

Jouni Husso

Autonominen videokuvan siirtoon soveltuva tietoverkkoratkaisu viranomaisajoneuvoihin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikka

Insinöörityö

13.5.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jouni Husso Autonominen videokuvan siirtoon soveltuva tietoverkkoratkaisu viranomaisajoneuvoihin 31 sivua + 1 liitettä 13.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	opettaja Sami Sainio tutkija Pasi Kämpö
<p>Työn tavoitteena oli luoda tutkielma, jossa huomioidaan olosuhteita ja tilanteita, joita voi tulla eteen videokuvan siirrossa kenttäolosuhteissa. Kenttäolosuhteissa toimittaessa on yhteyksien toimivuusvarmuuteen kiinnitettävä erityistä huomiota. Toimivista tietoliikennetyksistä saattaa olla kiinni ihmishenkien tai materiaalien pelastuminen.</p> <p>Insinööriyössä tutkittiin eri kuvansiirtotapoja viranomaisajoneuvojen välillä. Työssä tutkittiin neljää erilaista tiedonsiirtotapaa, kahta kaapelitoteutusta ja kahta langatonta versiota. Tutkimus oli luonteeltaan teoreettinen, lukuun ottamatta WLAN mittauksia. Työssä pohditaan pääsääntöisesti erinäisiä ratkaisuja ja toteutustapoja.</p> <p>Langattoman lähiverkon (WLAN) toimivuus kenttäolosuhteissa on sidoksissa moneen käyttäjästä riippumattomaan asiaan kuten säähän, rakenteisiin ja maaston muotoihin. Tästä syystä langatonta lähiverkkoa ei voida pitää ensisijaisena tiedonsiirtomuotona. Tätä asiaa tukivat myös suoritettavat mittaukset.</p> <p>WLAN:ia voidaan kuitenkin käyttää muodostettaessa verkko ajoneuvon lähietäisyydelle esimerkiksi kameraa tai tietokonetta varten. Työssä tutkittiin kotimaisen Ajeco Oy:n 4Com - monikanavareitittimen ominaisuuksia ja todettiin sen soveltuvan hyvin viranomaisajoneuvon kuvansiirron runkolaitteeksi.</p> <p>Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kaapeliyhteydet ovat tiedonsiirto-ominaisuuksiltaan varmempia kuin langattomat vaihtoehdot. Kaapeliyhteyksien käyttökuntoon saattaminen on kuitenkin hitaampaa. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa olisi huomioitava pidemmän matkan langattomien tiedonsiirtotapojen, kuten esimerkiksi WIMAXin, käyttömahdollisuuksia.</p>	
Avainsanat	Mesh, langattomat lähiverkot, monikanavareititin, MOBI

Author Title Number of Pages Date	Jouni Husso Autonomous video transmission network for government vehicles 31 pages + 1 appendices 13 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Telecommunication
Specialisation option	
Instructors	Sami Sainio, Lecturer Pasi Kämppe, Researcher
<p>This thesis aims to describe the effects of field operations on video transmission. Under field conditions, the functionality of data communications requires special attention. Problems in data connections may lead to material losses and in the worst case prevent saving human lives.</p> <p>The thesis examines different methods of transferring image between two vehicles. In detail, four different data transmission methods are compared; two cable implementations and two wireless versions. Problems and challenges are approached from a theoretical aspect. Specific implementation solutions are compared and their strengths and weaknesses are demonstrated.</p> <p>There are numerous different aspects that affect wireless LAN (WLAN) performance in field conditions. These aspects include the weather, infrastructure and terrain. For this reason, a wireless LAN cannot be considered as the primary option for video transmission. These concerns were proven justified via attenuation measurements of the WLAN signal.</p> <p>Nevertheless, WLAN may be used in forming a close range network around the vehicle, for example to connect cameras, computers and PDAs. For longer range video transfer it could be determined that a domestic Ajeco Ltd 4Com multi-channel router is an adequate device.</p> <p>It can be concluded that in order to provide stable, reliable and secure data transfer between vehicles, it is necessary to use wired connections. Wired connections are slower to setup than wireless connections, but wired connections are clearly a better choice due to the numerous challenges that are encountered with wireless connections. For future research it would be worthwhile to study the possibilities of long-distance wireless communication methods such as Wi-MAX.</p>	
Keywords	Mesh, WLANs, multichannel router, MOBI

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Käyttöympäristö	2
3	Tiedonsiirtotekniikat	3
3.1	CAT-6 -kaapeliyhteys	3
3.2	Valokaapeli	6
3.3	Langaton point-to-point-verkko	8
3.4	Langaton Mesh-verkko	14
4	Järjestelmän komponentit	18
4.1	Kamera	18
4.2	Tukiasema	20
4.3	Reititin	21
5	Päätelmiä	23
	Lähteet	29
	Liitteet	
	Liite 1. 4Comin esite	

Lyhenteet

3G	<i>Third Generation</i> . Kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä.
4G	<i>Fourth Generation</i> . Neljännen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä.
802.11	Standardi langattomille lähiverkoille.
Bluetooth	Lyhyen kantaman radiotekniikkaan perustuva langaton tiedonsiirtotekniikka.
CAT-6	<i>Category 6</i> . Kategoria 6 on yleisin Suomessa käytettävä lähiverkkokaapelointi standardi.
dB	Desibeli. Yksikkö, joka vertailee tehosuureiden suhteita logaritmisella asteikolla.
Digi-TV	Digitaalitelevisio. Digitaalisessa muodossa lähetettävä televisiolähetys.
Ethernet	Yleisin käytössä oleva lähiverkkotekniikka.
Frame Drop	Kehysten pudotus. Videokuvan muodostavista yksittäisistä kuvista osa poistetaan datan määrän vähentämiseksi.
GBIC	<i>Gigabit Interface Converter</i> . Lähetin, joka muuttaa sähköisen signaalin optiseksi.
Gbps	<i>Gigabits per second</i> . Giga (10^9) bittiä sekunnissa.
GHz	Giga (10^9) hertsiä sekunnissa.
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> . GSM-verkoissa toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu.
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> . Maailmanlaajuisesti käytössä oleva matkapuhelinjärjestelmä.

IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers.</i> Kansainvälinen sähkötekniikanalan järjestö.
IP	<i>Internet Protocol.</i> Protokolla, joka huolehtii tietoliikennepakettien toimittamisesta perille pakettikytkentäisessä verkossa.
LTE	<i>Long Term Evolution.</i> Matkapuhelinverkoissa käytettävä nopea tiedonsiirto-tekniikka.
Mbps	<i>Megabits per second.</i> Mega (10^6) bittiä sekunnissa.
Mesh	Verkko. Reitittävä langaton verkko.
MHz	Megahertsi. 10^6 hertsiä, radiokanavien taajuudet ilmoitetaan megahertseinä.
MIMO	<i>Multiple Input Multiple Output.</i> Tietoliikennetekniikka, jossa lähetykseen ja vastaanottoon käytetään samaan aikaan useampaa kuin yhtä antennia.
MOBI	<i>Mobile Object Bus Interaction.</i> Tekesin tukema, Laurea Ammattikorkeakoulun tutkimusprojekti.
PDA	<i>Personal data assistant.</i> Kannettava elektroniikkalaite.
PoE	<i>Power over Ethernet.</i> Tekniikka, jolla syötetään päätelaitteen tarvitsema käyttöjännite lähiverkkokaapelia pitkin.
point-to-point (p to p)	Kahden verkkolaitteen välinen suora yhteys.
STP	<i>Shielded Twisted Pair.</i> Parikaapelityyppi, joka on suojattu sähköisiä häiriöitä vastaan.
TETRA	<i>Terrestrial Trunked Radio.</i> Viranomaisien käyttämä, digitaalinen puheradioverkko.

USB	<i>Universal Serial Bus.</i> Yleinen sarjaväylä. Sarjaväyläarkkitehtuuri elektronisten laitteiden liittämiseksi toisiinsa.
VHF	<i>Very High Frequency.</i> Erittäin korkea taajuus, radiotaajuusalue 30 MHz:stä 300 MHz:iin saakka.
WIMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access.</i> Langaton tiedonsiirto-standardi.
WLAN	<i>Wireless Local Area Network.</i> Langaton lähiverkko.

1 Johdanto

Tämä insinööriyö on osa Laurea-ammattikorkeakoulun MOBI (Mobile Object Bus Interaction) -projektia. MOBI-hanke tuottaa tutkimustietoa viranomaisten tarpeista ja vaatimuksista, määrittelee viranomaisajoneuvojen nykyiset järjestelmät, tutkii sähkön tarvetta sekä toteuttaa tutkimustulosten pohjalta toimivalla tietojärjestelmäarkkitehtuurilla ja järjestelmien integraatiolla varustetun demoajoneuvon.

Nykyisin erillisten teknisten järjestelmien määrä hälytysajoneuvoissa on kasvanut huomattavasti. Laitteiden sähkön tarve on kasvanut, mikä aiheuttaa siten tarvetta alentaa virrankulutusta. Olemassa olevien ratkaisujen dokumentointi on vaihtelevaa eikä alalla ole standardeja.

Toteutetun demoajoneuvon kaltaisilla ominaisuuksilla varustetusta ajoneuvosta suunnitellaan Euroopan laajuisilla markkinoilla kaupallisesti kannattava ja toimiva tuote liiketoimintamalleineen. Hankkeen päätavoite on luoda alalle standardisoitumista, joka mahdollistaa kaupalliset tuotteet [1].

Tällä hetkellä viranomaisajoneuvoissa on liikkuvan kuvan tallennusmahdollisuus toteutettu kojelautaan kiinnitetyllä videokameralla. Kuvaa ei voida katsoa reaaliaikaisesti muualla kuin kyseessä olevassa ajoneuvossa. Tavoitteena on luoda itsenäinen eri yksiköt yhdistävä järjestelmä, joka soveltuu videokuvan siirtämiseen valvonta- ja piiritystilanteissa viranomaisajoneuvojen välillä kenttäolosuhteissa. Kenttäolosuhteilla tarkoitetaan normaalia poliisin toimintaympäristöä kuten esimerkiksi kaupungin keskustaa, maaseutua tai metsätietä.

