

Timo Koskinen

Valokuituverkkojen dokumentoinnin kehittäminen

Valokuidun ominaisuudet, GPS, Kaapelihakulaite

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

Päivämäärä 27.2.2014

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Timo Koskinen Valokuituverkkojen dokumentoinnin kehittäminen 66 sivua + 6 liitettä 27.2.2014
Tutkinto	tietotekniikka
Koulutusohjelma	insinööri (AMK)
Suuntautumisvaihtoehto	tietoliikennetekniikka
Ohjaaja(t)	Kapteeni Aki Kaartinen yliopettaja Janne Salonen
<p>Opinnäytetyön alussa on tutkittu valokuitutekniikan perusteita sekä erityyppisiä valokuitukaapeleita. Tekniikan selvityksessä on huomioitu sekä yksittäisten valokuituyhteyksien käyttäminen että suuremman kapasiteetin omaavien WDM-tekniikan vaatimukset.</p> <p>Ohjelmistoosuudessa on pyritty selvittämään käytössä olevien ohjelmistojen ominaisuuksia. Laitte-osuudessa pyritään keskittymään käytössä olevan tekniikan ja kyseisen järjestelmän vaatimusten kannalta olennaisiin ominaisuuksiin.</p> <p>Tarkoitus on myös tutkia tulevaisuuden näkymiä, joita käyttämällä käytössä olevia resursseja hyödynnettäisiin tehokkaammin. Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda osaltaan pohjaa suunnitteluun vaikuttavien tekijöiden ymmärtämiselle, huomioon ottamiselle, laadunvalvonnan, dokumentoinnin kehittämiseksi ja ohjeistamiselle sekä kestäväen kehityksen periaatteelle.</p> <p>Tietoa olen kerännyt valmistajien julkaisemista kirjallisuudesta, sähköisistä materiaaleista sekä valmistajien myyntiesitteistä. Suurena apuna ovat olleet myös työyhteisöni kollegat, joilta olen saanut yliopistoissa käytettyä tutkimusmateriaalia ja tutkimustuloksia.</p> <p>Tämä opinnäytetyö on tehty Puolustusvoimien Johtamisjärjestelmäkeskukselle. Työ on tehty julkisella tasolla eikä sisällä luottamuksellista tietoa.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä keskitytään pelkästään maahan sijoitettaviin valokuituverkkoihin. Opinnäytetyössä on kehitetty jo olemassa olevien ohjelmistojen ja laitteiden käyttöä.</p>	
Avainsanat	Valokuidun ominaisuudet, GPS, Kaapelihakulaite

Author(s) Title Number of Pages Date	Timo Koskinen Documentation of the data network of the Finnish Defenses forces 66 pages + 6 appendices 27 February 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Telecommunications Technology
Instructor(s)	Aki Kaartinen, Captain Janne Salonen, Principal Lecturer
<p>The purpose of this study was to examine the principles of fiber optical technologies and features of different types of optical cables, and related software and hardware specifications that are essential for the system.</p> <p>The scope of the study is concentrated only on ground laid optical fiber networks. This study was conducted for the Finnish Defense Forces C4 Agency and it does not include any confidential information.</p> <p>Another objective is to examine the use of dedicated optical fibers and the use of a more efficient WDM technology and also to examine future technologies that enable even more efficient use of current resources.</p> <p>The study is based on different manufacturer's literature and electronic study materials. My colleagues have also contributed to this project.</p> <p>The study was also to be used as a base for understanding the principles affecting network design, including quality control, documenting, and sustainability.</p> <p>The study has developed the utilization of available software and hardware and will also be used as a reference when documenting new networks in the future.</p> <p>Based on the results the C4 agency would benefit greatly from enhancing the utilization of the existing documentation software.</p>	
Keywords	Optical fibers, GPS, Cable locator

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Optisen tiedonsiirron perusteita	3
2.1	Optinen kuitu siirtotienä	3
2.2	Optisen kuidun toiminnan perusteet	4
3	Optisen kuidun lineaariset ominaisuudet	6
3.1	Optisen kuidun vaimennus	6
3.1.1	Kuidun mikrotaipumavaimennus	9
3.1.2	Kuidun makrotaipumavaimennus	10
3.1.3	Pakkasvaimennus	11
3.2	Muotokentän halkaisija	13
3.3	Raja-aallonpituus	14
4	Tehollinen pinta-ala	15
4.1	Yksimuotokuidun dispersio	15
4.2	Kromaattinen dispersio	16
4.3	Kromaattisen dispersion kompensointi	16
5	Kuidun epälineaariset ilmiöt	17
5.1	Yleistä epälineaarisista ilmiöistä	17
5.2	Stimuloidut sironnat	17
5.2.1	Raman-sironta	17
5.2.2	Brillouin-sironta	18
5.3	Taitekertoimen epälineaarisuus	18
5.4	Modulaatiot	19
5.5	OTDR-mittauksen perusteita	19
5.6	Kaapelit	21
5.6.1	SM-kuitutyypien luokittelu ja niiden ominaisuudet	21
5.6.2	Yksimuotokuitu ITU-T G.652.B	23
5.6.3	Yksimuotokuitu ITU-T G.652.D	24
5.6.4	Yksimuotokuitu ITU-T G.652.B Low macrobending sensitive fibre	24

6	Paikkatietoarkkitehtuuri ESRI	25
6.1	SOA-arkkitehtuurimalli	25
6.2	Thin client (selainsovellukset) ArcGIS Server Web-rajapinnat	27
6.3	Muut käyttöliittymäteknologiat	27
6.4	Rich client (työpöytäsovellukset)	29
6.5	ArcGIS Desktop	30
6.6	ArcGIS Explorer	31
6.7	ArcGIS Engine	31
6.8	ArcGIS Server Mobile ADF (sovelluskehityskirjasto)	32
6.9	Perinteisen ohjelmistokehityksen arkkitehtuurimalli	33
6.10	Teknisen ratkaisun kuvaus	33
6.11	Thin client (selainsovellukset)	33
6.12	Rich client (työpöytäsovellukset)	33
6.13	ArcGIS Engine	34
6.14	ArcGIS Desktop	34
6.15	ARCGIS-toteutusteknologian valinta	35
6.16	ARCGIS FOR DEFENCE -maanpuolustus sovellukset	39
6.17	Yhteenveto	40
7	Toimintaohje johtojen ja kaapeleiden sijoittamiseksi maantien tiealueelle	41
7.1	Oikeudellinen perusta	41
7.2	Kaapelireitinsuunnittelu- ja toteuttamisprosessi	43
7.3	Suunnitelman sisältö	44
7.4	Sopimus	45
7.5	Sijainnin merkitseminen maastoon	46
7.6	Huomioitavaa kaapelin sijoittamisesta	47
8	GPS	48
9	Kaapelinhakulaitteet	51
9.1	Kaapelimerkinnot	53
9.2	ID-antennit	55
9.3	Kaapeliputkilinjat	58
10	Tulevaisuuden näkymiä ja yhteenveto	60
	Lähteet	63
	Liitteet	67

1 Johdanto

Puolustusvoimissa on ollut käytössä valokaapelijärjestelmiä ja niihin asennettuja järjestelmiä 1980-luvun puolivälistä alkaen. Ensimmäiset valokaapeleihin asennetut järjestelmät olivat PDH-järjestelmiä (Plesiochrosnous Digital Hierarchy). Siirtonopeuksien kasvamisesta johtuen on siirrytty käyttämään SDH-tekniikkaan (Synchronous Digital Hierarchy) perustuvia järjestelmiä. Järjestelmien siirtokapasiteetin kasvattamiselle on jatkuvaa tarvetta. Siirtojärjestelmissä on jouduttu ottamaan käyttöön uusia tekniikoita siirtonopeuksien ja etäisyyksien kasvattamiseksi nykyisessä valokaapeliverkossa.

Uusien IP (Internet Protocol) -runkoverkkolaitteiden sekä WDM-tekniikan (Wavelength Division Multiplexing) käyttöönotto on mahdollistanut siirtonopeuksien kasvattamisen ilman valokaapelirakentamisen lisäystä. WDM-tekniikalla pystytään hyödyntämään jo rakennettua valokaapeliverkkoa tehokkaammin. Kehittyvien järjestelmien johdosta on valokaapelijärjestelmien käyttöönotossa otettava huomioon valokuidun toimintaan vaikuttavia tekijöitä, joita aikaisemmalla tekniikalla ei ole tarvetta huomioida. WDM-tekniikan käyttöönotto asettaa valokuiduille huomattavasti tiukempia laatuvaatimuksia.

