

Paavo Laitinen

**TIETOJÄRJESTELMÄT OSANA PELASTUSTOIMINNAN
TURVALLISUUTTA**

Tietojärjestelmätieteen kandidaatintutkielma

23.3.2009

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS

TIIVISTELMÄ

Laitinen, Paavo Arvo Akseli

Tietojärjestelmätieteen kandidaatintutkielma/ Paavo Laitinen

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2009, 29 s.

Kandidaatintutkielma

Nyky-yhteiskuntamme hyvinvointia varmistetaan useilla erilaisilla pelastusalan toiminnoille. Näistä varmasti näkyvin, ja usein hyvin vaarallinen osa-alue on pelastustoiminta. Tässä kirjallisuuskatsaukseen perustuvassa kandidaatin tutkielmassa tarkastellaan tietojärjestelmien merkitystä pelastustoiminnan turvallisuuden kannalta. Tutkielmassa keskitytään pelastustoiminnan alueista varsinkin erilaisiin etsintä- ja pelastustehtäviin, ja niiden vaatimiin turvallisuutta tukeviin järjestelmiin. Lisäksi tarkastellaan hieman minkälainen toimintaympäristö pelastustoiminnalla on Suomessa, sekä tutustutaan yleisesti pelastustoiminnan tietojärjestelmissä hyödynnettäviin teknologioihin.

Tutkielmasta käy ilmi, että pelastustoiminnan pohjalla vaikuttaa useita erilaisia tietojärjestelmiä, jotka vaikuttavat toimintaan turvallisuutta tukien. Myös muuttuvan toimintaympäristön tuomat haasteet ovat vaikuttaneet suuresti uusien mallien ja teknologioiden kehittämiseen. Lisäksi viranomaisten siirtyminen yhä enemmän kohti tietojohdoista mallia on luonut vankan pohjan tietojärjestelmien hyödyntämiselle myös pelastustoiminnan kenttäolosuhteissa.

AVAINSANAT: tietojärjestelmä, pelastustoiminta, turvallisuus

Ohjaaja: Petri Maaranen

Tietojenkäsittelytieteiden laitos

Jyväskylän Yliopisto

Tarkastaja: Petri Maaranen

Tietojenkäsittelytieteiden laitos

Jyväskylän Yliopisto

SISÄLLYSLUETTELO

<u>1 JOHDANTO.....</u>	<u>4</u>
<u>2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....</u>	<u>6</u>
<u>2.1 Pelastustoiminta.....</u>	<u>6</u>
<u>2.2 Merkittäviä teknologioita.....</u>	<u>8</u>
<u>2.2.1 Mobiilit tietoverkot.....</u>	<u>9</u>
<u>2.2.2 Paikantaminen.....</u>	<u>11</u>
<u>3 SEURANTA- JA KOMMUNIKAATIOJÄRJESTELMÄT.....</u>	<u>13</u>
<u>3.1 CART.....</u>	<u>15</u>
<u>3.2 Siren.....</u>	<u>17</u>
<u>4 ROBOTITEKNOLOGIA TULEVAISUUDEN TURVAAJANA.....</u>	<u>20</u>
<u>4.1 Teoreettinen näkökulma robotteihin.....</u>	<u>20</u>
<u>4.2 Robotit käytännössä.....</u>	<u>22</u>
<u>5 YHTEENVETO / POHDINTA.....</u>	<u>25</u>
<u>6 LÄHTEET.....</u>	<u>27</u>

1 JOHDANTO

Pelastustoiminta on erittäin vaarallinen ala. Alan ammattilaiset pyrkivät turvaamaan ihmisiä ja ympäristöä hyvin vaikeasti toimittavissa olosuhteissa. Toiminnan vaarallisuutta todistavat muun muassa synkät tilastot: pelkästään Yhdysvalloissa vuonna 2007 menehtyi 118 pelastuslaitoksen työntekijää pelastustehtävissä (US Fire Administration, 2008, s. 5). Kuitenkin pelastustoiminta on nyky-yhteiskunnan kannalta korvaamaton osa-alue.

Vaarallista toimintaympäristöä pyritään usein helpottamaan keinolla millä hyvänsä. Teknologian kehittyessä, myös tietojärjestelmät ovat tulleet osaksi turvallisempaa pelastustoimintaa. Uusimmat tietojärjestelmät turvaavat pelastustoimintaa esimerkiksi yleistä tilannekuvaa parantaen erilaisten kommunikaatio- ja seurantajärjestelmien avulla (Lau, R. ym. 2006). Lisäksi uusimmat saavutukset robottiteknologian alalla ovat mahdollistamassa pelastustoiminnan suorittamista yhä enemmän turvallisesti etäkohteista (Kadous, M. Ym, 2006).

Luvuissa on pyritty tuomaan esiin mahdollisimman merkittäviä järjestelmiä pelastustoiminnan turvallisuuden kannalta. Myös tutkimusongelmaan ”millaiset seuranta- ja kommunikaatiojärjestelmät mahdollistavat turvallisen pelastustoiminnan toteuttamisen alati muuttuvassa toimintaympäristössä? Ja kuinka robottiteknologian avulla voidaan pelastustoiminta mahdollistaa myös ihmiselle toimintakelvottomissa olosuhteissa?” on pyritty saamaan vastaus. Lisäksi tutkielmassa selvitetään minkälaisia mahdollisuuksia tulevat teknologiauudistukset tuovat mukanaan turvallisempaan pelastustoimintaan. Lopuksi tutkielmassa tehdään yhteenveto, jossa myös esitellään johtopäätöksiä tutkimusongelmaan liittyen sekä mahdollisia jatkotutkimuskohteita aiheeseesta.

Tutkimusten perusteella on saatu selville paljon erilaisia keinoja välttää nykypäivän pelastustoiminnan turvallisuutta heikentäviä tekijöitä. Erilaiset paikantamisen ongelmat sisätiloissa, kommunikaatiojärjestelmien katvealueet tietoliikenneinfrastruktuurin tuhoutumisen johdosta, sekä erilaisissa hengenvaarallisissa olosuhteissa toimiminen robottien avulla ovat olleet paljon esillä viimeaikojen tutkimuksissa.

