://www.ficora.fi/suomi/document/TRaportti032004.pdf)

Viestintävirasto. 2005 [online]. Työryhmäraportti 2/2005. 112 - hätätekstiviestipalvelun järjestäminen Suomessa. Viestintävirasto [viitattu 11.11.2005]. Saatavilla [www -muodossa <URL: http://www.ficora.fi/attachments/suomi_R_Y/1156442801792/Files/CurrentFile/TRaportti022005.pdf>](http://www.ficora.fi/attachments/suomi_R_Y/1156442801792/Files/CurrentFile/TRaportti022005.pdf)

Viestintävirasto. 2006 [online]. Viestintäviraston lausunto komission tiedonannosta viestintädirektiivien muuttamisesta (KOM (2006) 334 Lopullinen). EU/2006/1106. Liikenne- ja viestintäministeriö. Nro 1305/04/2006, 16.10.2006 [viitattu 11.11.2006]. Saatavilla [www -muodossa: <URL: http://www.mintc.fi/oliver/upl412-Viestint%C3%A4virasto.pdf>](http://www.mintc.fi/oliver/upl412-Viestint%C3%A4virasto.pdf)

Virtanen, N. 2005 [online]. Automaattisen hätäviestijärjestelmän vaikutukset onnettomuustilanteessa. AINO -julkaisu 14/2005. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. [viitattu 11.11.2006]. Saatavilla www -muodossa: <URL: http://www.aino.info/julkaisut/4_kuljtuki/aino14_2005.pdf>

Vossiek, M., Wiebking, L., Gulden, P., Wieghardt, J., Hoffmann, C. & Heide, P. 2003. Wireless Location Positioning. Microwave Magazine, IEEE, Volume 4, Issue 4, 77- 86.

VTT. 2004. eCall-suunnitelma. Loppuraporttiluonnos 2004. eCall. VTT Technical research centre of Finland [viitattu 11.11.2006]. Saatavilla www -muodossa: <URL: http://www.aino.info/dokumentit/4_kuljtuki/eCALL_Raportti_1.01.pdf>

Wi-Fi Alliance. 2006 [online]. Get to know the alliance [viitattu 23.4.2006]. Saatavilla www -muodossassa: <URL: http://www.wi-fi.org/about_overview.php>

Wilenius, M. 2002. Ubi Es? (Missäs olet?). Navifuture. Henkilökohtaisen navigoinnin tulevaisuusraportti. Turun kauppakorkeakoulu. Helsingin toimisto. Tulevaisuuden tutkimuskeskus.

Wohlert, R. 2001 [online]. 3GPP Location Services Requirements. 3GPP SA1. Southwester Bell Communications [viitattu 20.5.2006]. Saatavilla www -muodossa: <URL: <http://www.3gpp.org/ftp/workshop/Archive/0101LCS/Docs/PDF/LCS-010012.pdf>>

Öörni, R. 2005. Kartoitus eri liikennetelematiikkasovellusten radiotaajuustarpeista ja liikennetelematiikalle varatuista radiotaajuuksista. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. VTT. AINO -julkaisuja 5/2005.

LIITE 1. EU -DIREKTIIVI HÄTÄPUHELUIJEN PAIKANTAMISEEN

'For every emergency call made to the European emergency call number 112, public telephone network operators should, initiated by the network, forward (push) to public safety answering points the best information available as to the location of the caller, to the extent technically feasible. For the intermediate period, it is acceptable that operators make available location information on request only (pull).

Fixed public telephone network operators should make available the installation address of the line from which the emergency call is made. Public telephone network operators should provide location information in a non-discriminatory way, and in particular should not discriminate between the quality of information provided concerning their own subscribers and other users.

All location information provided should be accompanied by an identification of the network on which the call originates. Public telephone network operators should keep sources of location information, including address information, accurate and up-to-date. For each emergency call for which the subscriber or user number has been identified, public telephone network operators should provide the capability to public safety answering points and emergency services of renewing the location information through a call back functionality (pulling) for the purpose of handling the emergency.'

EUn asettamat ehdot ja vaatimukset hätäpuhelujen paikannukselle (Poikselkä 2004, 1-2).