Tietoliikennealan kehitys on ollut erittäin nopeaa ja tuonut haasteita alalla toimiville yhtiöille sekä organisaatioille. Valokuituverkkojen rakentaminen on ollut voimakasta. Soveltuville valokaapeli reiteille on sijoitettu entistä enemmän uusia valokaapeleita. Ongelmia uusien valokaapeleiden sijoittamiselle on aiheuttanut vanhojen valokaapeleiden sijoituksen dokumentaation puutteellisuus. Teiden rakenteiden korjaaminen sekä uusien liittymien rakentaminen on ollut valokuituverkkojen kannalta ongelmallista. Olemassa olevat koordinaatit sijoituksesta ovat epätarkkoja sekä valokaapelin syvyys- ja merkintätiedot puuttuvat dokumentoinnista tai ovat epätarkkoja.

Tiukentuneet laatuvaatimukset sekä muut yhteiskunnan uudet määräykset luovat tarpeen valokaapeliverkon huolelliselle suunnittelulle ja tarkalle dokumentoinnille. Hyvin suunnitellut ja tarkasti dokumentoidut valokuituverkot voidaan tulevaisuudessa ottaa kustannustehokkaasti käyttöön.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään pelkästään maahan sijoitettaviin valokuituverkkoihin. Opinnäytetyössä käytetään jo hankittuja ohjelmistoja sekä käytössä olevia laitteita kehittämällä niiden käyttöä. Tarkoituksena on myös tutkia tulevaisuuden näkymiä, joita käyttämällä käytössä olevia resursseja hyödynnettäisiin tehokkaammin.

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda osaltaan pohjaa suunnitteluun vaikuttavien tekijöiden ymmärtämiselle. Työssä otetaan huomioon laadunvalvonta, dokumentoinnin kehittäminen ja ohjeistaminen sekä kestävä kehityksen periaate.

2 Optisen tiedonsiirron perusteita

2.1 Optinen kuitu siirtotienä

Optisen kuidun käyttö tiedonsiirrolle perustuu monokromaattisen valon lähettämiseen siirtotienä toimivaan optiseen kuituun laser- tai led-lähtetimellä ja sen vastaanottamiseen valosignaalin tunnistavalla vastaanottimella. Valokaapelijärjestelmissä siirtotienä toimiva optinen kuitu on integroitu valokaapelin rakenteeseen. Lähettimen sähköinen tai optinen signaali muutetaan optiselle siirtotielle sopivaksi signaaliksi.

Vastaanottimessa optinen signaali muutetaan sähköiseksi signaaliksi tai toisen aallonpituuden signaaliksi. Optisen kuidun ominaisuudet voidaan jaotella niiden lineaarisuuden perustella lineaarisiin ja epälineaarisiin ominaisuuksiin. Lineaariset ilmiöt ovat yhteydessä signaalin aallonpituuteen ja epälineaariset ovat yhteydessä myös signaalin aallonpituuden lisäksi signaalin tehoon. Optisen kuidun tiedonsiirtokyky on valtavan suuri. Suurin siirrettävä nopeus ja siirtoetäisyys riippuvat yhteyden vaimennuksesta ja kaistanleveydestä sekä lähetin- ja vastaanotinkomponenttien ominaisuuksista.

Yksimuotokuidulla on mahdollista toteuttaa yli 100 km:n pituinen Gbit/s-tasoinen yhteys ilman toistimia. Optisella tiedonsiirrolla on ylivoimaisia ominaisuuksia verrattuna sähköiseen. Pieni vaimennus ja suuri kaistanleveys ovatkin kuidun ylivoimaiset siirtotekniset edut kaikkiin kuparijohtimisiin kaapeleihin ja kaapelijärjestelmiin nähden. Pienen vaimennuksen tuoma etu korostuu ennen kaikkea runkoverkossa. Suuri kaistanleveys on välttämätön siirtonopeuksien yhä kasvaessa verkkojen kaikilla tasoilla.

Kuidun yleisin materiaali on lasi. Materiaalina lasi on sähköinen eriste. Optinen tiedonsiirto on täysin vapaa kaikenlaisista sähkömagneettisista häiriöistä. Se ei ole altis häiriöille eikä myöskään itse niitä aiheuta. Maadoitusongelmia ei ole, koska kuitu ei muodosta galvaanista yhteyttä. Valokuitu on niin ikään tunteeton sähköverkon tai ukkosen aiheuttamille häiriöille.

2.2 Optisen kuidun toiminnan perusteet

Optinen signaali etenee eri nopeuksilla erilaisissa väliaineissa. Valon nopeus ilmassa on lähes sama kuin valon nopeus tyhjiössä, eli 2.99792458×10^8 m/s. Valon tyhjiönopeuden suhdetta valon etenemisnopeuteen muissa väliaineissa kutsutaan taitekertoimeksi (n). Lasista valmistetussa optisessa kuidussa valo etenee noin 2/3 nopeudella valon tyhjiönopeudesta.

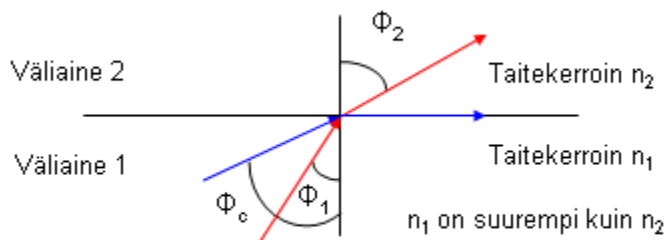
$$n = c/v$$

jossa c on valon etenemisnopeus tyhjiössä ja v on valon etenemisnopeus väliaineessa.

Optisen kuidun toiminta eli valon eteneminen kuidun sisällä perustuu valon taittumis- ja heijastumlakeihin kahden aineen rajapinnassa. Väliaineen 1 taitekerroin (Refractive Index) n_1 on suurempi kuin väliaineen 2 taitekerroin n_2 . Väliaineesta 1 tuleva valo kohtaa rajapinnan normaalin kulmassa φ_1 ja taittuu väliaineessa 2 kulmassa φ_2 normaalista poispäin. Taittuminen noudattaa Snellin lakia

$$n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$$

Valonsäteen kulman kasvaessa riittävän suureksi normaaliin nähden heijastuu valonsäde takaisin rajapinnasta pysyen väliaineessa 1. Kulmaa φ_c kutsutaan kriittiseksi kulmaksi. Tällöin taittuneen valon ja normaalin välinen kulma on 90° , eli taittunut valonsäde on rajapinnan suuntainen. Mikäli valonsäteen tulokulmaa kasvatetaan edelleen, valonsäde heijastuu rajapinnasta tulokulman suuruudessa kulmassa (kuva 1).



Kuva 1. Valon taittuminen kahden eri taitekertomisen aineen rajapinnassa.

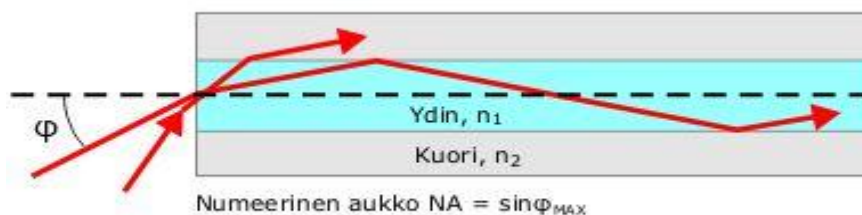
Optinen kuitu muodostuu ytimestä ja ydintä ympäröivästä kuoresta (kuva 2). Ytimen taitekerroin on kuoren taitekerrointa suurempi. Valon tulokulman ollessa riittävän pieni kuidun poikkileikkauspinnan normaaliin nähden valo lähtee etenemään kuidun ytimestä. Käytännössä osa valosignaalista läpäisee ytimen ja kuoren välisen rajapinnan, jolloin signaalin tämä osa lähtee etenemään kuoressa. Suurimman sallitun tulokulman φ sinifunktiota kutsutaan numeeriseksi aukoksi, NA:ksi (kuva 3). Numeerinen aukko kuvaa kuidun kykyä kerätä valoa.