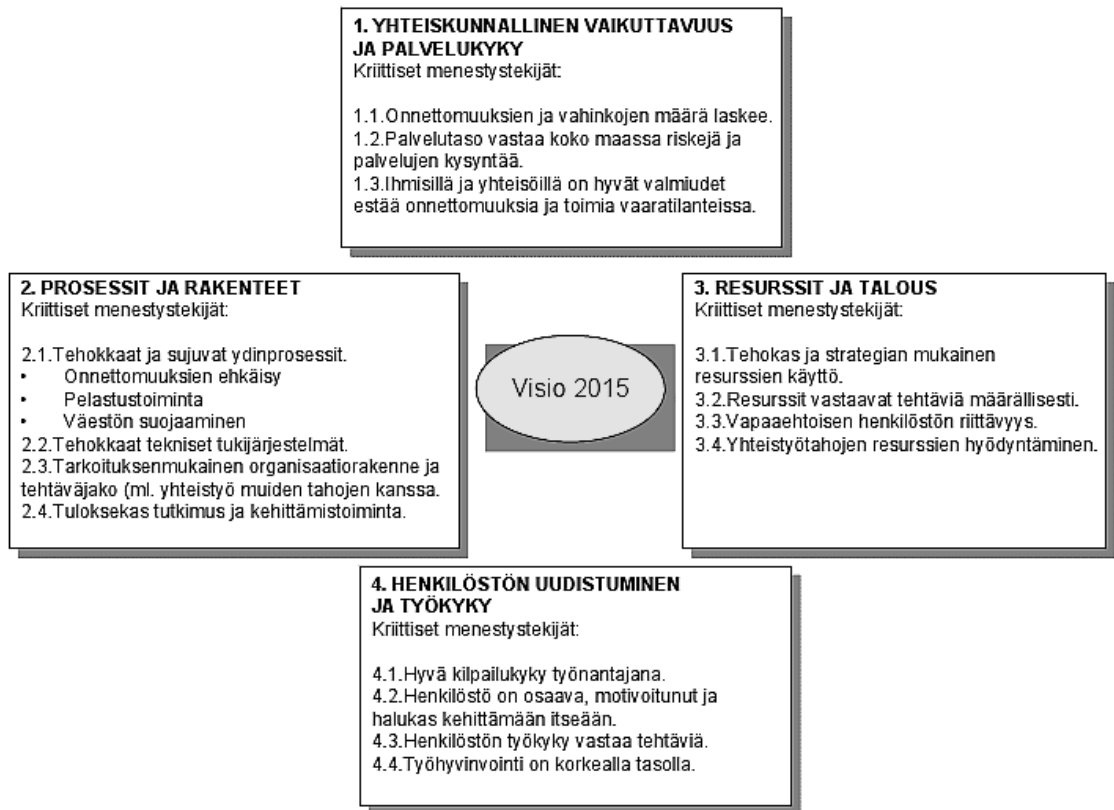
Tämän tutkielman ensimmäisessä varsinaisessa luvussa tarkastellaan pelastustoimintaa osana suomalaista yhteiskuntaa. Lisäksi tutustutaan tutkielman kannalta merkittävään pelastustoiminnan osa-alueeseen, urbaaneissa olosuhteissa tapahtuviin etsintä- ja pelastustehtäviin (Schlenoff ym. 2005). Luvussa käydään läpi myös pelastustoiminnan turvallisuutta tukevien järjestelmien taustalla vaikuttavia teknologioita. Kolmas luku tarkastelee kahta erilaista seuranta- ja kommunikaatiojärjestelmämallia, jotka tarjoavat omat ratkaisunsa nykyajan järjestelmien ongelmiin. Neljännessä luvussa tarkastellaan tulevaisuudessa hyvin merkittävää osaa pelastustoiminnan turvallisuutta, joka mahdollistaa toimimisen myös ihmiselle toimintakelvottomissa tilanteissa, robottipohjaisia tietojärjestelmiä. Robotteihin tutustutaan sekä teoreettisesta että käytännönläheisestä näkökulmasta. Tutkielma päättyy yhteenvetoon, jossa esitellään tutkimustuloksia, sekä tarkastellaan mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Tässä luvussa esitellään tutkielman aiheen toimintaympäristöä suomalaisen pelastustoimen näkökulmasta. Luvussa 2.1 tarkastellaan *pelastustoimintaa* yhtenä pelastustoimen tärkeänä ydinprosessina. Lisäksi luvussa syvennyttään nykytutkimusten kannalta ja kansainvälisesti merkittävään pelastustoiminnan osa-alueeseen, *Urban search & rescue (US&R)*, joka käsittää urbaaneissa ympäristöissä tapahtuvia etsintä- ja pelastustehtäviä. Luku 2.2 esittelee olemassa olevia teknologioita, jotka sekä mahdollistavat että rajoittavat tietojärjestelmien käyttöä osana pelastustoiminnan turvallisuutta. Erilaisten mobiilien tietoliikenneyhteysmuotojen ja paikannusmenetelmien ominaisuuksien tarkastelun avulla saadaan selville mahdollisia heikkouksia, joihin teknologiset uudistukset tarjoavat ratkaisuja.

2.1 Pelastustoiminta

Suomen Pelastuslaki määrittelee pelastustoiminnaksi toiminnan, "...jolla tarkoitetaan ihmisten, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseksi ja pelastamiseksi, vahinkojen rajoittamiseksi ja seurausten lieventämiseksi onnettomuuksien sattuessa tai uhatessa kiireellisesti suoritettavia toimenpiteitä" (Pelastuslaki 1 § 2). Pelastustoiminnan keskeisestä roolista huolimatta, sisältyy pelastusviranomaisten toimintaan useita muita tehtäviä. Kuvassa 1 näkyvä kaavio kuvaa pelastustoimen strategian kriittisiä menestystekijöitä yhteiskunnalliselta, taloudelliselta, henkilöstön ja rakenteelliselta kannalta. Pelastustoiminta Suomessa nähdään yhtenä pelastustoimen tärkeänä ydinprosessina onnettomuuksien ehkäisyn ja väestön suojaamisen ohella.



kuva 1: Toiminnan painopisteet ja strategiset päämäärät 2015
(Sisäasiainministeriö 2007, s.10)

Tutkielman aihepiirin kannalta merkittäväksi osaksi pelastustoimintaa on noussut urbaaneissa ympäristöissä tapahtuvat etsintä- ja pelastustehtävät (*Urban Search & Rescue, US&R*). Ilmastonmuutoksen tuomat äärimmäiset sääilmiöt ja niistä johtuvat luonnononnettomuudet aiheuttavat nykypäivänä suurta tuhoa (Sisäasiainministeriö 2007, s. 5), jonka seuraukset näkyvät laajalti myös tiheästi asutetuilla alueilla.

US&R -tehtävät koostuvat useista eri osista ja vaiheista. Esimerkiksi luonnonkatastrofin, kuten maanjäristyksen sattuessa kaupunkialueelle vaikuttaen, kuuluu pelastustoiminnan tehtäviin lukuisia toimintoja. Näihin toimintoihin kuuluu muun muassa tiedustelupartiointi, varsinainen ihmisten etsintä, rakenteellisten tuhojen arviointi, rakennusten vakauttaminen, lääkinnällinen avustaminen, sekä valvontatehtävät (Schlenoff ym. 2005, s. 28).

2.2 Merkittäviä teknologioita

Teknologian käyttö pelastustoiminnassa on lisääntynyt viimeaikoina huomattavasti. Tehokas teknologian hyödyntäminen auttaa sekä onnettomuuksien ehkäisyssä että niistä johtuvien ongelmien rajoittamisessa. Lisäksi viranomaisten käyttämä tietojohdoinen ohjausmalli mahdollistaa yhä tehokkaamman resurssien kohdentamisen. (Sisäasiainministeriö 2007, s. 6.)

Suomalainen esimerkki keskitetystä ja toimivasta viranomaisten yhteisestä teknologiapohjasta on *viranomaisradioverkko* (VIRVE). VIRVE-järjestelmän taajuusalue noudattaa Euroopan laajuista TETRA-standardia (Terrestrial Trunked Radio). Standardi on avoin ja viranomaisten käyttöön suunniteltu digitaalinen radiopuhelinverkkostandardi. Lisäksi järjestelmä käyttää apunaan *trunking*-tekniikkaa, joka varaa automaattisesti tarpeen mukaan liikennekanavia. Trunking-tekniikan ansiosta eri viranomaiset voivat toimia itsenäisesti ilman häiriöitä samassa verkossa. (Hyötälä, I. 2003, s. 14.)

VIRVE-järjestelmän toimintaan liittyy lukuisia muitakin sidosryhmiä kuin eri tahojen käyttäjäryhmät. Erilaiset yrityksille, kuten Nokialle ja Suomen erillisverkoille ulkoistetut palvelut tuovat kilpailutuksen edut, mutta samalla lisäävät järjestelmässä toiminnassa olevien tahojen määrää. Lisäksi VIRVE:n toimintaan vaikuttaa Liikenne- ja viestintäministeriö televerkkojen toimintaa valvovana tahona. (Hyötälä I. 2003, s. 17.)