Insinööriyö on rajattu käsittämään videokuvansiirrossa käytettävien tekniikoiden keskinäistä vertailua. Matkapuhelinoperaattoreiden tarjoamat verkot voivat olla epäkäytettäviä niiden ruuhkaisuuden, sijainnin tai sähkön puutteen vuoksi. Tästä syystä työssä oletetaan, että operaattorien tarjoamia palveluja, kuten 3- ja 4G/LTE, ei ole käytettävissä.

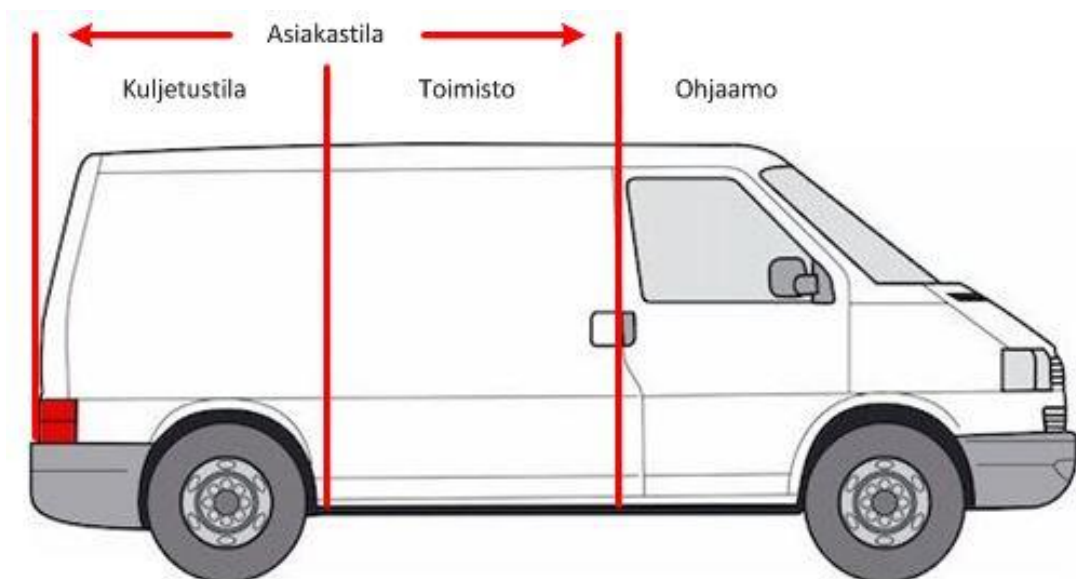
Tavoitteena on esittää neljä tiedonsiirtotekniikkaa ja selvittää niiden vahvuudet ja heikoudet. Insinööriyössä tutkitaan lisäksi reitittimien ja kameroiden ominaisuuksia.

2 Käyttöympäristö

Hälytysajoneuvon vaatimusmäärittelyasiakirjassa [2, s. 4] mainitaan pakettiautopohjaisen ajoneuvoratkaisun olevan käyttökelpoisiin ja sen todetaan sopivan viranomaisille erilaisiin käyttötarkoituksiin. Videokuvan siirtojärjestelmän suunnittelu perustuu tähän ajoneuvotyyppeihin. Poliisin tekniikkakeskuksen projektin käyttöön antama Volkswagen Transporter -pakettiauto toimii demoympäristönä.

Hälytysajoneuvo laitetilana on normaalia laitetilaa haastavampi. Laitetilan olosuhteet, kuten lämpötila ja värinä, asettavat käytettävillä laitteilla vaativat olosuhteet.

Ajoneuvo jaetaan käyttötarkoituksen perusteella kahteen tai kolmeen osaan. Ensihoidon ajoneuvo jaetaan yleensä kahteen osaan: ohjaamoon ja kuljetustilaan. Ensihoidon ajoneuvossa voi olla myös toimisto-osa, jos ajoneuvoa käytetään tilannejohtamiseen. Poliisin ja rajavartiolaitoksen ajoneuvot jaetaan kolmeen osaan: ohjaamoon, toimistoon ja kuljetustilatilaan [kuva 1]. Molemmissa tapauksissa kuljetustilaa voidaan käyttää asiakkaiden kuljettamiseen, jolloin sitä kutsutaan asiakastilaksi.



Kuva 1. Ajoneuvon jaottelu.

Ajoneuvon sisällä kuvansiirtoon tarvittavat laitteet sijoitetaan pääasiassa ohjaamoon ja toimistoon.

3 Tiedonsiirtotekniikat

Vertailtaviksi tiedonsiirtomuodoiksi on valittu lähiverkko- eli ethernet–tekniikkaa käyttäviä toteutustapoja. Ethernet–tekniikan käyttö nykyisissä tietoverkoissa on hyvin yleistä. Suurin osa laiteomittajien tuotteiden tiedonsiirto-ominaisuuksista perustuu tähän tiedonsiirtotekniikkaan.

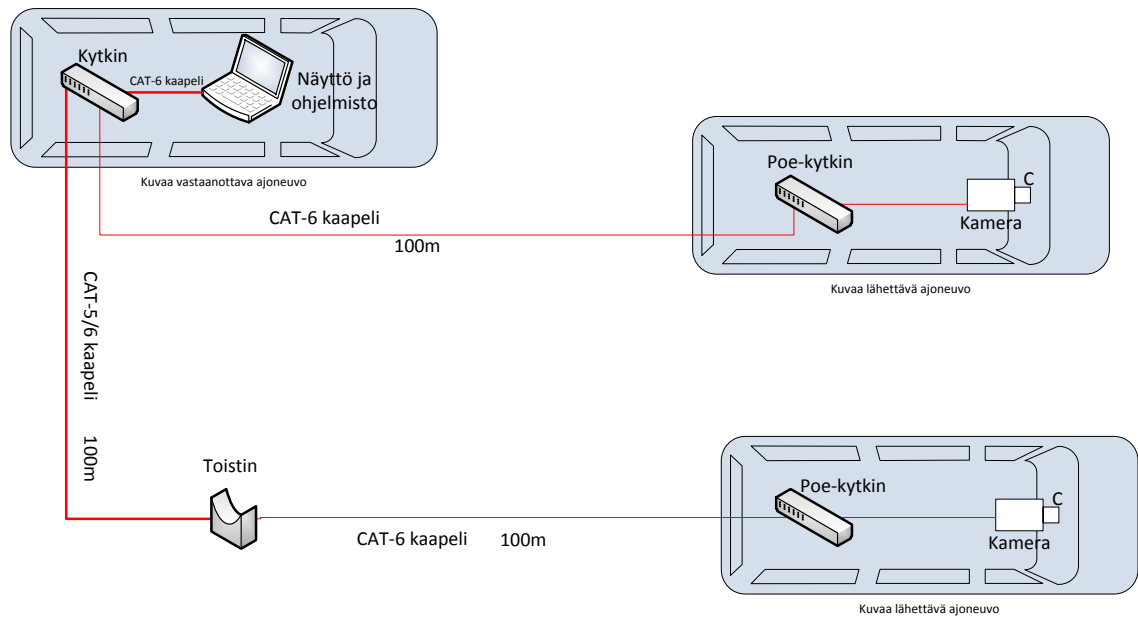
Siirtoteiksi on valittu kaksi kaapeliyhteyttä sekä kaksi langatonta ratkaisua. Kaapeleilla toteutettavissa yhteyksissä vertaillaan häiriösuojatulla, CAT-6–luokan, STP-kaapelilla (*Shielded Twisted Pair*) ja valokaapelilla toteutettavien yhteyksien ominaisuuksia.

Langattomissa yhteyksissä vertaillaan WLAN (Wireless Local Area Network) -tekniikalla toteutettavia yhteyksiä. Toinen on point-to-point-yhteys, jossa tieto siirtyy suoraan kahden tukiaseman välillä ja toinen MESH–protokollaa käyttävä yhteys, jossa jokainen tukiasema reitittää muiden tukiasemien lähettämää tietoa kohti vastaanottavaa tukiasemaa.

3.1 CAT-6 -kaapeliyhteys

CAT -kaapelilla toteutettavassa ratkaisussa kaapeliyhteys rakennetaan kuvaa lähettävästä ajoneuvosta kuvaa vastaanottavaan ajoneuvoon [kuva 2]. Kaapeli kytketään kuvaa lähettävässä ajoneuvossa kytkimeen [kuva 3], jossa on PoE (Power over Ethernet) -toiminne ja siitä edelleen IP-kameraan (Internet Protocol) [kuva 3]. PoE on toiminne, joka syöttää lähiverkkokaapelia pitkin jännitettä kaapelin toisessa päässä olevalle laitteelle.

Kuvaa vastaanottavassa ajoneuvossa kaapelit kytketään kytkimeen ja siitä edelleen tietokoneeseen, jossa on tarvittava videokuvan katseluohjelma [kuva 3].



Kuva 2. Kuparikaapelilla toteutettu tiedonsiirtoyhteys.

Standardin mukainen maksimipituus CAT-kaapelilla toteutettavalle yhteydelle on sata metriä [3]. Jos tarvitaan pitempiä yhteyksiä, on käytettävä toistimia [kuva 3]. Toistin saa käyttöjännitteensä ajoneuvon PoE-kytkimeltä. Toistimen käyttö mahdollistaa toisen enintään sata metriä pitkän kaapelin käytön.



Kuva 3. Esimerkkejä tuotteista. Kytkin, toistin, IP- kamera ja ohjelmisto. [4;5;6;7]

Toistimien valmistajien mukaan laitteita voidaan ketjuttaa 4–5 peräkkäin, jolloin yhteysväliksi saadaan 500–600 metriä [8, 9].

Kuparikaapeliyhteydellä on seuraavia etuja:

- HäiriösiETOisuus; suojattua kaapelia käytettäessä yhteys ei ole altis magneettisille häiriöille tai häirinnälle.
- Tiedonsiirtonopeus; CAT-6 kaapelia käytettäessä päästään jopa 1Gbps (Gigabittiä sekunnissa) yhteysnopeuksiin.
- Tietoturvallinen; yhteyttä ei voi salakuunnella ilman että siihen liitytään fyysisesti.