Kuva 2. Valokuidun rakenne

Yksimuotokuidun rakenne

- 1.- kuidun ydin Core 8 μm
- 2.- kuidun kuori (ensiöpäällyste) Cladding 125 μm
- 3.- muovipäällyste(tiukka toisiöpäällyste) Buffer 250 μm
- 4.- vaippa (väljä toisiöpäällyste) Jacket 400 μm



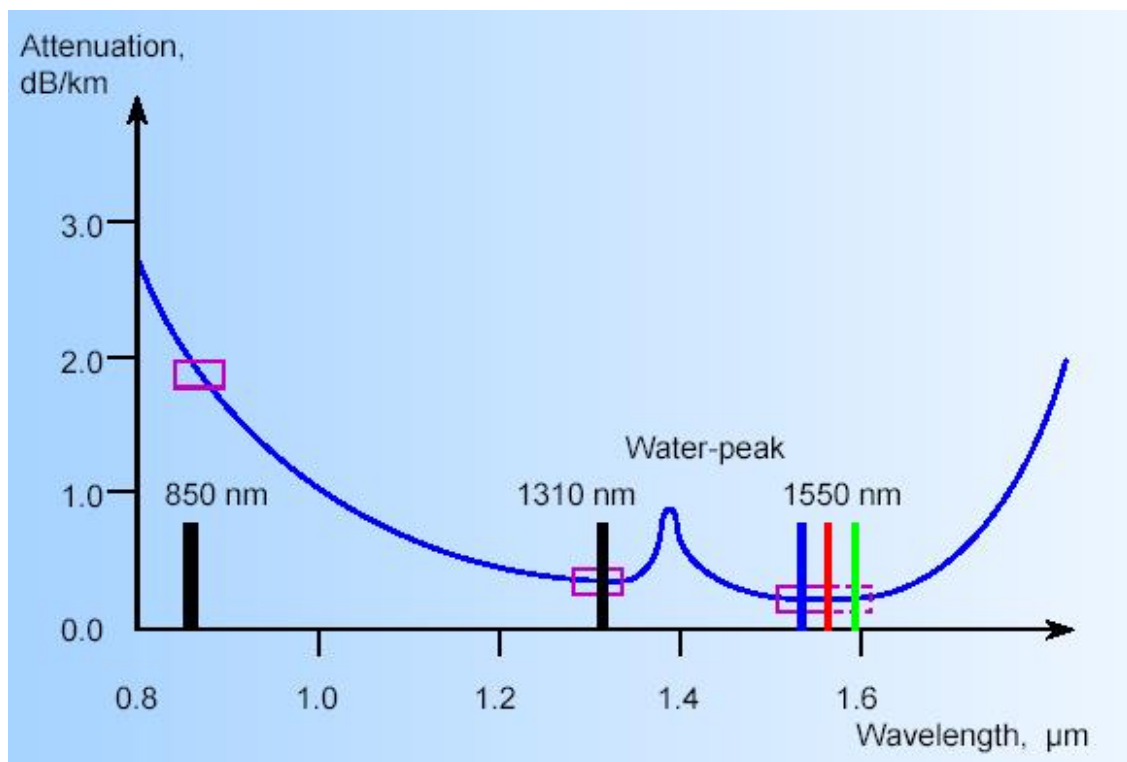
Kuva 3.: Valon eteneminen optisessa kuidussa.

3 Optisen kuidun lineaariset ominaisuudet

3.1 Optisen kuidun vaimennus

Vaimennus tarkoittaa kuidussa etenevän valotehon pienenemistä. Tämän etäisyyden funktiona tapahtuvan vaimentumisen yksikkö on dB/km. Vaimennuksen kuidussa aiheuttaa kaksi eri tekijää, jotka ovat absorptio ja sironta. Absorptio aiheutuu kuidun materiaalista ja sen epäpuhtauksista, joista merkityksellisimmät ovat hydroksidi-ionit (OH-ionit). Sironta aiheutuu kuidun materiaalissa olevista pienistä taitekertoimen eroista, jotka aiheuttavat valon sirontaa hallitsemattomiin suuntiin. Tätä sirontaa kutsutaan Rayleigh-sironnaksi, jonka perusteella määräytyy optisen kuidun vaimennuksen alaraja, joka on aallonpituudella 1550 nm noin 0,16 dB/km (Helkama 2001, 23).

Kuvasta 4 käy ilmi erään optisen kuidun vaimennuskäyttäytyminen aallonpituuden funktiona. Vaimennus on kaikkein pienimmillään ns. 1550 nm:n ikkunassa. Toinen yleisesti käytetty aallonpituusalue, eli ikkuna on 1310 nm:n alue. Merkittävimmän vaimennuksen yleisimmin käytössä oleville aallonpituusalueille aiheuttaa 1310 nm:n ja 1550 nm:n alueiden välissä oleva ns. vesipiikki, joka aiheutuu kuidun materiaalissa olevista OH-ioneista. Vesipiikin suuruuteen voidaan vaikuttaa kuidun valmistusvaiheessa materiaalivalinnoilla ja valmistusprosessin puhtaudella. Käytettävissä olevaa aallonpituus- aluetta rajoittaa Rayleigh-sironta pienillä alle 800 nm:n aallonpituuksilla. Yli 1700 nm:n aallonpituuksilla käyttöä rajoittaa infrapunasäteilyn absorptio (Vierinen 2004).



Kuva 4. Optisen kuidun vaimennus aallonpituuden funktiona. (Helkama 2001, 23.)

Optisessa kuidussa etenevän optisen pulssin teho voidaan määrittellä etäisyyden L (km) päässä lähettimestä seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$P_{\text{out}} = P_{\text{in}} e^{-\alpha L}$$

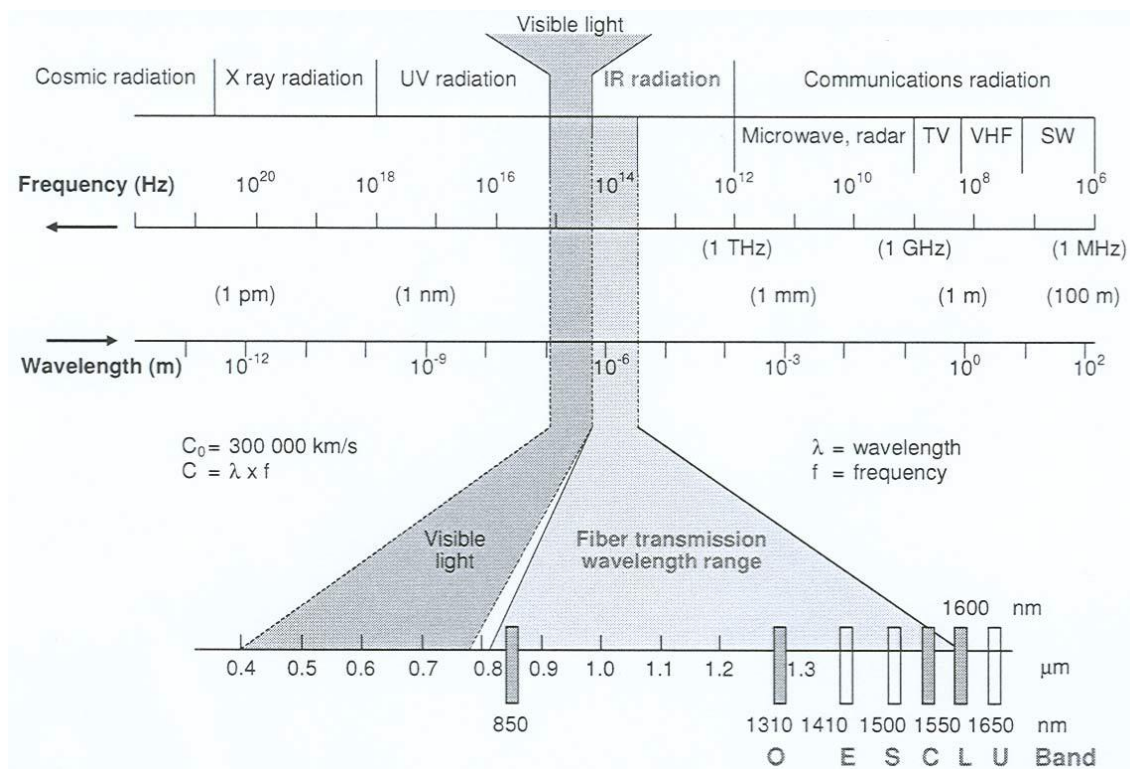
jossa P_{in} = lähettimen optinen teho ja α = kuidun vaimennusvakio [dB/km].

Yksimuotokuiduilla käytettävät aallonpituusalueet on jaettu kuuteen eri kirjaintunnuksella merkittyyn kaistaan, jotka on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Yksimuotokuidun aallonpituusalueet. (Vierinen 2004)

O-kaista		original		1260 nm – 1360 nm
E-kaista		extended		1360 nm – 1460 nm
S-kaista		short		1460 nm – 1530 nm
C-kaista		conventional		1530 nm – 1565 nm
L-kaista		long		1565 nm – 1625 nm
U-kaista		ultralong		1625 nm – 1675 nm

Optisessa kuidussa siirrettävän valon aallonpituuksien sijoittuminen sähkömagneettisessä spektrissä on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Sähkömagneettinen spektri. (Siemens AG 2004, 11.)