VIRVE-järjestelmällä on useita käyttäjäorganisaatioita. Sisäasiainministeriön alaisuudessa toimivan pelastustoimen lisäksi järjestelmää käyttävät muun muassa puolustusvoimat, poliisi ja rajavartiolaitos. Lisäksi jokaiselle käyttäjäorganisaatiolle on määritelty omat käyttäjäryhmänsä ja järjestelmän käyttötarkoitukset. Pelastustoimen tapauksessa käyttäjinä toimivat lääninhallitusten pelastusosastojen henkilöstö, sekä alueellisten pelastusorganisaatioiden henkilöstö. VIRVE-järjestelmän käyttötarkoitus

pelastustoimelle liittyy lähinnä pelastustoiminnan johtamiseen, valvontaan, varautumiseen sekä koulutukseen. (Suomen Erillisverkot Oy, 2004, s. 3.)

VIRVE on toki turvallinen ja yhtenäinen viestintäalusta, mutta VIRVE:n kaltaisten, perinteistä radioliikennettä vastaavien teknologisten ratkaisujen kapasiteetti ja kuuluvuus eivät välttämättä vastaa tulevaisuuden tarpeita. Erillisiin tukiasemiin perustuvat kommunikaatiojärjestelmät käyvät nopeasti toimintakelvottomiksi suurissa onnettomuustilanteissa, sekä paljon rakennusmateriaalia sisältävät rakennukset voivat estää signaalin kulun hyvinkin kriittisessä vaiheessa pelastustoimintaa. (Jiang, X. ym. 2004 s. 92.)

2.2.1 Mobiilit tietoverkot

Eräs hyvin tarpeellinen tietojärjestelmien käyttöä tukeva toiminnallisuus on mobiilitietoliikenneyhteys, jonka mahdollistamiseen on tarjolla lukuisia eri teknologioita. Siviilitoimintaa verrattuna liittyy pelastustoiminnan mobiileihin tietoliikennetarkaisuihin useita huomioon otettavia ominaisuuksia. Löffler ym. (2006 s.4-5.) ovat pohtineet tutkimuksessaan erilaisten mobiiliverkkoteknologioiden ominaisuuksia. Seuraavaksi tarkastellaan kyseisen tutkimuksen pohjalta kolmen erilaisen mobiilin ratkaisun soveltuvuutta pelastustoiminnan tarpeisiin.

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) teknologia on suunniteltu tarjoamaan nopeaa tietoliikenneyhteyttä, joka soveltuu jopa videon avulla viestintään. Teknologia tarjoaa pelastustoiminnan tarpeisiin riittävästi kaistaa ja verkon kantavuus soveltuu toimintaan, jonka etäisyys pysyy joissakin kilometreissä. Kuitenkin verkon virhetilanteet voivat aiheuttaa suuriakin järjestelmän romahduksia.

WLAN (*Wireless Local Area Network*) on hyvin yleinen ja edullinen mobiiliverkkoteknologia. Sen avulla voidaan toistensa läheisyydessä olevat

yksiköt saada nopeasti kommunikointivalmiuteen. Kuitenkaan kyseessä ei ole täysin varmatoiminen teknologia. WLAN teknologian tehokas ja varma käyttö voi vaatia paljon resursseja muun muassa tarvittavien tukiasemien pystyttämiseen.

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) on yleistynyt varsinkin Saksassa paljon viimevuosina ja sen tarvitsemaa laitteistoa on jo hyvin saatavilla. Verkon käyttöönotto hälytystilanteissa on hyvin nopeaa, jos alueella on saatavilla UMTS yhteys. Lisäksi järjestelmät toimivat teknologian avulla vakaasti. Kuitenkin verkon ruuhkautuminen suuronnettomuuksissa, joka johtaa vakavin ongelmiin, on hyvin todennäköistä.

“Urban Search & Rescue” -tehtävissä ongelmaksi osoittautuu usein tietoliikenneinfrastruktuurin tuhoutuminen. Radiomastojen, WLAN ja UMTS tukiasemien puuttuminen karsii käytöstä lukuisia eri viestintäkeinoja. 9/11 terrori-iskuihin ja hurrikaani Katrinaan liittyvät US&R -tehtävät osoittivat, ettei pelastushenkilöstö voi todellakaan luottaa tietoliikenneyhteyksiin, tai edes perinteisiin matkapuhelinverkkoihin ääriolosuhteissa (Lau, R. ym. 2006, s. 842).

Mobiilin ad-hoc -tietoverkon (*Mobile Ad-hoc Network*, MANET) käyttäminen on eräs mahdollinen ratkaisu tuhoutuneen tietoliikenneinfrastruktuurin ongelmassa. Kyseisen teknologian avulla voidaan tarjota tietoliikenneyhteys hyvinkin muuttuvassa ympäristössä useiden päätelaitteiden välillä. Perinteisestä langattomasta lähiverkosta poiketen, MANET ei pohjaudu kiinteään tukiasemaan, joka voi tarjota vain hyvin rajatun käyttöalueen. Siinä itse päätelaitteiden avulla muodostetaan verkon solmukohdat, jotka mahdollistavat käyttäjien kommunikoinnin verkon sisällä. (Löffler ym. 2006 s. 4.)

MANET tarjoaa hyötynsä lisäksi myös paljon haasteita pelastustoiminnan viestintäratkaisuihin. Dynaaminen tietoliikennenympäristö tuo mukanaan paljon

monimutkaisuutta ja epävarmuutta verkon toimintaan. Epävarmuutta lisää verkon kaistan kapasiteettiin ja riittävään solmujen määrään liittyvät ongelmat. Lisäksi mahdolliset tietoturvaseikat voivat aiheuttaa järjestelmään toimimattomuutta. Mahdolliset verkkoon tunkeutujat voivat helposti rikkoa verkon yhtenäisyyden ja täten vaarantaa koko toiminnan turvallisuuden. (Cicirello, V. ym. 2004, s. 39-40.)

2.2.2 Paikantaminen

Satelliittiperustaista paikannusta käyttävät laitteistot ovat viimeaikoina saaneet suurta suosiota myös siviilikäytössä. Autonavigaattorit ja matkapuhelinten paikannusjärjestelmät ovat menestyksekkäästi nousseet maailman markkinoille osoituksena paikannusteknologioiden onnistumisesta.

GPS (*Global Positioning System*) on satelliittipaikannusjärjestelmä, jonka toiminnasta vastaa Yhdysvaltojen ilmavoimat. Alunperin järjestelmä kehitettiin parantamaan Yhdysvaltojen ilmavoimien toimintaa, jossa GPS-järjestelmän rooli on edelleenkin hyvin merkittävä. Kuitenkin GPS on muodostunut tärkeäksi teknologiaksi myös useissa muissa toiminnoissa ja sitä käyttävien sovellusten määrä on kasvanut suuresti myös siviilialoilla. (US Department of Defence ym. 1997, s. A-5.)

Itse järjestelmä koostuu kahdesta erillisestä osasta, PPS (*Precise Positioning Service*) ja SPS (*Standard Positioning Service*). Tarve erillisiin järjestelmiin syntyy taustalla vaikuttavan Yhdysvaltojen sotilaskäytön merkityksestä. SPS tarjoaa paikannuspalveluita ympäri maailmaa suurelle yleisölle, kun taas PPS:n avulla voidaan taata Yhdysvaltojen viranomaisille turvallinen paikannusjärjestelmä. (US Department of Defence ym. 1997, s. A-5.)

GPS-järjestelmän tärkeimpiä ominaisuuksia pelastustoiminnan kannalta on sen tarkkuus. Esimerkiksi meripelastustehtävissä, joissa merihätään joutuneet eivät

välttämättä osaa kuvailla sijaintiaan tarkasti, on alle 100 metrin tarkkuudella paikantaminen hyvin arvokasta (US Department of Defence ym. 1997, s. 2-18). Juurikin kaikenlaisissa etsintä- ja pelastustehtävissä voidaan GPS-järjestelmän avulla olla tietoisia sekä pelastajien että jossain tapauksissa jopa pelastettavien sijainnista.