LIITE 2. HÄTÄTEKSTIViestIJÄRJESTELMÄ RAJOITTEET

112-hätätekstiviestijärjestelmän yleisiä rajoituksia ja ongelmia ovat:

- normaalin tekstiviestipalvelun mahdollinen epäluotettavuus ja hitaus
 - tekstiviestit välitetään verkossa suhteellisen luotettavasti, operaattoreiden arvioiden mukaan yli 99 % varmuudella
 - niissäkin tapauksissa, kun viesti ei mene perille, useimmiten syy löytyy päätelaitteista
 - tekstiviestien keskimääräiseksi viiveeksi operaattorit arvioivat 2 sekuntia, joten ongelmia saattaa esiintyä lähinnä joissakin erityistilanteissa, esim. massäänestysten yhteydessä
- 112-hätätekstiviesti estyy seuraavissa tapauksissa:
 - estoluokka BAOC (Barring of All Outgoing Calls) estää puheluiden lisäksi myös tekstiviestiliikenteen. Tilaaja voi itse asettaa tämän eston puhelimestaan.
 - estoluokka BAIC (Barring of All Incoming Calls) estää puheluiden lisäksi myös tekstiviestiliikenteen (estää hätätekstiviestin kuittaussanomien vastaanoton). Tilaaja voi itse asettaa tämän eston puhelimestaan.
 - operaattorin asettama esto OBO (Operator Determined Barring of Outgoing Calls) estää myös tekstiviestit. Palveluoperaattori voi asettaa tämän eston esimerkiksi saldorajan täytyessä.

Huom. Viestintäviraston määräyksessä 35 Teleliikenteen estoluokista on teksti:

"Liikennettä yleiseen hätänumeroon 112, poliisin hätänumeroon 10022 ja liittymän toimittaneen teleyrityksen omaan vikailmoitusten vastaanotonumeroon ei saa estää millään estoluokalla."

Määräyksen käsittelyn yhteydessä ei erikseen selvitetty 112-

tekstiviestien toimintaa. Tästä syystä määräyksen kyseisen kohdan sisältöä tarkastellaan uudestaan määräyksen uusimisen yhteydessä.

- prepaid-tilin maksujen yläraja on saavutettu (huom. osa operaattoreista tukee maksuttomia SMS-palveluita, jolloin myös 112-tekstiviestiliikenne voidaan toteuttaa maksuttomaksi ja palvelua on mahdollista käyttää, vaikka PrePaid-tilillä ei ole saldoa)
- SIM-kortti puuttuu
- ollaan oman operaattorin verkon katvealueella
- massatapahtuman yhteydessä, jos kaikki radiokanavat ovat varattuja
- palvelu ei ole käytettävissä ulkomaisten roaming-tilaajien tapauksessa, koska tekstiviestit ohjautuvat näiden omien kotiverkkojen tekstiviestikeskuksiin.
- Häirintäviestit
 - häirintäviestien selvittämistä helpottavat lähettävän matkaviestimen numeron näkyminen hätäkeskuksessa sekä hädässä olevan matkaviestimen paikantamismahdollisuus
 - 12-hätätekstiviestin yhteydessä ongelmia ei kuitenkaan aiheudu internetin kautta ilmaiseksi ja nimettömänä tai väärällä A-numerolla lähetetyistä viesteistä.

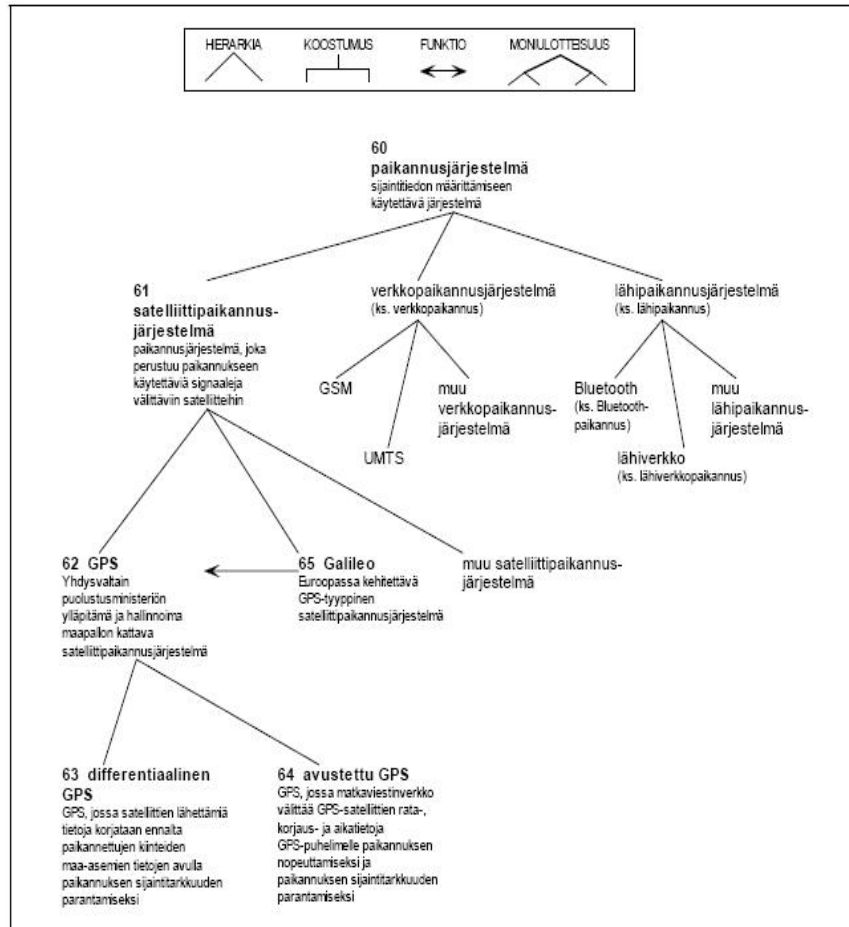
Hätätekstiviestijärjestelmän rajoitteita (Viestintäviraston 2005, 11-12).