3.1.1 Kuidun mikrotaipumavaimennus

Mikrotaipumaksi kutsutaan pieniä säteeltään alle 1 mm:n taipumia. Näissä itse taivutus aiheuttaa jonkin verran tehohäviötä. Suurempana häviön syynä on, että valo kokee toistuvat, suhteellisen suuret taivutussäteiden muutokset epäjatkuvuutena väliaineessa. Tämä aiheuttaa valon kytketymisen ylempiin aaltomuotoihin ja sitä myöten absorboitumista päällysteeseen. (Seppäläinen 2004, 9.)

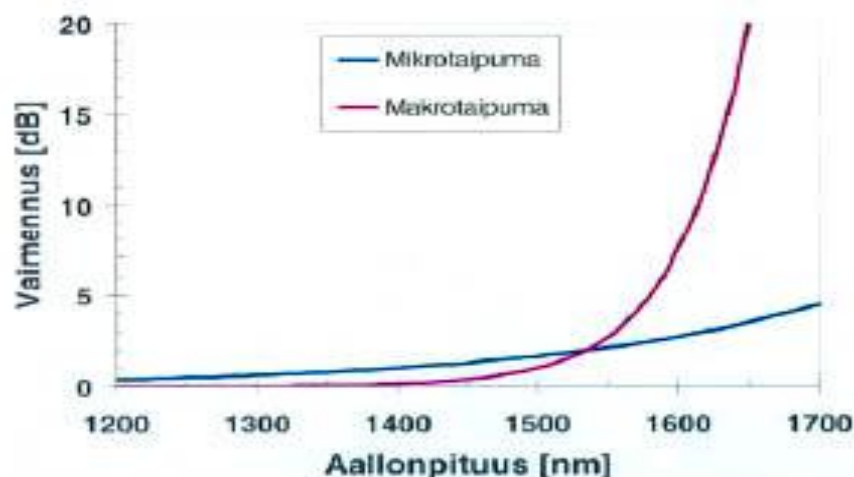
Kuidun primääripäälysteen tehtävänä on estää mikrotaipumien syntyminen. Mikrotaipumia kuituun voi aiheuttaa kuidun joutuminen puristuksiin karkealle pinnalle tai kuidun altistuminen puristukselle kaapelirakenteessa.

3.1.2 Kuidun makrotaipumavaimennus

Optisen signaalin suuremmat aallonpituudet etenevät kauempana kuidun ytimestä kuin pienemmät aallonpituudet. Eli kuidun muotokentän halkaisija kasvaa aallonpituuden kasvaessa. Muotokentän halkaisijan kasvusta johtuen kuitua taivutettaessa suuremmat aallonpituudet vuotavat pieniä aallonpituuksia helpommin pois kuidusta ja vaimenevat pieniä enemmän (kuva 6). Taivutussateen pienentäminen kasvattaa vaimentumista entisestään. (Seppäläinen 2004, 9.)

Tyypillisiä kuituvalmistajien antamia makrotaipumavaimennusarvoja kuiduille ovat . 0,05 dB/km kieputettaessa kuitua halkaisijaltaan 50 mm:n lenkeille aallonpituuksilla 1550 nm.

Käytännön kaapeliasennuksissa useimmin makrotaipumia kuituihin syntyy jatkosten ja päätteiden jatkoslevyille asennettaessa kuituja liian pienillä taivutussateilla, ja aiheuttamalla kuituihin makrotaipumia liian tiukoilla kiinnityksillä. Kaapeliasennuksissa kaapelin joutuessa liian pienelle lenkille ns. sinkulle syntyy myös tilanne, joka aiheuttaa makrotaipumaa. Yleensä makrotaipumista vältetään asentamalla kaikissa asennusvaiheissa kuidut riittävän avaralle asennustoleranssille ja välttämällä nippusiteiden käyttöä tai niiden liiallista kiristämistä. Huomioitavaa on myös valokuitulohkojen värimerkkilankojen sitominen sopivalle tiukkuudelle. Makrotaipuman havaitseminen kuidusta valokaapelitutkalla on helppoa, mikäli käytettävissä on usealla eri aallonpituudella mittaava valokaapelitutka.

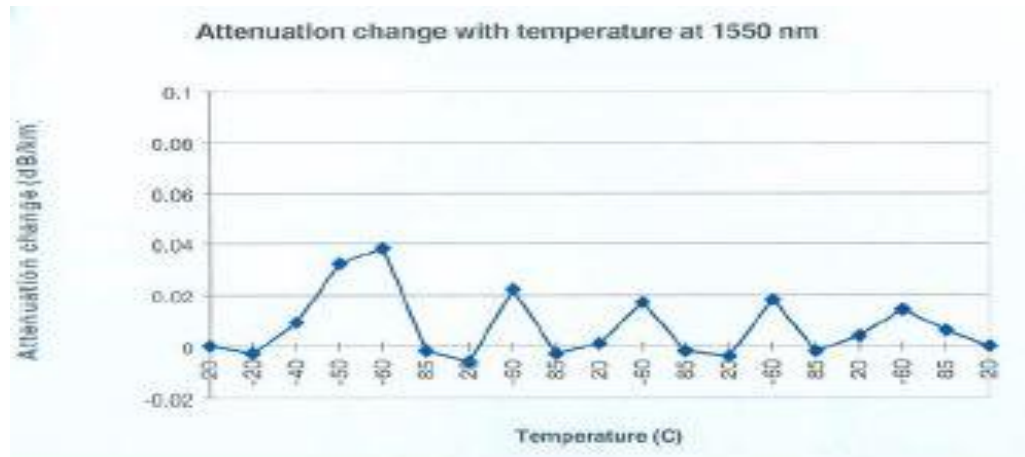


Kuva 6. Kuidun taipumien vaikutus vaimennukseen aallonpituuden funktiona. (Draka NK Cables 2004)

3.1.3 Pakkasvaimennus

Pakkasvaimennus syntyy, kun lämpötilamuutokset aiheuttavat kuituun jännityksiä kuidun ja päällysteen lämpölaajenemiskertoimien välisen eron vuoksi, jolloin kuituun syntyy mikrotaipumia, ja sen myötä vaimennusta. Myös kuidun päällysteen epäsymmetrisyys aiheuttaa vastaavan ilmiön (kuva 7).

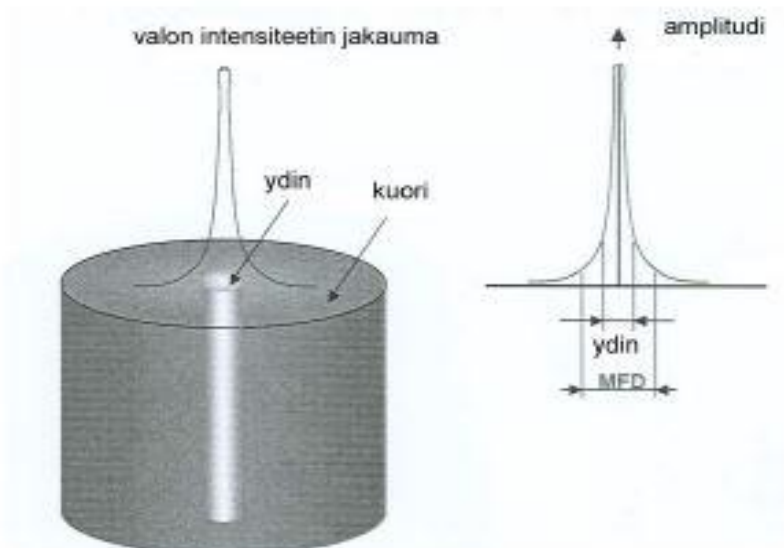
Käytännön toimenpiteenä valokaapelin asennuksen, kaivuun tai aurauksen pitää sijoittua routarajan alapuolelle. Jokien sekä ojien ylittävien siltojen rakenteissa valokaapelin viemistä tulisi välttää. Parempana vaihtoehtona on vesistön alitus käyttämällä rakentamisessa maakairaa. Tällöin valokaapeli on paremmin suojassa mekaaniselta vauriolta. Routarajaa pidetään eteläisessä suomessa 70 cm maanpinnalta mitattuna. Roudan syvyyteen vaikuttavat mm. maaperän maa-aines. Valokaapelin tarpeetonta pinnalle vientiä tulisi välttää. Pinnalle vientejä ovat sillat ja niiden rakenteet.