GPS-järjestelmät eivät kuitenkaan sovellu kaikkiin ympäristöihin. Sisätiloissa toimittaessa rakennusten seinät ja muut esteet estävät GPS-järjestelmien toimivan käytön. Tämän ongelman ratkaisemiseksi on kehitetty *Ultra wideband*-teknologia (UWB). Sen käyttö perustuu lyhyiden radioaaltopulssien lähettämiseen. Kuten GPS-järjestelmien, myös UWB-pohjaisten järjestelmien käyttö on kohdistettu hyvin useille käyttäjäryhmille. Pelastustoiminnan lisäksi UWB-pohjaisia järjestelmiä kehitetään myös esimerkiksi sotilaskäyttöön. (Fontana R. J. ym. 2003, s. 369.)

Tässä luvussa käsitelty toimintaympäristö ja merkittävät teknologiset ratkaisut rakentavat sen pohjan, jolle pelastustoiminnan turvallisuutta tukevat järjestelmät sijoittuvat. Muuttuva toimintaympäristö sekä eri teknologiaratkaisujen mahdollisuudet asettavat omat rajansa pelastustoiminnan käyttämille tietojärjestelmille. Lisäksi teknologiat voivat vanheta nykypäivänä yllättävänkin nopeasti, joten järjestelmien kehittäjien on otettava teknologian valinnassa huomioon myös sen käyttöikä.

3 SEURANTA- JA KOMMUNIKAATIOJÄRJESTELMÄT

Pelastustoiminnan turvallisuutta tuetaan useilla erilaisilla järjestelmillä ja keinoilla. Turvallisuuden kannalta merkittäviä ominaisuuksia ovat varsinkin erilaiset viestintään ja seurantaan liittyvät ominaisuudet: mitä nopeammin saadaan tieto muuttuvan ympäristön mahdollisista turvallisuusriskeistä, sitä nopeammin voidaan myös tehdä pelastajien kannalta tarpeelliset ratkaisut esimerkiksi alueelta poistumista koskien. Koska pelastustoiminnassa suuretkin ratkaisut pohjautuvat usein pieneen tietomäärään, toimintaympäristöstä informaation kerääminen ja sen prosessointi auttaa pelastajia toimimaan tehokkaammin, ja ennen kaikkea turvallisemmin (Jiang, X.y.m. 2004, s. 87).

Pelastustoiminnan käyttämät tietojärjestelmät koostuvat usein monista osajärjestelmistä. Nykypäivän tietojärjestelmät ovat enemmänkin räätälöityjä järjestelmäkokonaisuuksia, jotka vastaavat toimintaympäristön tarpeita. Eräs esimerkki suuremmasta kokonaisuudesta on pelastustoimintaa varten kehitetty johdon päätöksenteon tukijärjestelmä (*Decision Support System, DSS*). Kyseinen malli koostuu kolmesta eri tasosta: fyysisestä kommunikaatiotasosta, tiedon keräys- ja käsittelytasosta, sekä päätöksenteon tukisovellustasosta (Yanwei C. ym. 2008, s. 476).

Tässä tutkielmassa on otettu tarkempaan tarkasteluun seuranta- ja kommunikaatiojärjestelmiä, koska niiden merkitys turvallisuutta edistävän tilannekuvan saavuttamisessa on hyvin merkittävä. Jo pelkästään tieto pelastusyksiköiden sijainnista voi auttaa turvallisemman toiminnan takaamisessa. Tilanteissa, joissa pelastajat tarvitsevat nopeasti apua, voidaan erilaisten seurantajärjestelmien avulla saadaan nopeasti selville missä apua kaivataan ja kuka on lähimpänä auttamassa.

Paikantamisen ohella pelastajilta voidaan kerätä lukuisia muitakin turvallisuuden kannalta merkittäviä tietoja. NykYTEKNOLOGIAN avulla voidaan

pelastustoimintaan osallistujille antaa tehtävään mukaan erilaisia mobiililaitteita, jotka mahdollistavat paikantamisen lisäksi myös esimerkiksi lämpötila- ja savutunnistimien käytön, sekä mahdollisesten paineilmalaitteiden ilmanpaineen seurannan (Jiang, X. ym. 2004 s. 96). Kyseiset ominaisuudet omaava tietojärjestelmä antaa tehtävää organisoivalle taholle mahdollisuuden tarkastella tilannetta reaaliaikaisesti jokaisen pelastajan olosuhteet huomioon ottaen ja täten tehdä pelastajien turvallisuuden kannalta oikeat ratkaisut.

Pelastustoiminnan toimintaympäristön muuttuva luonne vaatii myös jatkuvaa yhteydenpitoa pelastajien välillä. Kaikki muutokset eivät välttämättä välity erilaisten seurantalaitteiden avulla, jolloin toimiva viestintäyhteys on ainoa ratkaisu. Maailmanlaajuisestikin tunnettu esimerkki kommunikaatioyhteyksien tärkeydestä tulee Yhdysvalloista. 9.11.2001 tapahtuneet terrori-iskut World Trade Centerin pilvenpiirtäjiin osoittivat viestinnän puutteen karun merkityksen. Tärkeä viesti koskien rakennuksesta poistumista ei koskaan saavuttanut pelastajia. Ongelmaksi osoittautui New Yorkin pelastuslaitoksen käyttämän radioverkon kantavuus yli 50:n kerroksen korkeuteen. (Goldstein, H. 2002, s. 24.)

Tässä luvussa esitellään erilaisissa pelastustoiminnan tilanteissa käytettäviä järjestelmiä, jotka mahdollistavat turvallisen ja tehokkaan pelastajien välisen seurannan ja kommunikaation. Luvussa 3.1 tarkastellaan CART-alustaa (*Cognitive Adaptive Radio Teams*), jonka pääpaino keskittyy pelastustoiminnan toimivaan viestintään, seurantaan ja organisointiin ympäristöissä, joissa tietoliikenneinfrastruktuuri on tuhoutunut (Lau, R. ym. 2006, s. 842). Luvussa 3.2 tutustutaan *Siren*-järjestelmään, jonka toiminta pohjautuu erilaisten seurantalaitteistojen ja viestinnän varaan, joiden avulla voidaan automatisoidusti olla tietoisia toimintaympäristön muutoksista (Jiang, X.ym. 2004, s. 87).

3.1 CART

CART -alusta on kehitetty vaativia etsintä -ja pelustustehtäviä varten. Sen suunnittelussa on otettu huomioon viestännän tärkeys myös toimittaessa ympäristössä, jossa tietoliikenneinfrastruktuuri on tuhoutunut. Kehityksen tavoitteena on ollut saada aikaan kommunikaatiojärjestelmä joka mahdollistaa tehokkaan ja turvallisen radioliikenteen ja toiminnan seurannan muuttuvassa ympäristössä. (Lau, R. ym. 2006, s. 842.)

Kuva 2 esittää CART -alustan esimerkkisovellusta, jossa etsintäalueena on hehtaarin kokoinen alue. Jokainen etsintään osallistuva henkilö kulkee ennalta määrättyä reittiä, jonka varrelta mobiilin Ad-hoc -verkon välityksellä voidaan lähettää tarpeellisia tietoja etänä toimivaan tietojen keräyskohteeseen. Tehtävän aikana pelastajien laitteiston avulla voidaan kerätä tietoa muun muassa signaalin voimakkuudesta ja pelastajan tarkasta sijainnista. (Lau, R. 2006, s. 842.)