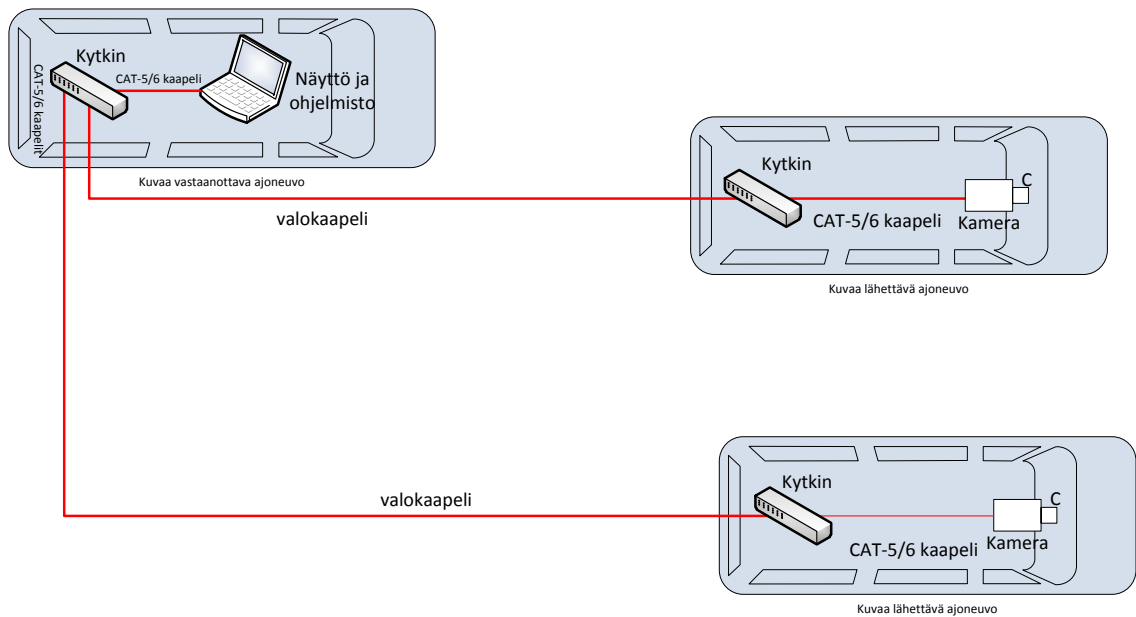
Kuparikaapeliyhteyden haitat ovat seuraavat:

- Mekaaninen kestävyys; kaapeli on altis vauriolle jos ajoneuvoja siirretään.
- Yhteyden maksimipituus on 100 metriä ilman toistimia.
- Tilantarve; kaapelikelat ja toistimet vaativat paljon tilaa ajoneuvoissa, joissa jo nykyisinkin on paljon tarvikkeita ja laitteita.
- Paino; kuparikaapelit ovat raskaita verrattuna valokaapeleihin.
- Vikaantumiselle altis; kaapeleiden liittimet likaantuvat, kastuvat tai vaurioituvat huolimattomasta käsittelystä, joka ilmenee yhteyskatkoksina.
- Vaatii toimintapaikalla kaapeliyhteyden rakentamisen.
- Käyttö on sidottu tiettyyn pisteeseen.
- Ei voida käyttää vaikeissa maasto-olosuhteissa.
- Ei sovellu liikkuvan kohteen valvontaan; valvottavan kohteen siirtyessä on järjestelmä pakattava ja rakennettava uudestaan.

Järjestelmän purku vaatii aikaa ja kaapeleiden pois kerääminen sitoo työntekijöitä. Käytön jälkeen kaapelit ja toistimet on tarkastettava ja niiden käyttökelpoisuus on todettava.

3.2 Valokaapeli

Valokaapelilla toteutettava yhteydenmuodostustapa ei poikkea merkittävästi aikaisemmin esitetystä kuparikaapelilla toteutetusta ratkaisusta. Siirtotienä toimii valokaapeli, jonka sisus on valmistettu lasista tai muovista. Siinä tieto siirtyy optisena signaalina, joten se on immuuni sähkömagneettisille häiriöille [kuva 4].



Kuva 4. Valokaapelilla toteutettu tiedonsiirtoyhteys.

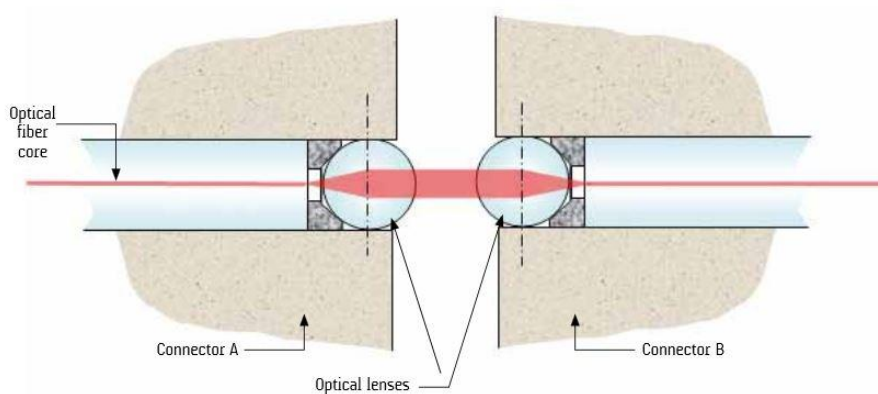
Yhteyden molemmissa päissä olevissa kytkimissä on oltava GBIC (Gigabit interface converter) -lähettimet, jotka muuttavat sähköisen signaalin optiseksi signaaliksi ja päinvastoin [kuva 5].



Kuva 5. Erilaisia GBIC-lähettimeä [10].

Valokaapelia käytettäessä voi yhteysväli olla useita kilometrejä. Lähettimistä riippuen yhteysnopeudet voivat olla 1 Gbps – 10 Gbps.

Nykyisin on saatavilla sotilaskäyttöön tarkoitettuja kenttävalokaapeleita, joiden mekaaninen kestävyys on moninkertainen kiinteisiin asennuksiin tarkoitettuihin kaapeleihin verrattuna. Niiden optiset liittimet on varustettu linssillä, jotka kasvattavat valoa kuljetavan ytimen halkaisijan moninkertaiseksi. Tällöin yksittäinen pölyhiukkanen ei aiheuta yhtä suurta vaimennusta yhteydelle kuin normaaleissa liittimissä [kuva 6].



Kuva 6. Valoa kuljetavan ytimen pinta-alan kasvattaminen linssien avulla [11].

Valokaapeliyhteydellä on seuraavia etuja:

- Ei ole altis sähkömagneettisille häiriöille tai häirinnälle.
- Yhteys on tietoturvallinen.
- Valokaapeleilla saavutetaan pitkä yhteysväli.
- Valokaapelit tarvitsevat vähemmän tilaa ja ovat kevyempiä verrattuna kuprikaapeleihin.

Valokaapeliyhteyden haittoja ovat seuraavat:

- Mekaaninen kestävyys; kaapelit ovat alttiita vauriolle, jos ajoneuvoja siirretään.
- Tilantarve; kaapelikelat vaativat paljon tilaa ajoneuvoissa, joissa jo nykyisinkin on paljon tarvikkeita ja laitteita.
- Vioille altis; kaapeleiden liittimet likaantuvat ja vaurioituvat huolimattomasta käsittelystä, jolloin ilmenee yhteyskatkoksia.

- Vaatii toimintapaikalla kaapeliyhteyden rakentamisen.
- Käyttö on sidottu tiettyyn pisteeseen.
- Ei voida käyttää vaikeissa maasto-olosuhteissa.
- Ei sovellu liikkuvan kohteen valvontaan, valvottavan kohteen siirtyessä on järjestelmä pakattava ja rakennettava uudestaan.
- Yleensä kytkimissä valokuituliitännöiden lukumäärä on 2–4 kpl. Valokuituyhteyksien määrän kasvaessa on lisättävä kytkimien lukumäärää, joka kasvattaa kustannuksia, tilantarvetta ja sähkönkulutusta.

Valokaapelilla toteutettu kuvansiirtoyhteys on yhtä hidas siirtää uuteen paikkaan kuin kuparikaapelilla toteutettu ratkaisu.

3.3 Langaton point-to-point-verkko

WLAN-tekniikalla toteutetussa ratkaisussa tiedonsiirto tapahtuu nimensä mukaisesti langattomasti, radioaaltoina. WLAN-tekniikasta IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) on julkaissut useita standardeja [taulukko 1].

Taulukko 1. Yleisimmät WLAN standardit.[12]

Protokolla	Taajuus	Kaistanleveys	Nopeus	Radioiden lukumäärä	Kantama ulkona
802.11b	2.4 GHz	20 MHz	11 Mbit/s	1	140 m
802.11g	2.4 GHz	20 MHz	54 Mbit/s	1	140 m
802.11n	2.4/5 GHz	20/40 MHz	300 Mbit/s	enintään 4	250 m

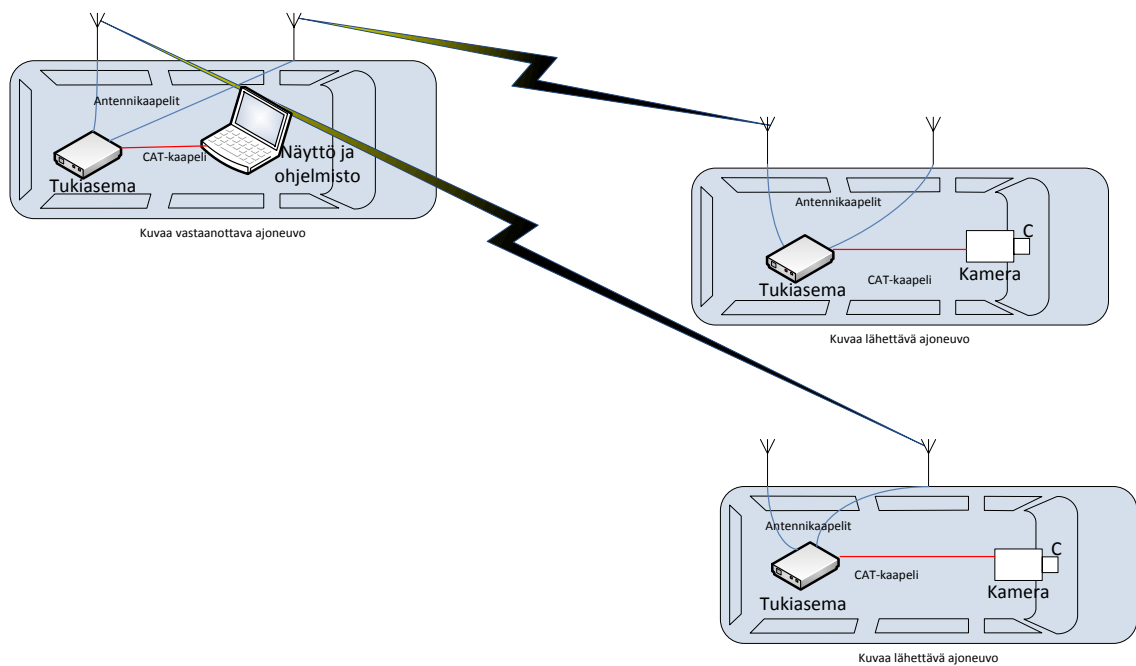
Taulukosta nähdään, että viimeisimmän sukupolven, 802.11n-standardin, ominaisuudet ovat parhaimmat, joten oletetaan sen olevan sopivin kyseessä olevan järjestelmän standardiksi. Tiedonsiirtonopeus ja verkon kantama on moninkertainen varhaisempiin versioihin verrattuna. Nykyisin se on myös yleisin standardi myytävillä laitteilla.