Kuva 7. Lämpötilan vaikutus kuidun vaimennukseen 1550 nm:n aallonpituudella. (Draka NK Cables 2004.)

3.2 Muotokentän halkaisija

Muotokentän halkaisija, MFD (Mode Field Diameter) tarkoittaa kuidun poikkileikkauspinnan sen alueen halkaisijaa, jolle kuidussa etenevän valon suurin osa on jakautunut (kuva 8). Muotokentän halkaisija on aallonpituudesta riippuvainen suure, joka on suuremmilla aallonpituuksilla suurempi kuin pienemmillä aallonpituuksilla. Muotokentän halkaisijan laskemiseksi tehojakaumasta on olemassa useita eri menetelmiä, joista nykyisin käytettäväksi on vakiintunut Petermann II -menetelmä (MFD_p). (Seppäläinen 2004, 7.) Jos kuidun muotokentän halkaisija on pieni, niin kuitujen liittäminen toisiinsa on vaikeaa. Suuri muotokentän halkaisija puolestaan lisää kuidun vaimennusta kuitua taivutettaessa. Tämä lisää makrotaipumavaimennuksen kasvua.



Kuva 8. Valon intensiteetin jakauma kuidussa ja muotokentän halkaisija. (Siemens AG 2000, 33.)

3.3 Raja-aallonpituus

Yksimuotokuiduille määritetään raja-aallonpituus (fibre cut-off wavelength, λ_c), jolla signaali etenee yksimuotokuidussa monokromaattisena. Tätä aallonpituutta pienemmillä aallonpituuksilla eteneminen muuttuu monimuotoiseksi, eli kuitu toimii monimuotoisena siirtotienä signaalille, jolloin kuidun kaistanleveys pienenee. Raja-aallonpituuden tulee olla huomattavasti pienempi kuin kuitua käyttävän siirtojärjestelmän aallonpituus (Hummelholm 2000, 8). Kuidun raja-aallonpituus mitataan 2 metrin pituisesta kuidusta, johon on tehty yksi 140 mm:n säteinen silmukka.

Kuidun raja-aallonpituus on hyvin teoreettinen arvo. Standardointijärjestöt ovat ottaneet käyttöön termin kaapelin raja-aallonpituus (cable cut-off wavelength, λ_{cc}). Termi on käyttökelpoisempi arvo. Kaapelin raja-aallonpituus mitataan pienimmästä jatkettavaksi oletetusta kaapelipituudesta, joka on määritelty 22 metrin kaapelipituudeksi. Kaapelin kummastakin päästä on kuidut kuorittu 1 metrin matkalta ja kierretty säteeltään 40 mm:n silmukoille kuvaamaan käytännön jatkoksen kuitujen kieputtamista kieputuslevylle.

Valokuidun valmistajat eivät aina valmista kokonaisia valokaapeleita. Standardointijärjestöt ovat ottaneet käyttöön myös menetelmän kaapelin raja-aallonpituuden mittaamiseksi kuidusta ilman kaapelirakennetta. Mittaus λ_{cc} tehdään simuloitusti. Mittauksessa 22 metrin pituinen kuitu kieputetaan koko matkaltaan lenkeille ($r \geq 140$ mm) sekä kuidun kumpaankin päähän kieputetaan viimeisen metrin matkalle yksi 40 mm:n säteinen silmukka. Simuloitusti mitatun kaapelin raja-aallonpituusarvo ilmoitetaan merkinnällä λ_{cc} . (Draka Comteq 2005, 2.)

4 Tehollinen pinta-ala

Optisen kuidun tehollinen pinta-ala (A_{eff}) on merkittävässä asemassa arvioitaessa kromaattisen dispersion ja epälineaaristen ilmiöiden esiintymistä kuidussa. Optisen kuidun tehollinen pinta-ala ei ole sama kuin kuidun ytimen pinta-ala. Kuidussa etenevästä signaalitehosta osa etenee kuidun kuoriosassa.

$$A_{\text{eff}} = \pi(\text{MFD}/2)^2$$

Kuidun tehollisen pinta-alan kasvaessa herkkyys epälineaaristen ilmiöiden esiintymiselle vähenee. Kuidussa etenevä optinen teho on jakautunut suuremmalle pinta-alalle valon intensiteetin (I) vähentyessä.

$$I = P / A_{\text{eff}} \text{ [W}/\mu\text{m}^2]$$

P = optinen teho

A_{eff} = kuidun tehollinen pinta-ala

Kuidun poikkipinta-alan kasvattaminen epälineaaristen ilmiöiden pienentämiseksi rajoittaa kromaattisen dispersion kasvaminen kuidun poikkipinta-alan kasvaessa.

4.1 Yksimuotokuidun dispersio

Kromaattinen dispersio, eli valon aallonpituudesta johtuva dispersio, on kuidun vaimennuksen ohella merkittävin kuidun käyttöä rajoittava tekijä nykyisissä siirtolaitejärjestelmissä. Kromaattisen dispersion merkitys korostuu kanavakohtaisten tiedonsiirtonopeuksien kasvaessa siirrettävien valopulssien ollessa ajallisesti lähellä toisiaan.

Kromaattisen dispersion muodostumiseen vaikuttaa kaksi erilaista syntymekanismia, joista toinen johtaa materiaalidispersioon ja toinen aaltojohdedispersioon.

Materiaalidispersiota tapahtuu, kun eri aallonpituuksilla on kuitumateriaalin taitekerroineroista johtuva eri kulkunopeus. Jokainen valolähde lähettää aina tietyn aallonpituusjakauman omaavan valopulssin sisältäen useita aallonpituuksia. Nämä eri aallonpituudet etenevät kuidussa saman matkan, mutta taitekerroineroista johtuen eri nopeuksilla, ja saavuttavat kuidun loppupään eri aikaan, jolloin alkuperäisen pulssin ajallinen pituus muuttuu.

Aaltojohdedispersioon ymmärtämiseksi optinen kuitu voidaan kuvitella siirtotienä optisesti erikokoiseksi riippuen siirrettävän signaalin aallonpituudesta. Siirtotie näyttää pienemmältä aallonpituuden kasvaessa, jolloin signaalin suuremmat aallonpituudet etenevät kuidun ytimen sijasta osittain kuidun kuoriosassa, jossa taitekerroin on pienempi kuin ytimessä, jolloin signaalin muotokentän halkaisija kasvaa. Signaalin pienemmät aallonpituudet etenevät lähellä kuidun keskiosaa, jossa taitekerroin on suuri ja pulssin etenemisnopeus pienempi kuin kuoriosassa. Siirrettävän signaalin valopulssin edetessä eri taitekertomisessa väliaineessa syntyy valopulssin sisältämien eri aallonpituuksien välille nopeuseroja. Tätä ilmiötä kutsutaan aaltojohdedispersioksi. Signaalin suurin teho siirtyy kuitenkin kuidun ytimessä.

Materiaalidispersio ja aaltojohdedispersio kumoavat osittain toisiaan, jolloin kuidun kromaattinen kokonaisdispersio on pienempi kuin materiaalidispersio yksistään.

4.2 Kromaattinen dispersio

Kuidun kromaattisen dispersioon vaikutusta järjestelmille voidaan pienentää käyttämällä kapeaa valopulssin spektriä tai valitsemalla optista kuitua, jonka dispersiollakohta on siirretty järjestelmien käyttämille aallonpituuksille. Optisen kuidun epälineaaristen ilmiöiden perusteella dispersiollakohdan aallonpituutta ei pidä käyttää suunniteltaessa esim. DWDM-järjestelmien välien jäniteitä.

4.3 Kromaattisen dispersioon kompensointi

Kromaattinen dispersioon kompensointi voidaan tehdä kolmella eri menetelmällä: kiinteällä, säädettävällä sekä dynaamisella tavalla.