Kuva 2: CART -Ympäristö (Lau, R. ym. 2006, s. 843).

CART-alustan yksittäisen solmun laitteisto tarjoaa runsaasti informaatiota etätoimipaikkaan. Esimerkiksi paikannus hoidetaan yhdistelemällä tarpeen vaatiessa GPS-paikannusta, erilaisten tunnistimien tarjoamaa tietoa, sekä

esteellisissä olosuhteissa UWB-tekniikan avulla saavutettavaa informaatiota. Tämän laitteistokerroksen tietoa käsittelee erillinen "laiteajuri"-kerros, joka mahdollistaa informaation siirtymisen oikeassa muodossa sitä käsitteleville kerroksille. Lopuksi solmusta saatu tieto prosessoidaan omassa kerroksessaan, joka tarjoaa tarkan informaation solmun tapahtumista ja mahdolliset ehdotukset tulevien toimenpiteiden suhteen. (Lau, R. 2006, s. 842.)

Eräs CART-alustan merkittävimmistä ominaisuuksista on *Kognitiivinen ohjain* (Cognitive Controller). Koska muuttuva toimintaympäristö tuo mukanaan paljon informaatiota jokaisesta CART-alustaa käyttävästä solmusta, on tämän informaation käsitteleminen hyvin työlästä. Tätä tehtävää varten kehitetty "kognitiivinen ohjain"-ohjelmistomoduuli kykenee käsittelemään suurta määrää solmuista saatua tietoa. Sen avulla voidaan muun muassa automatisoida päätökset siitä, mitä informaatiota lähetetään ja mihin solmuun, sekä millaisella viestintäprotokollalla. (Lau, R. 2006, s. 844.)

Nykyisin tietoturvan huomioiminen on noussut hyvin tärkeäksi kehityskohteeksi. Turvallinen tietojärjestelmien käyttö toimii edellytyksenä tehokkaalle ja varmalla tietojenkäsittelylle. Myös CART-alustan kehittäjät ovat panostaneet tietojärjestelmän turvallisuuteen. Järjestelmä käyttäjät ovat jaettu ryhmiin ja jokaiselle ryhmälle on annettu tietyt oikeudet järjestelmän käytön suhteen. Järjestelmän käytön oikeuttaminen tapahtuu perinteisten autentikointimenetelmien perusteella, tässä tapauksessa "tunnus-avain"-yhdistelmällä. (Lau, R. 2006, s. 845-846.)

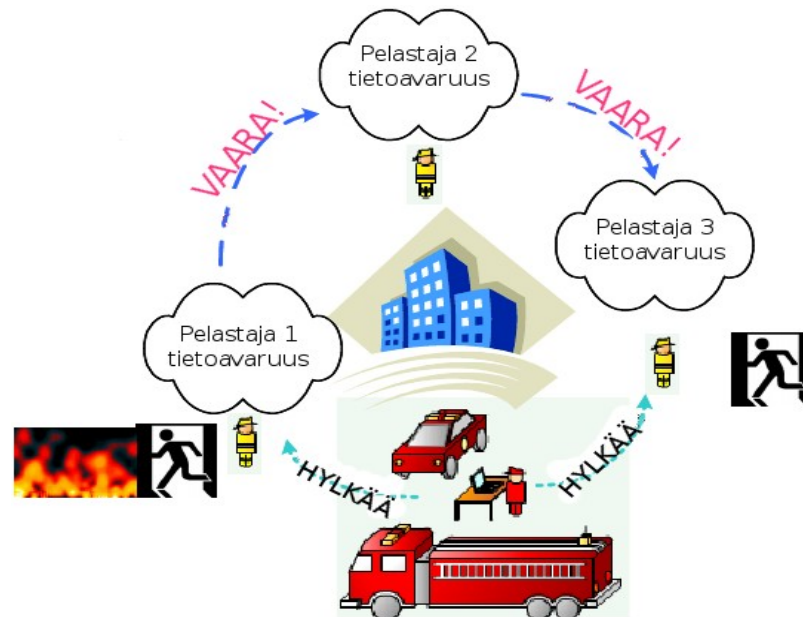
CART-alustan kaltaisten tietojärjestelmien tutkimus on vielä vähäistä. Puhtaasti MANET-pohjainen kommunikaatio- ja viestintäjärjestelmä on kuitenkin hyvin tarpeellinen osa tulevaisuuden US&R-tehtäviä (Lau, R. 2006, s. 847). Koska CART vaatii suuren määrän nykyaikaista teknologiaa ja osaamista, voi sen

käytäntöön jalkauttaminen viedä aikaa. Lisäksi CART tuo suuria edistyksiä tullessaan, samalla vieden merkitystä jo käytössä olevilta tietojärjestelmiltä.

3.2 Siren

Toinen tutkielmassa esiin nostettava pelastustoimintaan suunniteltu malli seuranta- ja kommunikaatiojärjestelmille, Siren, keskittyy tilannekuvan tuottamiseen kehittyneiden viestintä- ja sensorilaitteistojen ja -ohjelmistojen avulla. Kuten CART-alustakin, käyttää Siren-järjestelmä hyväkseen MANET-teknologiaa (Jiang, X.y.m. 2004, s. 99). Siren tarjoaa informaatiota toimintaympäristön muutoksista muun muassa lämpötilavaihteluita ja paikantamista koskien. Kyseisestä mallista on tehty myös prototyyppijärjestelmä, jonka avulla on saata tietoa tehtäviä varten tarvittavista sensorilaitteista ja spontaania kommunikointia tukevista menetelmistä (Jiang, X.y.m. 2004, s. 87-88).

Kuva 3 esittelee Siren-järjestelmän toimintaa. Jokaisella pelastajalla on mukanaan kannettavat päätelaitteet, jotka keräävät tarpeellista tietoa ja joiden avulla voidaan olla puheyhteydessä muihin toimijoihin. Päätelaitteet sisältävät sensoreita, joiden avulla voidaan lähettää automaattisesti hälytys eteenpäin koskien esimerkiksi nopeaa lämpötilan nousua. Nämä tiedot olosuhdemuutoksista kirjautuvat jokaiseen päätelaitteeseen yksilöllisesti liitettyyn tietoavaruuteen (*InfoSpace*). Kun viesti saavuttaa muut pelastajat ja etänä toimivan operaattorin, voidaan jatkotoimenpiteistä ilmoittaa eteenpäin. (Jiang, X.y.m. 2004, s. 94-95.)



Kuva 3: Siren (Jiang, X .ym. 2004, s. 95).

Pelastajien mukana kulkevien tunnistinlaitteistojen lisäksi Siren-järjestelmän avulla voidaan seurata toimintaympäristöön jätettyjen sensoreita. Näiden avulla voidaan tarkkailla muun muassa lämpötilaa, ääntä tai myrkyllisten aineiden pitoisuuksia. Langattomasti ad hoc verkon välityksellä toimivat sensorit voivat olosuhteiden muuttuessa ilmoittaa automaattisesti sekä operaattorille että lähellä toimiville pelastajille mahdollisista turvallisuusriskeistä. (Jiang, X. ym. 2004, s. 88.)

CART-alustan tavoin, myös Siren omaa viestien käsittelyn automatisointiin tarkoitettua moduulia. Kyseinen moduuli toimii ennalta määrättyjen sääntöjen perusteella ja lähettää tarvittaessa viestin esimerkiksi vaarallisesta alueesta tietoa tarvitseville. Tällä hetkellä Siren-järjestelmän avulla voidaan lähettää tietoa muun muassa lämpötilan noustessa tietyssä sensorissa toisille pelastajille. Viestien lähetys perustuu ehtolauseisiin, kuten jos lämpötila ylittää tietyssä sensorissa tietyn rajan, lähetetään lähistöllä toimiville pelastajille viesti vaarallisesta alueesta. (Jiang, X.ym. 2004, s. 98.)