Langatonta lähiverkkoa käytettäessä ajoneuvot varustetaan WLAN-tukiasemilla ja ajoneuvon ulkopuolelle, yleensä katolle, sijoitettavilla antennilla [kuva 7].



Kuva 7. Tyypillinen WLAN-tukiasema ja -antenni [13;14].

Kamera liitetään CAT-kaapelilla tukiasemaan, josta kuva siirtyy langattomasti radiotietä kenttäjohdon ajoneuvon tukiasemaan ja siitä näytölle [kuva 8].



Kuva 8. Langattomilla tukiasemilla toteutettu yhteys.

Teoriassa tukiasemien kantavuus ympärisäteilevällä antennilla on noin 200–300 metriä. Langattomilla tukiasemilla toteutetun yhteyden pituuteen vaikuttavat lähettävän tukiaseman ja vastaanottavan tukiaseman antennien väliin jäävien esteiden paksuus ja materiaali [taulukko 2], lähetysteho sekä antennien suuntakuvio. Edellä mainituista

asioista johtuen tukiasemien kantavuus on käyttöympäristökohtainen, eikä sille voi ilmoittaa tarkkaa arvoa.

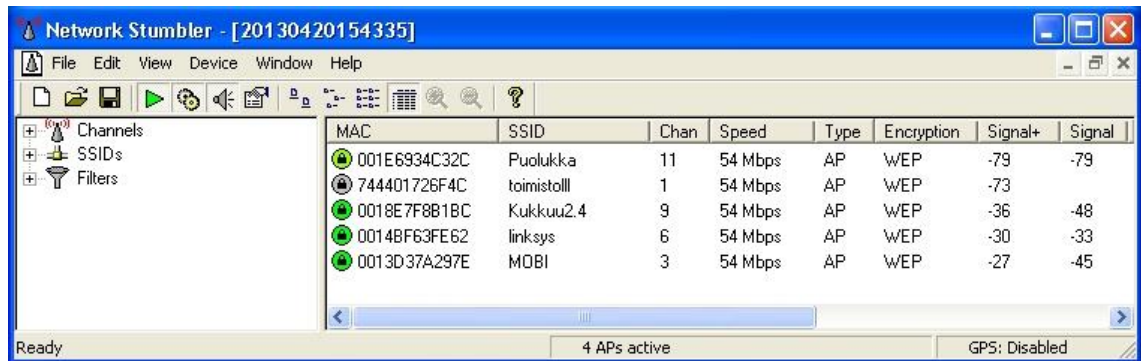
2,4 MHz:n taajuusalue on nykyisin ruuhkainen, koska sitä käyttävät esimerkiksi erilaiset kauko-ohjaimet, bluetooth-laitteet ja langattomat puhelimet. Näistä voi aiheutua häiriötä WLAN -tiedonsiirrolle. Myös mikroaaltouunit voivat häiritä tiedonsiirtoa.

5 MHz:n taajuudella ei vielä ole yhtä paljon käyttäjiä kuin 2,4 MHz:n taajuudella, mutta korkeamman taajuuden signaalin vaimeneminen erilaisten materiaalien läpi kuljettaessa on suurempi.

Taulukko 2. Materiaalien vaikutus signaalin vaimennukseen [15].

Materiaali	Vaimennus vaikutus	Mitattu vaimennus dB	Esimerkki
ilma	ei vaikutusta	0	vapaa tila
puu	pieni	4	ovet, lattiat, väliseinät
muovi	pieni		sermit
lasi	pieni	4	kirkas lasi
lasi	kohtalainen	8	tummennettu lasi
vesi	kohtalainen		akvaariot, suihkulähteet
elävä materiaali	kohtalainen		ihmiset, eläimet, kasvit
tiilet	kohtalainen	12	seinät
kipsi	kohtalainen		seinät
keramiikka	suuri		laatat
paperi	suuri		rullat
betoni	suuri	18	kantavat seinät, lattiat
turvalasi	suuri		luodinkestävät lasit
metalli	erittäin suuri	24	teräsbetoni, hissikorit

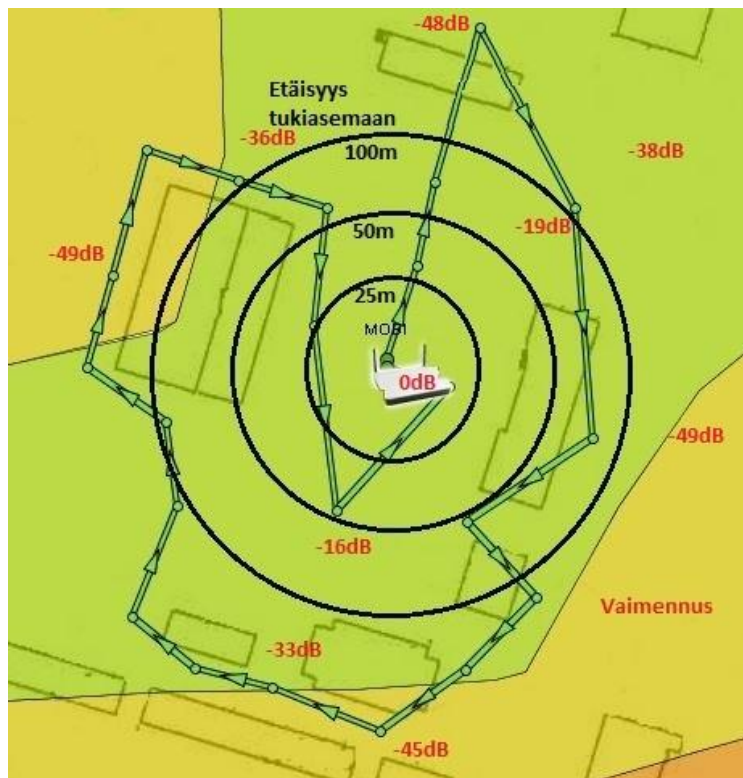
Taulukon 2 sarakkeen Mitattu vaimennus dB arvot on mitattu Network Stumbler -monitorointiohjelmalla [kuva 9]. Signaalilähteenä käytettiin kotikäyttöön tarkoitettua TeleWellin TW-EA510 v3 WLAN-tukiasemaa. Testissä käytettiin 2,4 MHz:n taajuutta.



Kuva 9. WLAN-verkkojen monitorointiohjelman käyttöliittymä.

Kuvassa 9 Signal+ -arvo on mitattu tukiaseman vieressä ja arvo Signal on mitattu vaiementavan materiaalin läpi. Esimerkkikuvan mitattavan verkon nimi on MOBI ja vaiementavana materiaalina on ollut betoniseinä.

Myös WLAN-verkon kantavuutta testattiin käytännössä. Tukiasema oli sijoitettu avoimella kentällä olevan ajoneuvon katolle. Kenttää ympäröivät kaksikerroksiset kivitalot. Kuvasta [kuva 10] nähdään rakennusten aiheuttama vaimennus radiosignaaliin. Kuvassa vihreä nuoliviiva on kävelty reitti.

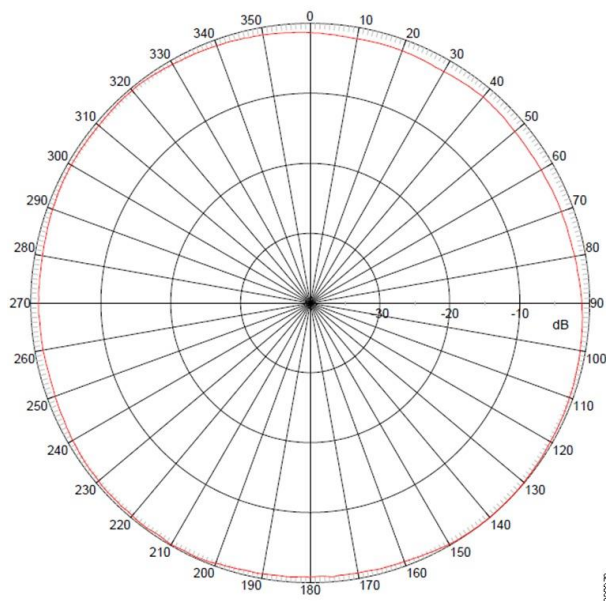


Kuva 10. WLAN-verkon kantaman mittaus.

Langattoman verkon kantaman mittaus suoritettiin Ekahaun HeatMapper-ohjelmalla. Ohjelma ei anna tulokseksi numeroarvoja, vaan se ilmaisee kentänvoimakkuuden eri väreillä. Karttapohjaan sijoitetut vaimennusarvot on mitattu aikaisemmin mainitulla Network Stumbler-monitorointiohjelmalla. Mittauksessa käytettiin samaa tukiasemaa ja taajuutta kuin aikaisemmassa materiaalien vaimennusta selvittävässä mittauksessa.

Paras yhteys saadaan, jos antennien välillä on esteetön näköyhteys. Mittauksen perusteella verkko on käyttökelpoinen avoimessa maastossa noin 150 metriä tukiasemasta. 50 metrin päässä tukiasemasta oleva matala talo vaimentaa signaalin käyttökelvottomaksi.