5 Kuidun epälineaariset ilmiöt

5.1 Yleistä epälineaarista ilmiöistä

Uusien siirtojärjestelmien myötä kuidussa siirrettävät tehotasot ovat nousseet. Vaikka kuidun ydin käyttäytyy suhteellisen lineaarisesti erilaisilla tehotasoilla optisen tehon noustessa riittävän suureksi, kasvaa kuidun ytimen sähkömagneettinen kenttä suureksi, että kuidun epälineaariset ilmiöt tulevat esiin. Epälineaariset ilmiöt ovat signaalin intensiteetistä riippuvia ilmiöitä. Epälineaariset ilmiöt aiheuttavat signaalin heikkenemistä ja esimerkiksi DWDM-järjestelmissä siirrettävien signaalien eri kanavien vaikuttamista toisiinsa. Kuidun epälineaariset ilmiöt voidaan jakaa kahteen ryhmään, stimuloitua sironnata ja taitekertoimen vaihtelusta johtuvia ilmiöitä. (Seppänen & Mutanen 1999)

5.2 Stimuloitua sironnata

Epälineaarista stimuloituista sironnoista ovat esimerkkejä Raman- ja Brillouin-sironnata, jotka kasvattavat jyrkästi kuidun vaimennusta tehotason kasvaessa. Raman-sironnan vaikutus alkaa vasta huomattavasti suuremmilla tehotasoilla kuin Brillouin-sironnan vaikutus (Billington, 1999)

5.2.1 Raman-sironnata

Raman-sironnassa optista tehoa siirtyy ylemmille aallonpituuksille, sironnut teho etenee pääosin samaan suuntaan signaalitehon kanssa. Tehosiirtymän etäisyys on 13 THz, eli noin 110 nm 1550 nm:n aallonpituudella. Pienemmiltä aallonpituuksilta suuremmille aallonpituuksille siirtynyt teho aiheuttaa ylikuulumista DWDM-järjestelmissä ja signaali-kohinasuhteen heikkenemistä. Raman-sironnan vaikutus optisella linkillä alkaa vasta wattien luokkaa olevilla tehotasoilla. (Billington 1999)

5.2.2 Brillouin-sironta

Brillouin-sirannon vaikutus optisessa kuidussa aiheuttaa tehon noustessa tietyn rajan yli, ei kuidun loppupäästä saatava tehotaso nouse lähetetyn tehon kanssa samassa suhteessa. Osa tehosta siroaa kuidussa takaisinpäin. Brillouin-sirontaa tapahtuu, kun osa tehosta absorboituu kuitumateriaaliin aiheuttaen kidevärähtelyjä, joiden aiheuttamien ääniaaltojen ja valoaltojen yhteentörmäyksen seurauksena osa signaalitehosta heijastuu takaisinpäin. (Vierinen 2004)

Sironeen tehon tehosiirtymän etäisyys on 10 GHz, eli noin 0,1 nm 1550 nm:n aallonpituusalueella. Brillouin-sironta rajoittaa optisessa kuidussa käytettäviä tehotasoja. Siroava teho häiritsee DWDM-järjestelmissä muiden kanavien toimintaa. Takaisin siroavan signaalin haitallisuutta voidaan pienentää optisilla suuntakytkimillä. Lähetettävän signaalin kaistaleveyden kasvattaminen pienentää Brillouin-sirontaa, mutta kasvattaa kromaattisen dispersion haittavaikutuksia.

5.3 Taitekertoimen epälineaarisuus

Suurilla tehotasoilla siirrettävä signaali moduloi kuidun taitekerrointa signaalin intensiteetin vaihteluiden mukaan, jolloin taitekertoimen epälineaarisuus aiheuttaa erilaisia signaalien modulaatiotuloksia (Seppänen & Mutanen 1999). Näitä modulaatiotuloksia ovat neljän aallon sekoitus, itseisvaihemodulaatio ja ristivaihemodulaatio.

Neljän aallon sekoitus

Kun epälineaarilla alueella toimivaan kuituun lähetetään kaksi tai useampia eri aallonpituuksilla olevaa signaalia, syntyy neljän aallon sekoitus eli FWM (Four Wave Mixing), jolloin lähetetyt signaalit synnyttävät sekoitustuloksenaan uuden signaalin jollekin uudelle aallonpituudelle aiheuttaen ylikuulumista.

5.4 Modulaatiot

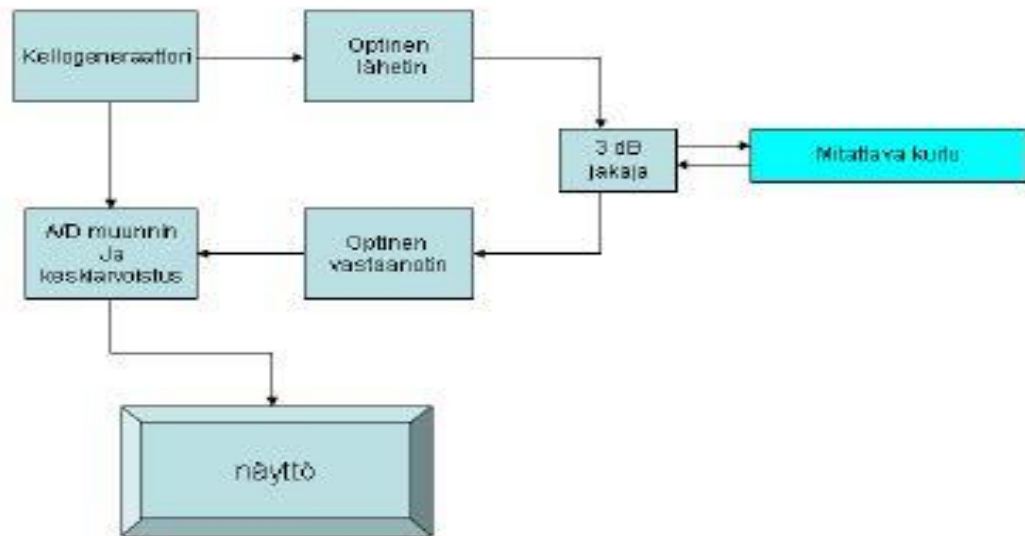
Itseisvaihemodulaatio SPM (Self Phase Modulation) syntyy, kun optinen signaali moduloi intensiteetillään kuidun taitekerrointa, jolloin siirrettävien pulssien aallonpituusspektri levenee.

Ristivaihemodulaatiota XPM (Cross Phase Modulation) esiintyy vain järjestelmissä, joissa samalle siirtotielle lähetetään useita signaaleja eri aallonpituuksilla, jolloin niiden välille syntyy vuorovaikutusta. Eri aallonpituuksilla kulkevat signaalit vaikuttavat toisiinsa aiheuttaen samanlaisen vaihesiirtymän ja pulssin pituuden muutoksen kuin itseisvaihemodulaatiossa, mutta jollekin toiselle aallonpituuskanavalle. Kromaattinen dispersio pienentää ristivaihemodulaatiota aiheuttamalla eri aallonpituuksille erilaisen etenemisnopeuden. DWDM-järjestelmä käyttöön suunnitelluissa valokaapelijärjestelmissä tulee välttää sellaisten kuitujen käyttöä, joissa 0-dispersioalue on siirtolaitejärjestelmän toiminta-aallonpituuksilla.

5.5 OTDR-mittauksen perusteita

Optisen kuidun mittauksista kaikkein eniten kuidun käytettävyyden ja vian määrittämisen kannalta informaatiota antaa OTDR-mittaus (Optical Time Domain Reflectometry), eli takaisinsirontamittaus. OTDR-mittauksessa mitattavaan kuituun lähetetään lyhyt valopulssi, josta sen edetessä siroaa osa takaisin Rayleigh-sironnasta johtuen. Rayleigh-sironta on kuidulle ominainen ilmiö, ja sitä voidaan pitää OTDR-mittauksen kannalta riittävän vakiona koko kuidun matkalla. Sirontakerroin (Scatter Coefficient) määrittelee takaisin siroavan signaalin määrän. Mikäli mitattavassa kuidussa on taitekertoimen muutoksia, makrotaipumia, mikrotaipumia, jatkoksia tai muita liitoksia, niin nämä heijastavat valoa takaisin eri tavalla kuin virheetön kuitu.

Takaisin heijastuneen pulssin ja lähetetyn pulssin välinen aikaero voidaan muuttaa matkaksi, kun tunnetaan pulssin etenemisnopeus kuidussa, mikä on riippuvainen kuidun taitekertoimesta. Koska kuidusta takaisin siroava signaali on hyvin heikko, joudutaan kuituun lähettämään useita pulsseja, joiden keskiarvon mukaan lasketaan valokaapelitutkan näytölle piirtyvä kuva. Jokainen pulssi on kuitenkin mitattava erikseen, ennen kuin kuituun voidaan lähettää uusi pulssi. Valokaapelitutkan toimintaperiaate on esitetty (kuva 9).