Siren-järjestelmän prototyypin testeissä on saatu selville kaksi päävaatimusta järjestelmän kehitykselle: häiriöiden minimointi ja viestinnän tiiveys (Jiang,

X.y.m. 2004, s. 99). Pelastusalan ammattilaisten palautteen perusteella muita tärkeitä ominaisuuksia ovat muun muassa päätelaitteiden selkeä käyttöliittymä ja tilanteen kokonaiskuvan hahmottaminen ennen yksityiskohtia (Jiang, X.y.m. 2004, s. 99-100). Siren-järjestelmän testaus on tosin suoritettu lähinnä tulipalotilanteissa, joten vaatimukset voivat toki erota kun siirrytään esimerkiksi luonnonkatastrofin aiheuttamiin suuronnettomuuksiin.

Tässä luvussa käsitellyt mallit seuranta- ja kommunikaatiojärjestelmille lähestyvät turvallisempaa pelastustoimintaa hieman eri näkökulmista. CART-alustan kehitystyössä tärkeimmät tavoitteet liittyvät kommunikaatioyhteyden tarkkailuun ja säilyttämiseen. Siren-järjestelmän yhteydessä taas pyritään keskittymään erilaisten sensorien mahdollistaman tiedon jakamiseen pelastajien turvallisuuden takaamiseksi.

Yhtenäisinä kehityskohteina molemmissa järjestelmissä ovat kuitenkin MANET-teknologian hyödyntäminen ja viestien käsittelyn automatisointi. Molemmat käsitellyistä malleista siis poikkevat suuresti esimerkiksi nykyisin yleisimmin käytetyistä perinteisistä radiopuhelinjärjestelmistä. Nykyisin käytössä olevat järjestelmät nojaavat pitkälti valmiiseen tietoliikenneinfrastruktuuriin, sekä eksplisiittiseen viestintään, joiden käyttöön eivät pelastustoiminnan ammattilaiset voi enää luottaa. Tietoliikenneinfrastruktuuri on herkästi tuhoutuvaa, eikä toimintaympäristö välttämättä esimerkiksi meluisuutensa vuoksi mahdollista suoraa radioyhteyden avulla viestimistä. (Jiang, X.y.m. 2004, s. 88.)

4 ROBOTTEKNOLOGIA TULEVAISUUDEN TURVAAJANA

Viimeaikoina tutkimukset ovat keskittyneet paljon erilaisten robottitekniikoiden kehittämiseen. Varsinkin viimevuosien vakavat luonnonkatastrofit ja pelko erilaisista terroriteoista ovat saaneet tutkijat panostamaan erilaisiin urbaanissa ympäristössä suoritettaviin pelastusoperaatioihin. Pelastajarobottien merkitys pelastajien turvallisuuden kannalta on suuri: muun muassa romahdus alttiit, vaarallisia aineita sisältävät tai muuten toimintakelvottomat kohteet ovat aiheuttaneet vuosien varrella paljon vahinkoa pelastajille. Kyseisten onnettomuuksien välttämiseksi robottipohjaiset järjestelmät tulevat näyttelemään suurta roolia lähivuosien aikana.

Tässä luvussa tarkastellaan robottitekniikan käyttöä osana turvallista pelastustoimintaa kahdesta eri näkökulmasta. Ensin luvussa 4.1 tarkastellaan robotteja teoreettiselta kannalta ja tutustutaan muun muassa Schlenoffin ym. (2005) kehittämään robottitekniikkaan. Luvussa 4.2 taas tarkastellaan robottien käyttöä käytännöllisemmästä näkökulmasta, kuten erilaisten kilpailujen tuomien tutkimustulosten valossa (Drury, J. Ym. 2005).

4.1 Teoreettinen näkökulma robotteihin

Jotta robottitekniikoiden kehittäminen olisi tehokasta ja johdonmukaista, on robottitekniikan kehitys hyvin merkittävää. Neutraalit, yhtenäiset rakenteet ja esitystavat mahdollistavat robottien kehittämistä useasta eri näkökulmasta. Kun jokainen osajärjestelmä, kuten navigointi- tai sensorijärjestelmä on selvästi määritelty, voivat tutkijat ympäri maailmaa kehittää samoja tärkeitä ominaisuuksia ilman ristiriitoja. (Schlenoff, C. ym. 2005, s. 27).

Tutkimuksissa on pyritty selvittämään US&R -tehtäviin soveltuvien robottien merkittävimpiä ominaisuuksia. Taulukko 1 kuvaa Schlenoffin, ym. (2005, s.28-

29) tutkimuksen johtopäätöksiä robottien vaatimuskategorioista. Tutkimuksessa hyödynnettiin useita pelastusalan ja informaatioteknologian ammattilaisia, jotka kokosivat pelastusrobottien käytön kannalta merkittäviä vaatimuksia. Tutkimuksen mukaan suurimmat määrät yksittäisiä vaatimuksia sijoittuvat erilaisten tunnistinlaitteistojen ja ohjelmiston kategoriaan sekä ihmisen ja järjestelmän väliseen vuorovaikutukseen Kehittyneen teknologian hallinnan lisäksi myös ihmisten toiminta koneiden kanssa nähdään hyvin merkittävänä ja vaativana osana robottiteknologian hyödyntämistä.

Taulukko 1. Päävaatimukset (Schlenoff, C. Ym. 2005, s. 29)

Vaatus- kategoria	Yksittäisten vaatimusten määrä	Kategorian määritelmä
Ihminen- järjestelmä interaktio	23	Liittyen ihmisen vuorovaikutukseen ja operaattorin robotin ohjaamiseen
Logistiikka	10	Liittyen robotin käyttöönottonmenettelyyn ja onnettomuuspaikan esteisiin
Toimintaympäristö	5	Ympäristö ja olosuhteet jossa robotti ja operaattori toimivat
Järjestelmä		Robotti fyysisenä yksikkönä. Alla osakomponentit
-Runko	4	Robotin päärunko, johon lisäosia voidaan lisätä. Tämä on minimikokoonpano (perusalusta)
-Viestintä	5	Sisältäen tuen tiedon lähestykseen roboottiin ja takaisin, käskyt liikkumiseen ja eri sensorien ja komponenttien ohjaamiseen, sekä sensorien tietojen lähettämiseen takaisin operaattorille.
-Liikkuvuus	12	Robotin kyky liikkua ympäristössä
-Tietosisältö	7	Kaikki tehtävän kannalta merkittävä lisälaitteisto, jota robotti kantaa
-Voima	5	Voiman lähde rungolle ja muille komponenteille.
Tunnistaminen	32	Laitteisto ja ohjelmisto ympäristön havainnointia varten