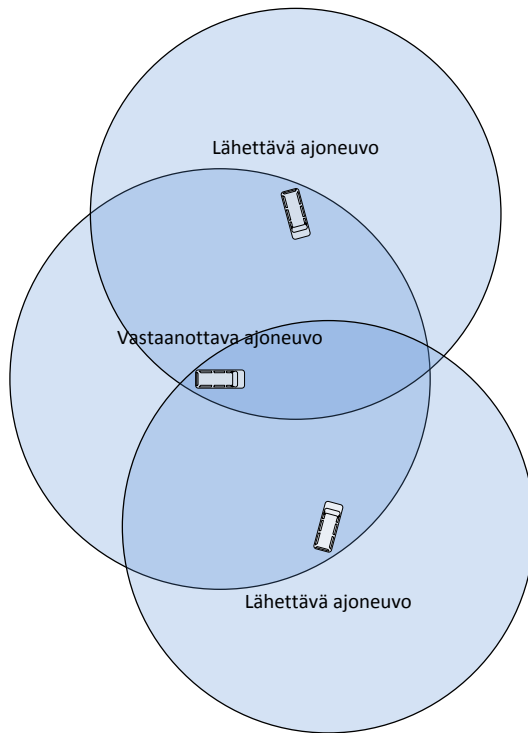
Antenneina on hyvä käyttää malleja, joiden suuntakuviot ovat ympärisäteileviä, pallomaisia [kuva 11].



Kuva 11. Ympärisäteilevän antennin suuntakuviot [16].

Käytettäessä pallomaisen suuntakuviot muodostavia antennia lähetyksen ja vastaanoton ominaisuudet ovat joka suuntaan samanlaiset, eikä lähettävän ajoneuvon asentoa suhteessa vastaanottavaan ajoneuvoon tarvitse huomioida. Suuntaavilla antenneilla saataisiin toki pidempi yhteysväli, mutta järjestelmän toimintakuntoon saattamiseksi mahdollisimman nopeasti on pyrittävä minimoimaan tarvittavat toimenpiteet.

Kaikkien kuvaa lähettävien ajoneuvojen on oltava vastaanottavan ajoneuvon radioverkon kantaman sisäpuolella [kuva 12].



Kuva 12. Radioverkkojen peittoalueet.

Langatonta yhteyttä käytettäessä on kiinnitettävä huomiota tiedon luottamuksellisuuteen, joten yhteysvälillä tieto pitää salata.

WLAN, point-to-point-yhteydellä on seuraavanlaisia etuja:

- Ei ole altis mekaanisille vaurioille; käyttää radiotietä tiedonsiirtoon. Ei sisällä helposti vaurioituvia kaapeleita tai liittimiä.
- Ei ole tarvetta kaapelikeloille.
- Nopea toimintakuntoon saattaminen; ei vaadi kaapeliyhteyksien rakentamista.
- Soveltuu jossakin määrin liikkuvan kohteen valvontaan.
- Verkkoa voi käyttää missä tahansa sen kuuluvuusalueella. Käyttö ei ole sidottu tiettyyn paikkaan.
- Voidaan käyttää maastossa, johon kaapelien veto on mahdotonta tai vaikeaa.

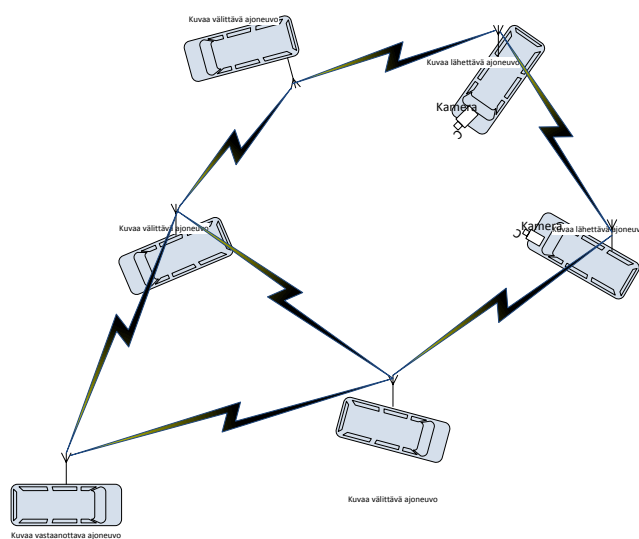
- Kustannukset ovat edullisempia kuin kaapeli-asennuksissa.

WLAN, point-to-point-yhteyden haittoja ovat seuraavat:

- Yhteysväli riippuu paljon ulkoisista tekijöistä, esimerkiksi säästä, kasvillisuudesta ja rakenteista, eikä sitä voida etukäteen tietää.
- Siirrettävä tieto on salattava.
- Kuvaa vastaanottavan ajoneuvon on oltava jokaisen lähettävän ajoneuvon radioverkon peittoalueella.
- Muut samalla taajuudella toimivat laitteet voivat aiheuttaa häiriöitä.
- Ulkoiset antennit ovat alttiita vaurioille.
- Yhteys on altis häirinnälle.
- 2,4 GHz:n taajuusalue on ruuhkainen.

3.4 Langaton Mesh-verkko

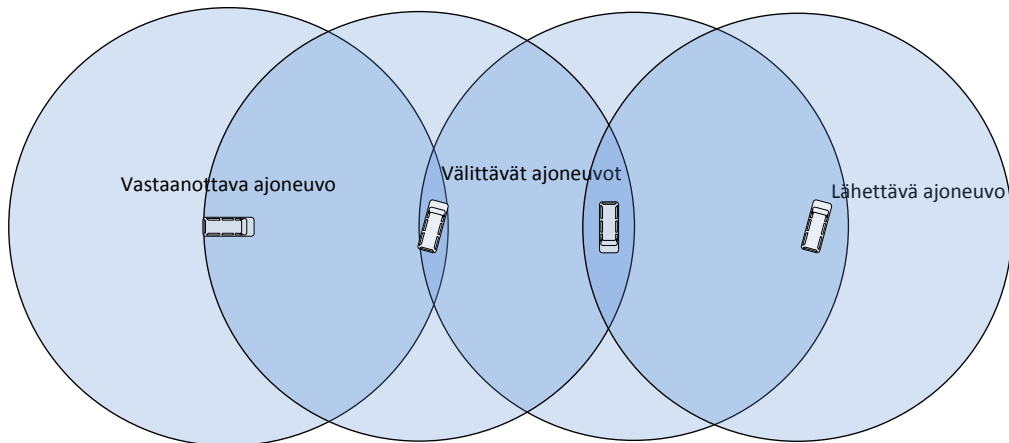
Langaton Mesh-verkko toimii kuten edellä mainittu point-to-point-verkko, käyttäen radioverkkoa siirtotienä. Mesh-verkot on määritelty IEEE:n standardissa 802.11s [12]. Kun perinteisessä langattomassa verkossa liikenne siirtyy käyttäjältä käyttäjälle, Mesh-verkossa käyttäjät reitittävät oman liikenteensä lisäksi verkon muiden käyttäjien liikennettä [kuva 13].



Kuva 13. Mesh-verkon periaate.

Kaikki verkon solut ovat samanarvoisia, jolloin ajoneuvojen kalustus on yhtenäinen tiedonsiirtolaitteiden osalta.

Mesh-verkko on vikasietoinen; jos yksi tukiasema poistuu verkosta, yhteys reitittyy muiden alueella olevien tukiasemien kautta. Videokuvaa lähettävien ja sitä vastaanottavan ajoneuvon ei tarvitse olla toistensa radioverkkojen peittoalueilla, jos niiden peittoalueet yhdistää kuvaa välittävä ajoneuvo [kuva 14].



Kuva 14. Radioverkkojen peittoalueet.

Ajoneuvoihin sijoitetut Mesh-toiminnallisuuden omaavat tukiasemat linkittyvät toisiinsa, jolloin videokuvan siirto reitittyy tukiasemien kautta. Etukäteen ohjelmoitu ja testattu järjestelmä on ajoneuvojen saapuessa toimintapaikalle välittömästi käyttövalmis.

Luvussa 3.3 mainitut, antennija ja signaalin vaimenemista koskevat langattomien verkkojen ominaisuudet pätevät myös Mesh-verkoissa, koska siirtotienä käytetään vastaanavaa radioverkkoa.

WLAN, Mesh-yhteyden etuja ovat seuraavat:

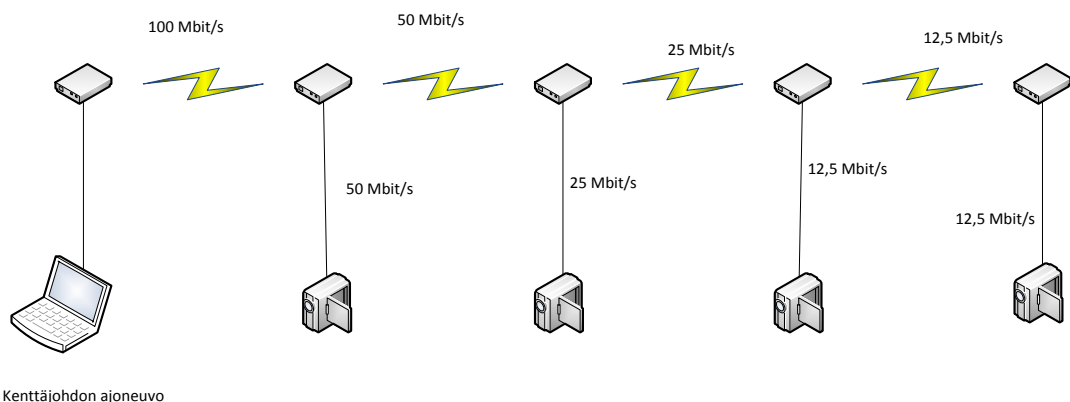
- Ei altis mekaanisille vaurioille; käyttää radiotietä tiedonsiirtoon. Ei sisällä helposti vaurioituvia kaapeleita tai liittimiä.
- Ei tarvetta kaapelikeloille.
- Nopea toimintakuntoon saattaminen; ei vaadi kaapeliyhteyksien rakentamista.
- Soveltuu jossakin määrin liikkuvan kohteen valvontaan.

- Verkkoa voidaan käyttää missä tahansa sen kuuluualueella. Käyttö ei ole sidottu tiettyyn paikkaan.
- Verkkoa voidaan käyttää maastossa, johon kaapelien veto on mahdotonta tai vaikeaa.
- Toiminta-alue on laaja.
- Kustannukset ovat edullisempia kuin kaapeliasennuksissa.