Kuva 9. Valokaapelitutkan lohkokaavio. (Jasenek)

Valokaapelitutkan lähettimessä ja sen liittimissä sekä mitattavan kuidun alussa tapahtuu voimakkaita heijastumia, jotka aiheuttavat vastaanottimen saturaatiota. Tästä syystä ei mitattavan kuidun alkupäästä saada todellista mittaustietoa, eli muodostuu ns. kuollut alue. Tämän ilmiön haittojen poistamiseksi mittauksissa on syytä käyttää aina ns. etumittakuitua tutkan lähtöliittimen ja mitattavan kuidun välissä. Etumittakuidun pituuden tulisi olla 500 – 1000 m. Etumittakuidun käytöstä huolimatta tulee aina muistaa, että voimakkaan heijastuksen, eli esimerkiksi normaalin liittimillä tehdyn liitoksen jälkeen olevia välittömiä tapahtumia ei voida havaita vain yhdestä suunnasta mitattaessa.

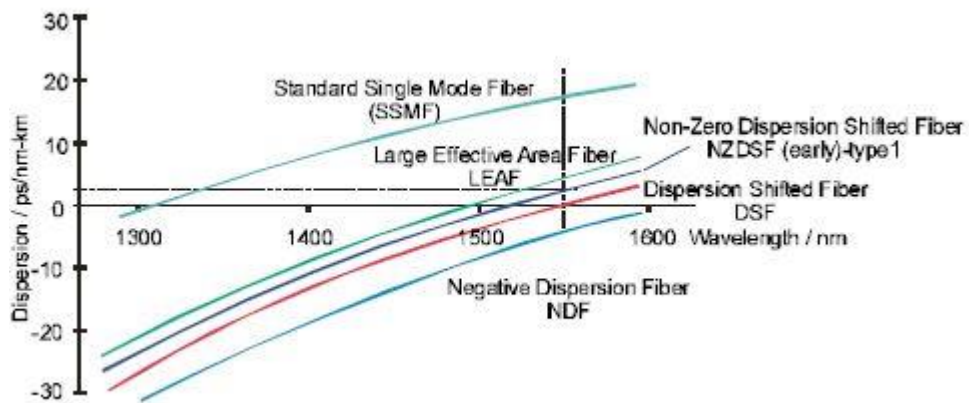
5.6 Kaapelit

Kaapelirakenteen tehtävänä on suojata optista kuitua ympäristön haitallisilta vaikutuksilta kuljetuksen, varastoinnin, asennuksen ja käytön aikana. Yksittäiset kuidut ovat sijoitetut kaapelin sydänosaan, jonka ympärille on rakennettu mekaaniset rakenteet, joilla suojataan kuituja puristus- ja vetorasitukselta. Tämän suojauksen päälle rakennetaan yleensä kosteussuojaus suojaamaan kuituja kosteuden aiheuttamalta ennenaikaiselta vanhenemiselta. Kaapelin uloimmaksi kerrokseksi rakennetaan kaapelin käyttötarkoituksesta riippuen riittävän vahva mekaaninen suojaus suojaamaan sisempiä rakenteita mekaanisilta rasituksilta. Erilaisia kaapelirakenteita on useita riippuen kaapelin valmistajasta ja kaapelin käyttötarkoituksesta. Kuitujen suojaus on kaapelirakenteen tärkein tehtävä, mutta samalla kaapelin tulisi olla helposti käsiteltävää ja työstettävää sen asentamiseksi, jatkamiseksi ja päättämiseksi. Kaapelin sisältämien kuitujen pakkaustiheys tulisi olla myös suuri mahdollisimman suuren siirtokapasiteetin saavuttamiseksi. Tarvittaessa kaapelirakenne voidaan tehdä täysin metallittomaksi, jolloin sitä voidaan käyttää esimerkiksi suurjännitesähköverkon johtimien läheisyydessä, tai toteuttaa sillä tiedonsiirtoyhteyksien rakentaminen sähkömagneettisilta häiriöiltä suojattuihin tiloihin.

Kaapelityypin valinnassa on edellä mainittujen mekaanisten ominaisuuksien ohella kiinnitettävä erityistä huomiota kaapeliin sijoitettujen kuitujen tyyppiin ja kuitutyyppin valintaan käyttötarkoituksen perusteella.

5.6.1 SM-kuitutyyppien luokittelu ja niiden ominaisuudet

Kansainvälinen tietoliikennejärjestö ITU (International Telecommunication Union) on määrittellyt standardit tietoliikenteessä käytettäville kuiduille. Standardeissa määritellään kuiduille mekaaniset ja optiset ominaisuudet. Suurimmat optiset erot eri kuitutyyppien väliltä löytyvät niiden CD-, PMD- ja vaimennusominaisuuksista. Eri kuitutyyppien eroavaisuuksia dispersio-ominaisuuksien osalta on esitetty (kuvassa 10). Dispersiosirretyillä kuiduilla (DSF) kuidun ytimen rakenteella on suurennettu aaltojohdedispersiota, jolloin kromaattisen kokonaisdispersion 0-kohta on siirretty esimerkiksi 1550 nm:n kohdalle. Kuidun epälineaaristen ilmiöiden aiheuttamien haitallisten ilmiöiden vuoksi nykyään pyritään kromaattisen dispersioon 0-kohta siirtämään pois käytetyltä aallonpituusalueelta. Näitä kuituja kutsutaan NZDSF-kuiduiksi (Non Zero Dispersion Shifted Fiber).



Kuva 10. Erilaisten yksimuotokuitujen dispersio-ominaisuudet. (Canestri 2005, 17.)

5.6.2 Yksimuotokuitu ITU-T G.652.B

Yleisimmin käytössä oleva perusyksiömuotokuitu on ITU-T G.652.B, jonka optimaalisimmat käyttöalueet ovat 1310 nm:n ja 1550 nm:n ikkunat mukaan lukien 1565 - 1625 nm:n alue (L-kaista), taulukko 2. Kuidun ITU-T G.652.B PMD-arvo on $\leq 0,1$ ps/ $\sqrt{\text{km}}$. Kromaattisen dispersion arvoja sille on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 2. Yksimuotokuitu ITU-T G.652.B vaimennusarvoja. (Draka Comteq 2005)

aallonpituus (nm)	vaimennus (dB/km)
1310	0,33 - 0,35
1383	1
1550	0,19 - 0,22
1625	0,21 - 0,24

Taulukko 3. Yksimuotokuidun ITU-T G.652.B kromaattisen dispersion arvoja. (Draka Comteq 2005)

aallonpituus (nm)	CD (ps/(nm •km))	CD:n 0-kohta λ_0 (nm)
1285 - 1330	≤ 3	1312 ± 10
1550	$\leq 18,0$	
1625	$\leq 22,0$	

5.6.3 Yksimuotokuitu ITU-T G.652.D

ESMF-kuitu (Enhanced Single Mode Optical Fibre) ITU-T G.652.D on tarkoitettu erityisesti pitkille ja nopeille yhteyksille. Kuidun kehittämisessä on keskitytty vesipiikittömyyteen, matalaan PMD-arvoon ($\approx 0,08 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$) ja matalaan vaimennusarvoon 1460 nm:lla (taulukko 4). Vesipiikittömyyden myötä voidaan ottaa käyttöön kuidun E-alue siirtokapasiteetin lisäämiseksi WDM-käytössä, mitä tukee myös matala PMD-arvo. Matala vaimennusarvo 1460 nm:lla on eduksi Raman-pumppuvahvistinkäytössä pitkillä siirtoyhteyksillä (Draka Comteq 2005) Kromaattisen dispersion osalta kuitu ITU-T G.652.D ei poikkea kuidusta ITU-T G.652.B.

Taulukko 4. Yksimuotokuitu ITU-T G.652.D vaimennusarvoja. (Draka Comteq 2005)

aallonpituus (nm)	vaimennus (dB/km)
1310	0,33 – 0,35
1383	0,32 – 0,35
1460	0,25
1550	0,19 – 0,21
1625	0,20 - 0,23

5.6.4 Yksimuotokuitu ITU-T G.652.B Low macrobending sensitive fibre

Yksimuotokuitu ITU-T G.652.B Low macrobending sensitive fibre on koviin käyttöolosuhteisiin tarkoitettu NDSF-kuitu (Non Dispersion Shifted Fibre). Se on ominaisuuksiltaan pääosin samankaltainen kuin kuitu ITU-T G.652.B, mutta sen PMD-arvo on kaksinkertainen ($\approx 0,20 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$). Yksimuotokuidun ITU-T G.652.B Low macrobending sensitive fibre makrotaivutusten sieto on parempi kuin kuidulla ITU-T G.652.B. Tämä ominaisuus mahdollistaa pienempien taivutussateiden käytön esimerkiksi jatkosten kieputuslevyillä ilman merkittävää vaimennuslisää (Draka Comteq 2005).