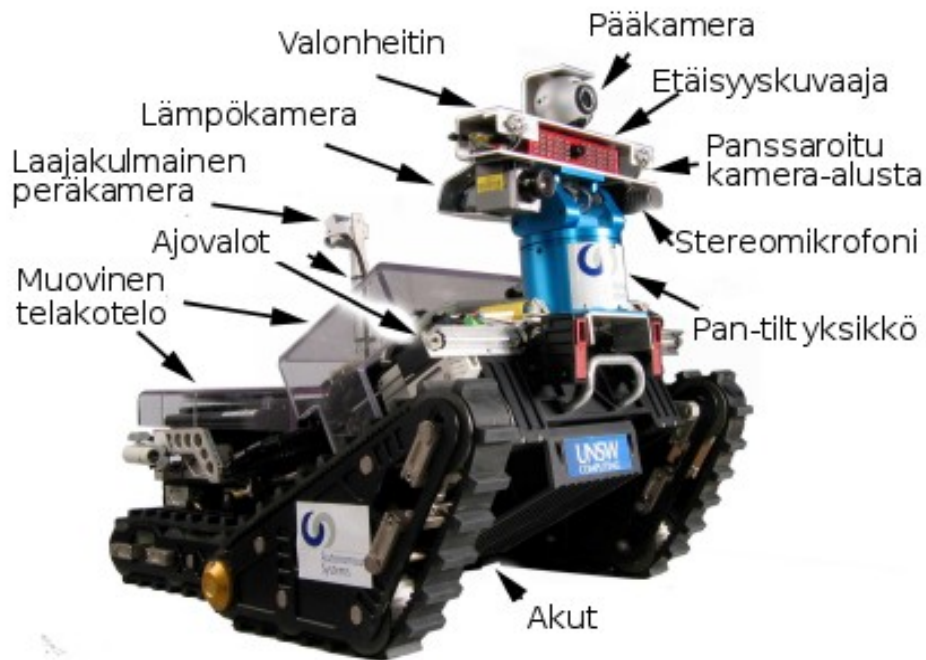
Robottiontologian perusteella tulevaisuudelta voidaan odottaa muutakin kuin maalla, romahtaneissa rakennuksissa toimivia pelastajarobotteja. US&R-tehtävissä toiminta voi hyvin sijoittua maan tasalle, korkeisiin rakennuksiin tai vesistöjen yhteyteen, joten yhteen robottimalliin kaikkien ominaisuuksien asentaminen on aivan liian työlästä. Tästä syystä robottien mallien

suunnittelussa on potentiaalisia robottikategorioita syntynyt useita. Maalla toimivien robottien tulee voida kiivetä, rappusia tai jopa seiniä pitkin, korkeiden rakennusten yhteydessä robottien täytyy kyetä jopa lentämään ja vesiolosuhteissa liikkuminen tapahtuu tarpeen vaatiessa veden pinnalla tai pohjassa. (Schlenoff, C. ym. 2005, s. 28-29).

Pelkkä yhtenäinen kokonaisuus ei kuitenkaan ole riittävä tavoite robottiontologian kehityksessä, vaan ontologian pitää olla muokattavissa ja laajennettavissa tulevaisuuden tarpeita ajatellen. Lisäksi mahdolliset yhdistelmät muiden ontologioiden, kuten sensori- ja virtalähdeontologioiden kanssa tulee onnistua joustavasti (Schlenoff, C. ym. 2005, s. 28-29). Myöskään robottia käyttävän osapuolen, operaattorin osuutta kehitykseen ei saa unohtaa. Jotta robottiontologiaan perustuvan pelastusrobotin käsittely on tehokasta ja turvallista, täytyy sen tarjota käyttöliittymän avustuksella riittävästi informaatiota liittyen liikkumiseen, sijaintiin, mahdollisiin uhreihin ja ympäristöön (Kadous, M. Ym, 2006, s. 251).

4.2 Robotit käytännössä

Kuvassa 3 näkyvä esimerkki pelastusrobotista, CASTER (Centre for Autonomous Systems Tracked Exploratory Robot) koostuu suuresta määrästä erilaista tekniikkaa. Robotin turvallisen käytön takaamiseksi, kyseinen robotti on varustettu teloilla, jotka mahdollistavat myös rappusissa liikkumisen. Lisäksi alusta on vahvistettu kestäämään jopa pieniä räjähdyksiä. Tilannekuvan saamiseksi, robottiin on liitetty muun muassa lämpötilasensoreita ja mikrofoni. Pääosan tarkan tilannekuvan tuottamisessa hoitaa robotin päällä sijaitseva laajakuvaa tuottava web-kamera. (Kadous, M. Ym, 2006, s. 251.)



Kuva 4: CASTER (Kadous, M. Ym, 2006, s. 251).

Pelastustoimintaan tarkoitetut robotit ovat pitkälti vielä kehitysvaiheessa. Kuitenkin US&R -tehtäviä mallintavat simulaatiot ovat osoittaneet kyseisten koneiden merkityksen tulevaisuuden pelastustoiminnalle. Vuodesta 2002 on järjestetty erinäisiä testitapahtumia, joissa aitoa toimintaympäristöä muistattavalla areenalla kerätään tietoa robotin ja sen käyttäjän vuorovaikutuksesta. Kyseiset tapahtumat ovat tarjonneet paljon arvokasta tietoa muun muassa kameroiden sijoitteluun ja uhrien tunnistamiseen liittyen. (Drury, J. Ym. 2005, s. 41.)

Erilaisten simulaatioiden avulla on voitu myös nostaa esiin robotin ja operaattorin yhteistoiminnan kannalta merkittävän tilannekuvan säilyttämisen kannalta kriittisiä tekijöitä. Simulaatioissa robottien seuranta UWB-teknologiaa hyödyntäen mahdollisti koko tehtävän kulun analysoinnin jälkikäteen. Jotta operaattori kykenee hahmottamaan ympäristön eri elementit, robotin liikkeiden ajan ja paikan, täytyy varsinkin kameroiden toimintaa vielä tehostaa suuresti. Tutkimukset ovat osoittaneet, että operaattorille välittynyt tilannekuva ei

välttämättä vastaa riittävästi totuutta ja robottien käyttö on aiheuttanut jopa vahinkoa simulaatiossa uhrin asemassa olevalle nukelle. (Drury, J. Ym. 2005, s. 41.)

Jotta ihmisten ja koneiden välinen toiminta olisi mahdollisimman saumatonta ja turvallista, tulee robottien käytössä ottaa huomioon käyttöliittymään liittyvät seikat. Jotta robotin hyöty voidaan maksimoida, täytyy sen tarjota mahdollisimman tarkka tilannekuva toimintaympäristöstä. Robotin liikuttamisen turvallinen suorittaminen etänä on tärkeä lähtökohta toimintakyvyn säilyttämisen kannalta. Lisäksi kuva, jonka robotti tarjoaa ohjaavalle taholle, täytyy olla selvä: siitä tulee ilmetä mahdolliset uhrit, sekä uhrien ja robotin sijainti. (Kadous, M. Ym, 2006, s. 250.)

Tässä luvussa tarkastellut näkökulmat tuovat toki robottiteknologiaan paljon erilaista sisältöä ja kehitykselle eri painopisteitä. Tutkijoiden suunta on kuitenkin sekä ontologian kehityksessä että ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen parantamisessa hyvin samankaltainen: mahdollisimman todenmukaisen tilannekuvan välittämisen avulla tulevat robotit vielä korvaamaan ihmisen vaarallisimmilla pelastustoiminnan osa-alueilla.

5 YHTEENVETO / POHDINTA

Tämä kandidaatin tutkielma pyrkii antamaan yleiskuvan tietojärjestelmistä, jotka edesauttavat turvallista pelastustoimintaa seuranta- ja kommunikaatiojärjestelmien sekä robottipohjaisten järjestelmien avulla. Tutkielman aihepiiriä tarkasteltiin alan kirjallisuuden avulla. Aluksi tutkielmassa esiteltiin pelastustoiminnan toimintaympäristöä suomalaisesta näkökulmasta. Lisäksi tutustuttiin pelastustoiminnan käyttämien tietojärjestelmien pohjalla vaikuttaviin teknologioihin. Tämän jälkeen tarkasteltiin kahta erilaista mallia seuranta- ja kommunikaatiojärjestelmille. Lopuksi käsiteltiin robottiteknologiaa sekä teoreettisesta että käytännöllisestä näkökulmasta.