LIITE 3. VIRANOMAISVERKON KÄYTTÄJÄT

Tasavallan presidentti	Eduskunta	Valtioneuvoston kanslia, oikeuskanslerinvirasto ja ministeriöt
Tasavallan presidentin kanslia Kanslian johtavat virkamiehet Turvallisuushenkilöstö	Puhemiesneuvoston jäsenet Johtavat virkamiehet Turvallisuushenkilöstö	Ministerit Ylin virkamiesjohto Valmius- ja turvallisuushenkilöstö
Ulkoasiainministeriön hallinnonala	Oikeusministeriön hallinnonala	Sisäasiainministeriön hallinnonala
Johtavat virkamiehet Turvallisuushenkilöstö	Ylin johto Turvallisuushenkilöstö Onnettomuustutkintakeskus Vankeinhoitolaitos	Poliisitoimi Pelastustoimi Rajavartiolaitos Hätäkeskuslaitos Väestönsuojelu Väestörekisterikeskus
Puolustusministeriön hallinnonala	Valtiovarainministeriön hallinnonala	Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonala
Rauhanajan toiminnan turvallisuustehtäviä Viranomaistenvälinen yhteistyö	Tullilaitos Suomen Pankki	Kansallispuistojen valvojat
Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala	Kauppa- ja teollisuusministeriön hallinnonala	Sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonala
Valmiusyksikkö Viestintävirasto Liikennelaitokset Yleisradio ja muu viestinnän turvallisuus	Huoltovarmuuskeskus Elintarvikevirasto Turvateknikkakeskus	Sosiaali- ja terveystoimi Säteilyturvakeskus
Työministeriön hallinnonala	Ympäristöministeriön hallinnonala	Ahvenanmaan maakunta
Työvoimahallinto Pakolaistoimi	Suomen ympäristökeskus (SYKE) Öljyntorjunta-alueet	Maakuntahallitus Pelastus- ja poliisitoimi Sosiaali- ja terveystoimi
Muut viranomaiset	Muita käyttäjäryhmiä	
TE-keskukset Lääninhallitukset	Energia- ja vesihuolto Tehdaspalokunnat Turvallisuusvalvonta Valtion teknillinen tutkimuskeskus Kuljetusalan turvallisuus Meripelastusseurat Suomen Punainen Risti Vapaaehtoisjärjestöt	

VIRVE -verkon käyttöön oikeutetut tahot (Suomen Erillisverkot 2006).

LIITE 4. PAIKANNUSJÄRJESTELMIEN HIERARKIA



Paikannusjärjestelmien suhteellinen hierarkia (Paikannussanasto 2002, 28).

LIITE 5. HAASTATTELUKYSYMYKSET

1. Mikä on hätäpaikannuksen nykytila?
2. Mitkä ovat toimintaympäristöt ja tilanteet, joissa hätäpaikannusjärjestelmiä hyödynnetään?
3. Minkälaisia hätäpaikannusjärjestelmiä viranomaisilla on käytössä?
4. Mitkä ovat hätäpaikannusjärjestelmien tärkeimmät toiminnalliset vaatimukset?
5. Minkälaisia haasteita liittyy nykyisten käytössä olevien hätäpaikannusjärjestelmien käyttöön?
6. Millaisia hyötyjä sisätilapaikannuksen koetaan tuovan hätäpaikannukseen?
7. Minkälaisissa tehtävissä sisätilapaikannuksen merkitys erityisesti korostuu?
8. Mitä ominaisuuksia sisätilapaikannukseen soveltuvalta menetelmältä vaaditaan, jotta tätä voidaan hyödyntää hätäpaikannuksessa?
9. Onko suunnitteilla kehityshankkeita hätäpaikannusjärjestelmien kehittämiseksi?