WLAN, Mesh-yhteyden haittoja ovat seuraavat:

- Siirrettävä tieto on salattava.
- Yhteysväli riippuu paljon ulkoisista tekijöistä, esimerkiksi säästä, kasvillisuudesta ja rakenteista, eikä sitä voida etukäteen tietää
- Muut samalla taajuudella toimivat laitteet voivat aiheuttaa häiriöitä.
- Ulkoiset antennit ovat alttiita vaurioille.
- Verkko on altis häirinnälle.

Mesh-verkon tukiasemien reititysominaisuuksiin kuuluu se, että joka hypyn jälkeen tiedonsiirtoon käytetty kaista puolittuu. Toisin sanoen tukiasema käyttää tiedonsiirtokais-
taa sekä siihen liitetyn kameran kuvan siirtoon että muiden tukiasemien lähettämien datan reitittämiseen [kuva 15]. Silmukoituneessa verkkotopologiassa reitittimet hakevat parasta reittiä ja yhteysvälien tiedonsiirtonopeudet muuttuvat verkon topologian muuttuessa.



Kuva 15. Tiedonsiirtokaistan puolittuminen.

802.11-standardin mukaisen tukiaseman todellinen tiedonsiirtokyky on noin 100 Mbit/s [12] ja digi-TV:n tarvitsema kaistanleveys on 2 Mbit/s [17]. Tässä tapauksessa hyppyjen maksimimäärä olisi 5. Reititävissä tukiasemissa on mahdollista määritellä suhde jolla tukiasema välittää omaa dataa suhteessa reititettävään dataan. Tällöin käytettävien hyppyjen määrä kasvaa. Käytettävä tiedonsiirtokapasiteetti kasvaa myös, jos tukiasema käyttää useampaa tukiasemaa tiedon välittämiseen.

Eri syistä johtuvien tiedonsiirtokapasiteetin pienentymisen kompensoimiseksi voidaan käyttää adaptiivista koodekkia, joka mukautuu käytettävään tietoliikenneyhteyteen tosiaikaisesti ja näin ollen vähentää välitettävän datan määrää.

Taulukko 3. Yhteenveto eri tiedonsiirtomuodoista.

hyvä
kohtalainen
huono

	CAT-6 kaapeli	Valokaapeli	WLAN p to p	WLAN MESH
häiriösietoisuus				
tiedonsiirtonopeus				
tietoturvallisuus				
mekaaninen kesto		*		
tilan tarve				
paino				
käyttökuntoon laitto				
liikkuvuus				
yhteysväli				
laajennettavuus				
tarve salaukseen	ei	ei	kyllä	kyllä
yhteyden stabiilisuus	vakaa	vakaa	muuttuva	muuttuva

* = käytettäessä kenttävalokaapelia

Taulukosta 3 selviävät eri yhteysmuotojen ominaisuuksien tärkeimmät erot.

4 Järjestelmän komponentit

Ajoneuvoon asennettavan kuvansiirtojärjestelmän komponentteja ovat kamerat, reititin ja tukiasema. Seuraavissa luvuissa käydään läpi esimerkin vuoksi eräitä markkinoilla olevia tuotteita ja niiden ominaisuuksia. Esimerkkituotteissa on otettu huomioon niiden soveltuvuus ulko- ja ajoneuvoasennukseen.

4.1 Kamera

Viranomaisajoneuvoon asennettavan kameran ominaisuuksiin on syytä kiinnittää huomiota. Ajoneuvoissa on tällä hetkellä yleisesti käytössä videokamerat, jotka tallentavat digitaaliseen formaattiin, nauhalle, levyille tai massamuistille. Näissä kameroissa ei ole liitännämahdollisuutta lähiverkkoon. Käytettäessä kameroita, joissa on liitäntä lähiverkkoon, vältetään laitteiden määrän kasvulta. Tiedonsiirtoliitännän ollessa fyysinen kaapeliliitäntä pienennetään langattoman lähiverkon kuormitusta.

Kun asennetaan kameraa ajoneuvon ohjaamoon, sen sijaintiin on kiinnitettävä huomiota. Asennuksessa on huomioitava mahdolliset heijastumat tuulilasista. Mahdollisimman korkea asennuspaikka takaa parhaan kuvakulman esteiden yli; toisaalta se ei saa peittää kuljettajan näkyvyyttä. Kameran sijoituspaikka on oltava tuulilasin pesulaitteiston toiminta-alueella. Jos kameran asennus tapahtuu ajoneuvon ulkopuolelle, on sille rakennettava oma pesujärjestelmä näkyvyyden turvaamiseksi.

Ulkoasennuksessa kameran on oltava ulkoasennukseen tarkoitettu. Ajoneuvon ulkopuolisessa asennuksessa voi olla tarpeen varustaa kamera kauko-ohjattavalla jalustalla. Muussa tapauksessa kuvakulman säätö tapahtuu ajoneuvoa siirtämällä. Ohjaamoon asennettua kameraa voi kääntää käsin.

Kuvattavan kohteen valaisu tapahtuu normaalitilanteessa luonnonvalolla tai ajoneuvon ajovaloilla. Jos halutaan työskennellä pimeään aikaan, eikä kohdetta haluta valaista näkyvällä valolla, voidaan ajoneuvo varustaa infrapunavalaisimella. Tässä tapauksessa on kamerassa oltava tähän käyttöön sopivat asetusmahdollisuudet.

Asennettaessa kamera ajoneuvon ulkopuolelle voidaan käyttää kameratyyppiä, jossa pelkästään linssiyksiköt asennetaan ajoneuvon ulkopintaan ja järjestelmän muut osat ajoneuvon sisälle. [kuva 16].



Kuva 16. Etäasennettava linssi ja kamerayksikkö [18].

Linssiyksiköitä valmistetaan päivä- ja yökäyttöön erilaisilla optiikoilla. Markkinoilla on myös kameroita, jotka voidaan jättää ajoneuvon ulkopuolelle suorittamaan itsenäisesti valvontaa [kuva 17].



Kuva 17. Erilaisia kaukokäytettäviä kamerayksiköitä [19].

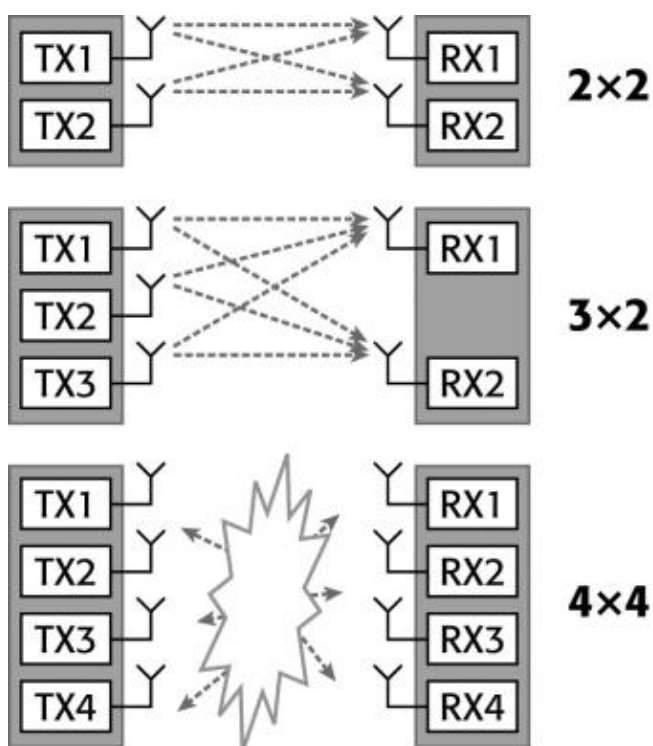
Nämä kaukokäytettävät kamerayksiköt toimivat langattomasti. Niiden kotelointi on ulkokäyttöön suunniteltu, ja ne sisältävät akut. Ne ovat varustettuja kameralla, mikrofonilla ja langattomilla tiedonsiirtotekniikoilla, kuten esimerkiksi WLAN:lla.

4.2 Tukiasema

Ajoneuvoon asennettavan tukiaseman on oltava käyttölämpötila ja -jännite vaatimuksiltaan ajoneuvoasennuksen sopiva. Antennit on oltava asennettavissa ajoneuvon ulkopuolelle parhaimman mahdollisen kantavuuden saavuttamiseksi.

Tukiaseman prosessorin suorituskyvyn pitää olla hyvä, jotta kuvansiirron ja reitityksen kuormitus ei hidasta sen toimintaa.

Tukiasemassa on oltava MIMO (Multiple Input Multiple Output) –ominaisuus, jolloin se voi liikennöidä useammalla kuin yhdellä antennilla. Tällöin siirrettävä tieto lähetetään ja vastaanotetaan useamman antennin kautta [kuva 18].



Kuva 18. MIMO -tekniikan periaatekuva [20].

Lähetettävä tieto jaetaan lähtöpäässä käytössä olevien kanavien kesken, ja se kootaan vastaanottopäässä jälleen yhteen, tällöin eri lähetin- ja vastaanotinantennien välille muodostuu tilatasoissa toisistaan riippumattomia kanavia. Tällä saavutetaan laajempi toiminta-alue ja parempi tiedonsiirtokyky [21].

MIMO:n haittapuolena voidaan mainita suuri signaalinkäsittelyteho, joka lisää laitteiston sähkönkulutusta. Ajoneuvon sähkönkulutuksen minimoimiseksi langattoman verkon tukiasemat on voitava kytkeä virrattomaksi silloin kun niitä ei tarvita.

4.3 Reititin

Suomalainen Ajeco Oy on yksi MOBI -projektin yrityspartnereista. Demoajoneuvoon on tällä hetkellä asennettu Ajeco Oy:n 2ComT -monikanavareititin [kuva 19].

Monikanavareititys tarkoittaa sitä, että data lähetetään useamman kuin yhden tiedon-siirtorajapinnan kautta. Rajapinnan ei tarvitse olla IP-rajapinta, vaan rajapintana voi olla esimerkiksi TETRA, 3G, GPRS tai VHF-radio. Eri verkkojen välittämä tieto kootaan vastapäässä jälleen yhdeksi tiedoksi.



Kuva 19. 2ComT-monikanavareititin [22].