Turvallisuutta tukevien järjestelmien kohdalla tutkielmassa tutustuttiin kahteen kommunikaatio- ja seurantajärjestelmämalliin. Ensimmäinen malli, CART-alusta, keskittyy kehityksessään mahdollistamaan kommunikaation ja pelastajien koordinoinnin infrastruktuurin tuhoutumisesta huolimatta. Toinen malli, Siren, lähestyy järjestelmää automaattisten sensorien ja niiden sovellusten kannalta.

Lisäksi tutkielmassa tuotiin esiin nykypäivän merkittävänä edistysenä robottiteknologiat, jotka hyödyntäen tietojärjestelmien uusimpia ominaisuuksia tulevat vielä näyttelemään suurta roolia pelastustoiminnan turvallisuudessa. Tutkijat ovat jo tähän mennessä saaneet selville paljon ominaisuuksia ja yhteisiä rakenteita, joiden pohjalta robottien kehityksessä voidaan edetä joustavasti ja tehokkaasti. Lisäksi erilaiset robottisimulaatiot ja käyttöliittymätutkimukset ovat tuoneet paljon tarpeellista tietoa ihmisen ja koneen välisestä vuorovaikutuksesta.

Tutkimuksissa on keskitytty lähinnä urbaaneihin ympäristöihin kohdistuviin pelastustehtäviin. Se ei kuitenkaan sulje pois muiden alojen mahdollisuutta

hyödyntää pelastustoiminnan turvallisuutta tukevia järjestelmiä. Esimerkiksi paikannusjärjestelmät pelastustoiminnassa ovat peräisin sotilaskäytöstä, mutta monet pelastusalalla käytetyt järjestelmät voisivat hyödyntää myös sotilaallista toimintaa ja sen turvallisuutta. Pelastustoiminnan tavoin, myös sotilasoperaatiot nojaavat paljon tehokkaan ja toimivan viestinnän varaan ympäristöissä, joissa tietoliikenneinfrastruktuuri on tuhoutunut (Lau, R. ym. 2006, s. 842).

Tietojärjestelmien merkitys turvallisuuden kannalta on hyvin selvä: mitä paremmin tiedostetaan alati muuttuvan toimintaympäristön vaarat, sitä paremmin niistä voidaan selvitä, tai ne voidaan jopa välttää. Seuranta- ja kommunikaatiojärjestelmien avulla tieto mahdollisista ympäristön muutoksista liikkuu nopeasti tai jopa automaattisesti. Jos taas äärimmäisimmässä tilanteessa ympäristö on ihmiselle toimintakelvoton, pyritään käyttämään pelastusrobotteja mahdollisuuksien mukaan.

Edellä mainittu kuva on toki hieman optimistinen, mutta ei mahdoton. Teknologian ja yhteiskunnan kehittyessä mahdollisuudet tällaiseen tilanteeseen ovat suuret. Ehkä paikannus sisätiloissa ontuu, radioyhteydet katkeilevat ja robotit ovat vielä laboratorioissa, mutta suunta on selvä.

Mahdollinen jatkotutkimusaihe voisi liittyä pelastustoiminnan tietojärjestelmien implementaatioprosessiin: kuinka käyttöönotto onnistuu ja miten käyttöönotossa voidaan huomioida kaikki pelastustoiminnan erityisvaatimukset. Lisäksi kiinnostavaa olisi tietää, kuinka eri asemissa toimivat pelastusalan ammattilaiset saavat koulutuksen kyseiseen järjestelmään ja minkälaisella lopputuloksella.

6 LÄHTEET

- Cicirello, V., Peysakhov, M., Anderson, G., Gaurav Naik, Tsang, K., Regli, W. & Kam, M. 2004. Designing dependable agent systems for mobile wireless networks, IEEE. Volume 19. Issue 5. pp. 39-45.
- Drury, J. Scholtz, J. Yanco, H. 2005. Using competitions to study Human-Robot interaction in Urban Search and Rescue. *Interactions* March/April, pp. 39-41.
- Fontana, R.J. Richley, E. Barney, J. 2003. Commercialization of an ultra wideband precision asset location system. *IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies 2003*. pp. 369-373.
- Goldstein, H. 2002. Radio Contact in High-Rises Can Quit on Firefighters. *Spectrum, IEEE*. Volume 39. Issue 4. 24-27.
- Hyötälä, I. 2003. Virvejärjestelmän käyttö ympäristöterveydenhuollossa. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen selvityksiä 2003:14. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen selvityksiä 2003:14. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen selvityksiä 2003:14. [Viitattu: 14.2.2009]. Saatavilla www.stm.fi/Resource.phx/publishing/store/2004/01/pr1074497320596/passthru.pdf
- Jiang, X., Chen, N., Hong, J., Wang, K., Takayama, L. & Landay, J. 2004. Siren: Context-Aware Computing for Firefighting. *Lecture Notes in Computer Science, Pervasive Computing*, pp. 87-105.
- Kadous, M., Sheh, R. & Sammut, C. 2006. Effective user interface design for rescue robotics. *Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction*, pp. 250-257.

- Lau, R., Demers, S., Yibei, L., Siegel, B., Voliset, E., Birman, K., van Renesse, R., Shrobe, H., Bachrach & Lester Foster, J. 2006. Cognitive Adaptive Radio Teams. Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2006. SECON '06. 2006 3rd Annual IEEE Communications Society on. pp. 842-847.
- Löffler, J., Schon, J. & Köhler, J. 2006 SHARE: supporting large-scale rescue operations with communication and information services over mobile networks. MobiMedia '06: Proceedings of the 2nd international conference on Mobile multimedia communications. Publisher: ACM. Article no. 47.
- Pelastuslaki 13.6.2003/468. [Viitattu 14.2.2009]. Saatavilla [www-muodossa <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030468>](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030468)
- Sisäasiainministeriö 2007. Pelastustoimen strategia 2015. Sisäasiainministeriön julkaisu 13/2007. Sisäasiainministeriö. [Viitattu: 10.2.2009]. Saatavilla [www-muodossa <http://www.intermin.fi/intermin/biblio.nsf/D690450D9B0F32A9C2257298002C2EA7/\\$file/132007.pdf>](http://www.intermin.fi/intermin/biblio.nsf/D690450D9B0F32A9C2257298002C2EA7/$file/132007.pdf).
- Schlenoff, C. & Messina, E. 2005. A robot ontology for urban search and rescue. Proceedings of the 2005 ACM workshop on Research in knowledge representation for autonomous systems, pp. 27-34.
- Suomen Erillisverkot Oy, 2004. Viranomaisverkon (VIRVE) käyttöön oikeutetut tahot. Suomen Erillisverkot Oy. [Viitattu: 14.2.2009]. Saatavilla [www-muodossa <www.everkot.fi/uploads/media/kayttajaryhmat_03.pdf>](http://www.everkot.fi/uploads/media/kayttajaryhmat_03.pdf).
- US Department of Defense & US Department of Transportation, 1997. 1996 Federal Navigation Plan. US Department of Defense & US Department of Transportation. [Viitattu: 15.2.2009]. Saatavilla [www-muodossa <gauss.gge.unb.ca/us1996frp.pdf>](http://gauss.gge.unb.ca/us1996frp.pdf).

US Fire Administration, 2008. Firefighter Fatalities in the United States in 2007.

US Fire Administration. [Viitattu 21.3.2009]. Saatavilla [www-muodossa](http://www.usfa.dhs.gov)

<http://www.usfa.dhs.gov/downloads/pdf/publications/ff_fat07.pdf>

Yanwei Chen , Demin Li , Chenwen Wang & Jiacun Wang. 2008. MFDSSE: A Mobile Fuzzy Decision Support System for Firefighter Cooperation in Ad Hoc Networks. IFIP International Conference on Network and Parallel Computing. pp. 475-482.