2ComT:n suunnittelussa on otettu huomioon ajoneuvoasennuksessa vallitsevat erityisolosuhteet, kuten lämpötila ja värinä.

Ajeco Oy:n seuraavan sukupolven monikanavareititin on malliltaan 4Com. Se kykenee käyttämään siirtotienään myös 4G/LTE -verkkoja [kuva 20].



Kuva 20. 4Com-monikanavareititin [23].

4Com-monikanavareitittimeen on mahdollista kytkeä eri liitännöillä olevia kameroita. Reititin tukee USB-, lähiverkko- ja analogisella-liitännöillä olevia kameroita [24].

Siirtoteinä 4Com voi käyttää TETRA:a, 3- ja 4G:tä, WIMAX:ia, 10/100/1000 Mbps ethernet -liitäntää, sarjaporttia, ulkoista satelliittimodeemia, WLAN:ia tai ulkoista VHF-radiota [Liite 1].

4Com-reitittimessä ei tällä hetkellä ole Mesh-toiminnallisuutta, mutta se on tarvittaessa siihen ohjelmoitavissa [24].

Reitittimeen liitetyn kameran tuottama kuva voidaan stabiloida eli vakauttaa reitittimen kuvankäsittelykortilla, jolloin voidaan kuvata esimerkiksi liikkuvasta ajoneuvosta. Kuvan vakautus voidaan suorittaa myös kamerassa, mutta edellä mainitun reitittimen ominaisuuden vuoksi tätä ei tarvitse tehdä.

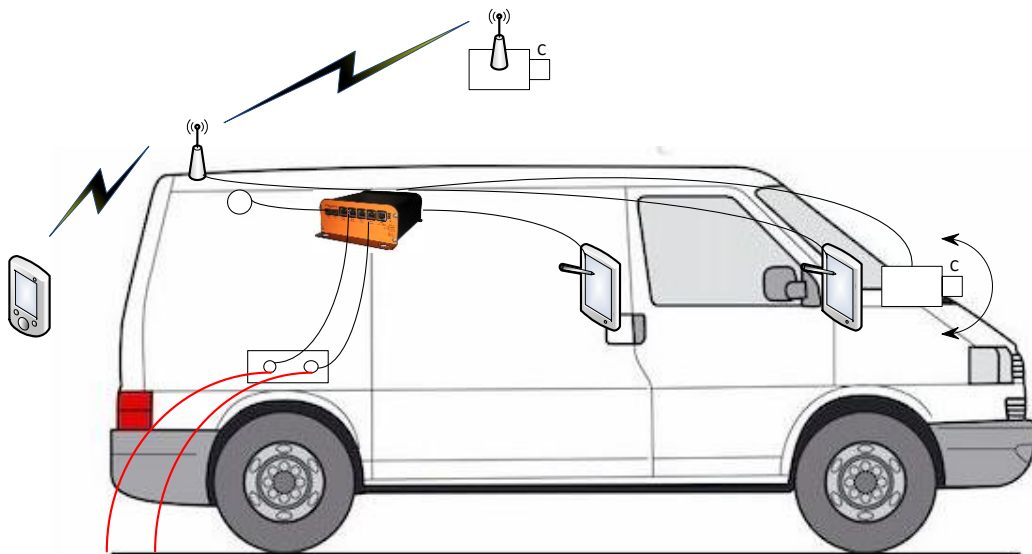
Reitittimen kuvankäsittelyominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi kuvien pakkaaminen, jolloin kuvien tarvitsema tiedonsiirtokaista pienenee. Myös Frame Drop (kehysten pudotus) on mahdollista esimerkiksi hitaita yhteyksiä käytettäessä. Videokuva muodostuu yksittäisistä peräkkäisistä kuvista; jos esimerkiksi joka kolmas kuva ”pudotetaan” pois eikä lähetetä, on lähetettävä data pienentynyt ja se on mahdollista lähettää hitaamalla yhteydellä kuin alkuperäinen videokuva.

5 Päätelmiä

Insinööriyössä selvitettiin eri tiedonsiirtotekniikoiden soveltuvuutta liikkuvan kuvan siirtoon kenttäolosuhteissa. Lisäksi siinä käsiteltiin muutamia järjestelmään tarvittavien laitteiden ominaisuuksia.

Insinööriyöhön käytettyyn materiaaliin tutustuneena ja siihen perehtyneenä, suoritettujen kenttätestien sekä alalla työskentelevien henkilöiden kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta päädyttiin seuraavaan lopputulokseen.

Viranomaisajoneuvon kuvansiirto voidaan toteuttaa kotimaisella Ajeco Oy:n valmistamalla 4Com-monikanavareitittimellä. Ajoneuvon ohjaamotilaan tai sen ulkopuolelle asennetaan videokamera, jonka kuvaama kuva näkyy sekä ajoneuvon ohjaamossa, että mahdollisessa toimistotilassa olevassa kosketusnäytöllisessä tietokoneessa [kuva 21].



Kuva 21. Viranomaisajoneuvon kuvansiirto malli.

Kameraa voi kauko-ohjata ajoneuvon tietokoneilta. Kauko-ohjattavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi tarkennus, zoomaus ja kameran kääntö. Kamera on varustettu sekä päiväkäyttöön että pimeässä tapahtuvaan kuvaukseen tarkoitetulla optiikalla. Pimeässä kuvattaessa kohde valaistetaan ajoneuvon keulaan asennetulla infrapunavalaisimella.

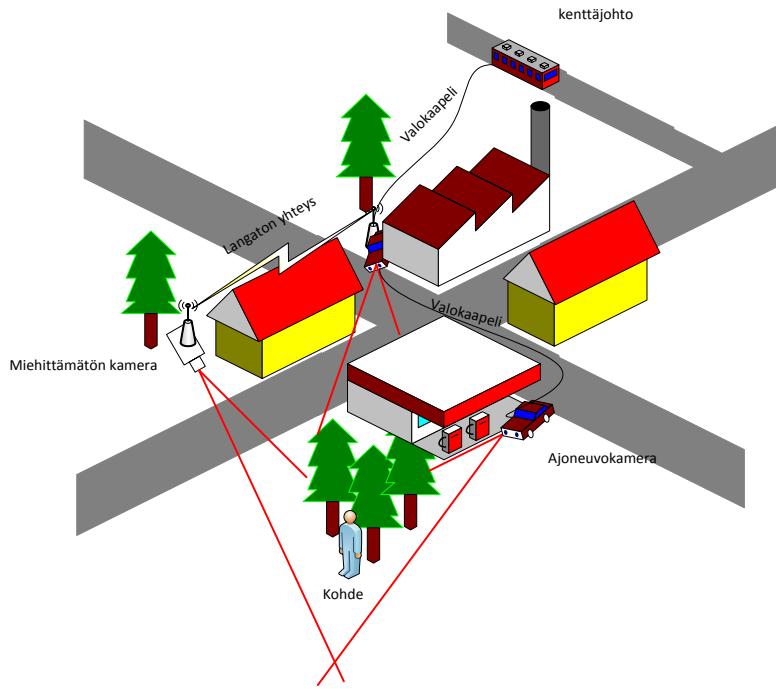
Asiakastilan valvonta suoritetaan asiakastilan sisäkattoon asennettavalla, luvussa 4.1 kuvassa 16 esitellyllä pienellä kameralla, jonka kuvaa voidaan seurata ajoneuvon tietokoneilta. Lisäksi videokuva puskuroidaan reitittimessä olevaan muistikorttiin, josta sitä voidaan tarvittaessa myöhemmin katsoa. Ajoneuvon kameroiden liityntäraja-alueena voidaan käyttää lähiverkkoa tai USB:tä.

Monikanavareitittimen WLAN-ominaisuutta hyödynnetään ajoneuvon lähietäisyydellä tapahtuvaan langattomaan tiedonsiirtoon. Kuten luvun 3.3, kuvasta 10 voidaan huomata, ajoneuvon lähiympäristössä signaalin vaimentuma ei ole merkittävä.

Langatonta tiedonsiirtoa hyödynnetään langattomien kameroiden, kuten luvussa 4.1 kuvassa 17, kuvansiirtoon ja kannettavien PDA (Personal data assistant)-laitteiden yhteyksiin. Tässä tapauksessa ajoneuvon ei tarvitse olla kuvattavan kohteen näköpiirissä. PDA-laitteina käytetään esimerkiksi liikenteenvalvonnassa tarvittavia laitteita.

Langatonta lähiverkkoa ei käytetä kuvanvälittämiseen ajoneuvojen välillä, koska sen kantama on riippuvainen monesta tekijästä, joihin ei voida vaikuttaa, esimerkiksi sää, rakennukset ja maasto-olosuhteet. Myös langattoman lähiverkon taajuusalueella toimivat useat laitteet häiritsevät yhteyksiä. Myös tahallinen häirintä on mahdollista.

Piiritystilanteessa tarvittava kuvansiirto kenttäjohdon ajoneuvoon suoritetaan valokaa-peleita käyttämällä [kuva 22].



Kuva 22. Kuvitteellinen piiritystilanne.

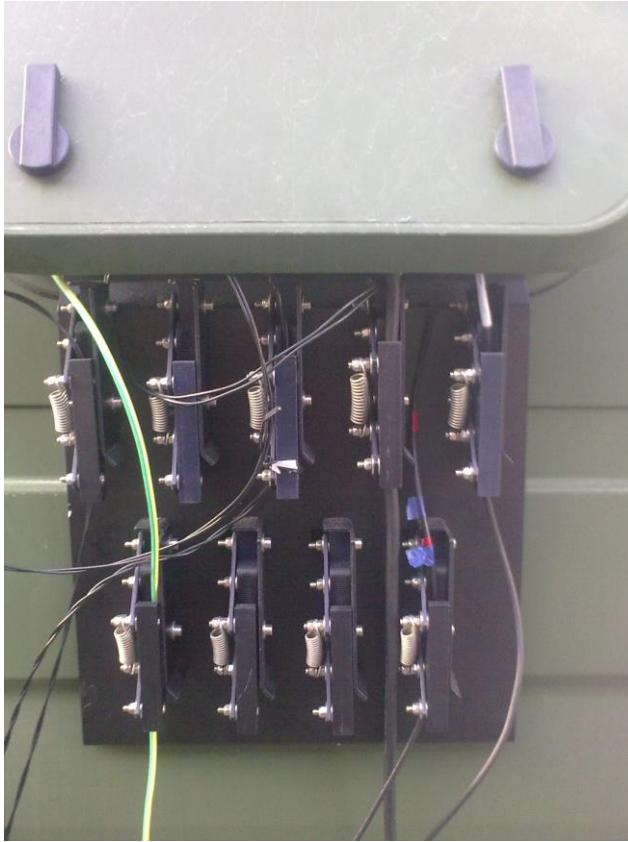
Valokaapelit kytketään ajoneuvoihin kylkiin asennettuihin kytkentäpaneeliin, joissa on tarvittavat liitännät valmiina [kuva 23].



Kuva 23. Puolustusvoimien ajoneuvon kytkentäpaneeli.

Valokaapeliliitäntä ajoneuvon kytkentäpaneelissa on varustettu mediamuuntimella, joka muuttaa ajoneuvoon tulevan optisen signaalin sähköiseksi. Sähköinen eli fyysinen liitäntä on kytkettävissä ajoneuvon reitittimeen.

Kaapeleiden liittimien suojaamiseksi ajoneuvot varustaan vedonpoistopaneeleilla [kuva 24].



Kuva 24. Vedonpoistopaneeli.

Vedonpoistopaneeli suojaa herkkiä liittimiä mekaanisilta vaurioilta, jos jokin aiheuttaa kaapelin vetämisen ajoneuvosta poispäin.

Kenttäkäyttöön tarkoitetut valokaapelit ovat valmiina keloilla, joista ne ovat asennettavissa suoraan maahan [kuva 25]. Kaapeleiden suojaukseen on kiinnitetty erityisesti huomiota, joten ne kestävät huonompiakin asennusolosuhteita.



Kuva 25. Valokaapelikeloja.

Kuten johdannossakin mainittiin, teknisten laitteiden määrä hälytysajoneuvoissa on kasvanut huomattavasti ja ottaen huomioon, että tavarankuljetuskapasiteetit ovat rajalliset, ei ajoneuvoihin voida sijoittaa kuin kaksi 500 metrin kaapelikelaa.

Kaapelien varastointi ajoneuvoissa vaatii tilaa ja niiden asentaminen kuluttaa toimipaikalla aikaa. Niiden säästämiseksi kannattaisi tulevaisuudessa tutkia pitkänmatkan langattomien tiedonsiirtotapojen, kuten esimerkiksi WIMAX, soveltuvuutta videokuvan siirtoon.

Tutkielmaa tehtäessä havaittiin useiden viranomaisten työskennelleen samanlaisten kehitysprojektien kanssa, tällaisia ovat esimerkiksi Puolustusvoimien M18 [25] ja Pelastustoimen PELTI [26]. Kartoittamalla nämä viranomaiset ja niiden tavoitteet saavutetaisiin synergiaetua. Esimerkiksi Puolustusvoimilla on vuosien kokemus tiedonsiirrosta kenttäolosuhteissa ja sitä kehitetään jatkuvasti [kuva 26].

Lähteet

- 1 Turvallisuusprojektit. 2011. Verkkodokumentti. Tekes.
<<http://www.tekes.fi/ohjelmat/Turvallisuus/Projektit?id=10199203>>. Luettu 24.1.2013.
- 2 Hälytysajoneuvon vaatimusmäärittely.2011. MOBI. Moniste. Versio 1.60.
- 3 ANSI/TIA/EIA 568-B.1. Rakennusten tietoliikennekaapelointi standardi. 2012. Yleiset vaatimukset. Washington: American National Standards Institute.
- 4 Cisco 8 port switch. 2013. Verkkodokumentti. Rakuten.
<<http://images.rakuten.com/PI/0/1000/217450358.jpg>>. Luettu 5.3.2013.
- 5 Single Line Power-over-Ethernet Extender. 2012. Verkkodokumentti. PoE Technologies. <<http://www.poetechnologies.com/sle-poe-plus.html>>. Luettu 5.3.2013.
- 6 Outdoor Poe IP Camera. 2013. Verkkodokumentti. Made in China.
<<http://www.made-in-china.com/showroom/clairvoyant/offer-detailNexnPvIcXHVh/Sell-Outdoor-Poe-IP-Camera-Poe-IP-Camera.html>>. Luettu 5.3.2013.
- 7 Prime-tallennin. 2013. Verkkodokumentti. KT-Center.
<http://www.ktcenterkauppa.fi/product_catalog.php?c=41&page=2>. Luettu 5.3.2013.
- 8 IP67 802.3af POE Ethernet Extender. 2013. Verkkodokumentti. Wlanmall.
<<http://www.wlanmall.com/ip67-802-3af-poe-ethernet-extender-up-to-1640-feet.html>>. Luettu 5.3.2013.
- 9 PoE LAN Repeater. 2013. Verkkodokumentti. AMG.
<<http://www.amgsystems.com/uploads/pdfs/datasheets/AMG1000series%20PoE%20LAN%20repeater.pdf>>. Luettu 16.3.2013.
- 10 GBIC-5484/5486/5487. 2013. Verkkodokumentti. DIYTrade.
<http://www.diytrade.com/china/pd/2568144/GBIC_5484_5486_5487.html>. Luettu 5.3.2013.
- 11 PRO BEAM® Series. 2012. Verkkodokumentti. Radial.
<http://www.radiall.com.cn/catalog/FO_D1F000XEe_PROBEAM.pdf>. Luettu 19.3.2013.
- 12 The Working Group for WLAN Standards. 2013. Verkkodokumentti. IEEE 802.11.
<<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>>. Luettu 22.2.2013.

- 13 Laajakaistaa liikkuviin ajoneuvoihin. 2005. Verkkodokumentti. Digitoday. <<http://www.digitoday.fi/mobiili/2005/05/23/laajakaistaa-liikkuviin-ajoneuvoihin/200511756/66>>. Luettu 5.3.2013.
- 14 ZxXEL ANT3108. 2012. Verkkodokumentti. Mobiilituotteet. <https://www.mobiilituotteet.fi/zyxel_ant_3108_5_ghz_ymp_st_8_dbi>. Luettu 5.3.2013.
- 15 Propagation of Radio Waves. 2012. Verkkodokumentti. Kioskea. <<http://en.kioskea.net/contents/wireless/wlpropa.php3>>. Luettu 5.3.2013.
- 16 Cisco Aironet Dual-Band Omnidirectional Antenna. 2011. Verkkodokumentti. Cisco. <<http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/antenna/installation/guide/ant2547vn.html>>. Luettu 2.3.2013.
- 17 Laajakaistaselvitys. 2008. Loppuraportti v1.0. Palveluiden asettamat vaatimukset laajakaistanopeuksille. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö.
- 18 FlexMount S14. 2013. Verkkodokumentti. Mobotix. <<http://www.mobotix.com/other/Products/Cameras/FlexMount-S14?tab=136529#tab>>. Luettu 21.3.2013.
- 19 Torch Camera. 2013. Verkkodokumentti. SeSys. <<http://sesys-usa.com/torch.html>>. Luettu 21.3.2013.
- 20 MIMO radio. 2013. Verkkodokumentti. Electronics Weekly Magazine. <<http://www.electronicweeky.com/articles/31/03/2008/43424/a-rough-guide-to-mimo.htm>>. Luettu 24.3.2013.
- 21 What is MIMO? 2013. Verkkodokumentti. WiFi Alliance. <<http://www.wifi.org/knowledge-center/faq/what-mimo>>. Luettu 24.3.2013.
- 22 2ComTetra. 2013. Verkkodokumentti. Ajeco Oy. <<http://www.ajeco.fi/pdf/2ComTetra.pdf>>. Luettu 31.3.2013.
- 23 Ajeco Oy. 2013. PDF –dokumentti. 4ComT.
- 24 Holmström, John. 2013. Toimitusjohtaja. Ajeco Oy. Helsinki. Haastattelu 3.4.2013.
- 25 Virtanen, Jukka-Pekka. 2012. Matkalla uusiin joukkotuotantotehtäviin. Karjalan Prikaatin KILPI. 1/2012. s. 22-25.
- 26 Rantama, Markku. 2011. Pelastustoimen langattoman tiedonsiirron tarpeet ja toteutusmahdollisuudet tulevaisuudessa. Loppuraportti. Pelastusopisto.

- 27 Karsikas, Jarkko. 2007. Maavoimien verkostokeskeisten tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuuri ja sen toteuttaminen. Tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu.

The next generation of mobile multichannel routers

RELIABLE, SECURE AND REDUNDANT MULTICHANNEL COMMUNICATIONS ROUTER WITH TRANSPARENT FUNCTIONALITY

The 4ComT multichannel router represents a state-of-the-art solution for secure and reliable multichannel communication in mobile and fixed applications.

The 4ComT device utilizes efficiently all existing telecom networks such as TETRA, 3G/GPRS, 4G/LTE, CDMA-450, Satellite, WLAN and DSL, to provide an uninterrupted communication channel between remote- and control room systems. All the parallel telecom channels appear as a single transparent, encrypted and robust data pipe between network peers.

The advanced DSP Distributed Systems Intercommunication Protocol™ traffic engineering and routing protocol ensures reliable and secure communication links between network peers with no need to modify external software or devices needing reliable communication.

The 4ComT device supports simultaneous communication over several operators networks in parallel, in such a way that the communicating devices believe they communicate over a single ultra-robust connection.



SPECIFICATIONS

- Intel Atom™ running at 1.3 GHz
- Integrated TETRA-modem
- Integrated 4G (LTE) modem
- 3G modem (HSPA, 3G & GPRS)
- CDMA-450 MHz option
- 2 pcs of GPS receivers (GPS and GLONASS)
- Dual power supply feed 10.5..35VDC
- Internal UPS for 20s powerless operation
- Four 10/100 BASE-T Ethernet
- One 1Gb Ethernet
- Dual USB 2.0 ports
- Tripple serial ports, 2 pcs RS232 1pps RS422/485
- External Satellite modem connectivity
- Internal WLAN 802.11 a/b/g n/ieee802.11
- Audio interface
- VHF radio interface
- Ambient temperature range -40C to +70C
- Operating humidity 5..95% non-condensing
- Firmware and software in Flash-memory
- Size 210L x 165W x 60H
- Weight 1350 grams



SECURITY
RELIABILITY
EFFICIENCY
DSP

4ComT

Multichannel Router

4Com:n esite