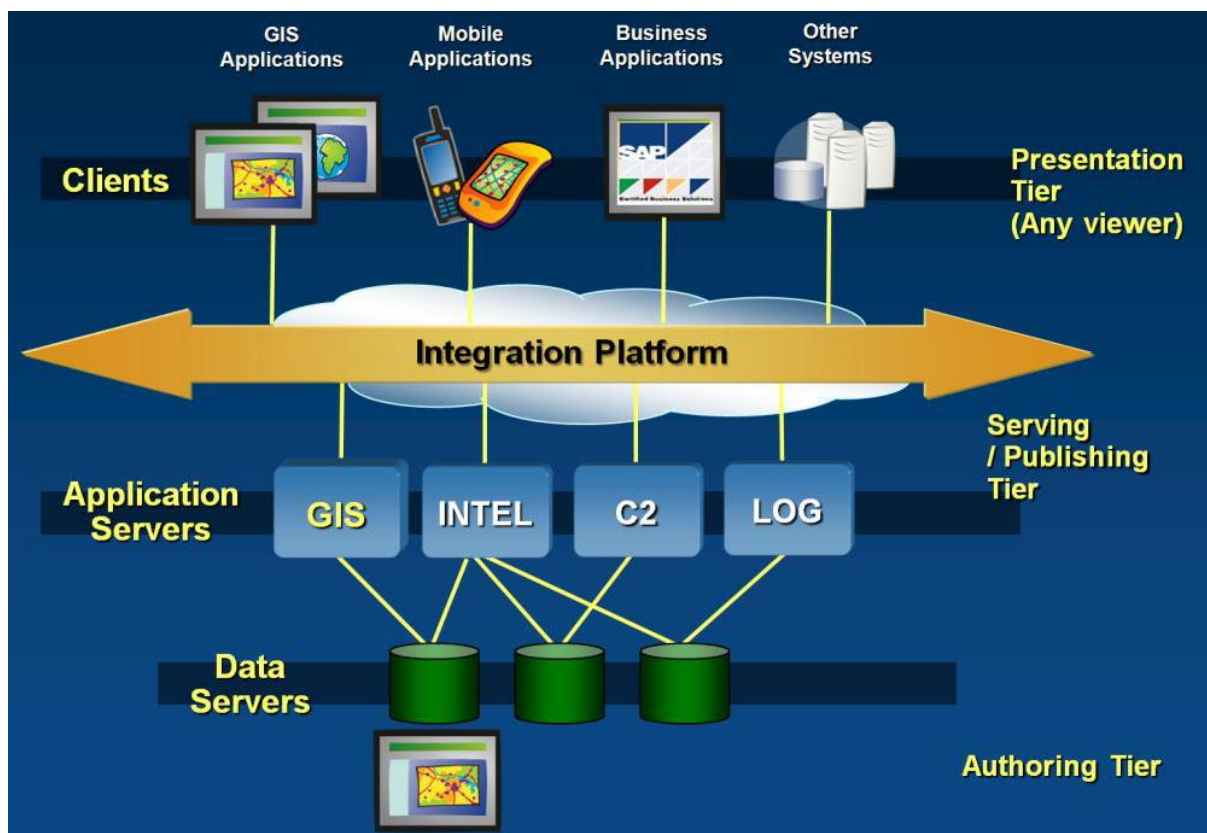
6 Paikkatietoarkkitehtuuri ESRI

Puolustusvoimilla on olemassa ELA-sopimus ESRI:n kanssa. Olisi tarkoituksenmukaista, että ELA-sopimuksen tuomia mahdollisuuksia käytettäisiin mahdollisimman laajasti hyväksi Puolustusvoimissa.

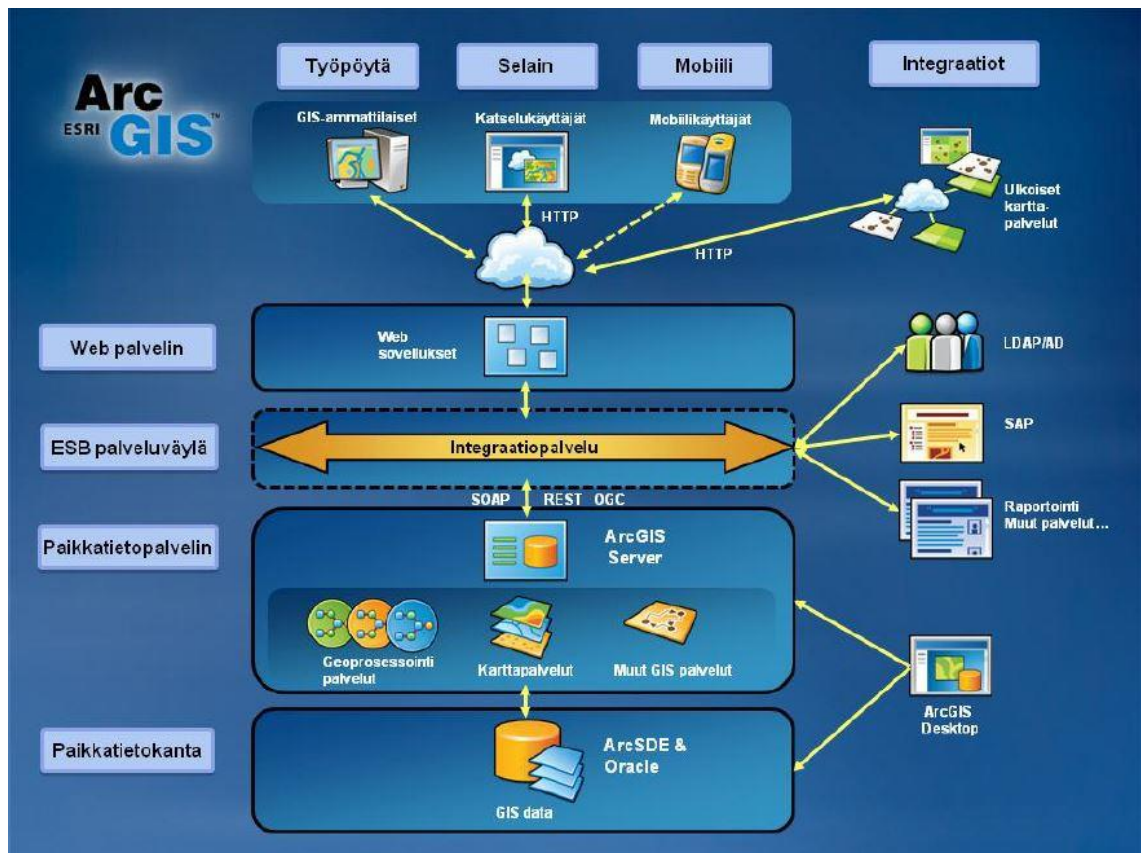
6.1 SOA-arkkitehtuurimalli

Teknisen ratkaisun kuvaus

ESRI:n vahvuus on tarjota yhtenäinen alusta paikkatietosovellusten kehittämiseen eri teknologioilla toteutettavien yksittäisten ratkaisujen sijaan. Erityisesti tämä koostuu SOA-arkkitehtuurissa (Service Oriented Architecture). ESRI:n ArcGIS (paikkatieto eli geographic information system) Server-tuote tarjoaa valmiit ominaisuudet paikkatietopohjaisen SOA-arkkitehtuurin rakentamiseen ja integroitumiseen yrityksen olemassa olevaan SOA-arkkitehtuuriin (kuva 11 ja 12).



Kuva 11. GIS osana yrityksen SOA-arkkitehtuuria.



Kuva 12. GIS/SOA-arkkitehtuurin eri kerrokset, käyttäjät ja integraatiot

GIS/SOA-arkkitehtuurin päätoimintoja ovat

1. aineiston tai palvelun tuottaminen
2. aineiston tai palvelun julkaiseminen
3. aineiston tai palvelun käyttö eri sovelluksissa.

ArcGIS-tuoteperhe muodostaa yhdessä kokonaisen järjestelmän, jossa sen eri osat ja sovellukset toimivat saumattomasti yhteen. Integraatiopalvelun tai Web Services-rajapintojen kautta paikkatietopalvelut ovat myös muiden sovellusten käytettävissä.

PAVANET-projektissa (paikkatieto ja jakelupalveluiden kehittämishanke) ArcGIS Server -karttapalvelimet on integroitu saumattomaksi osaksi ITVJ-ympäristöä (interoitu tiedustelun, valvonnan ja johtamisen ympäristö) siten, että ITVJ:n omia autentikointi- ja autorisointimekanismeja käytetään karttapalvelujen käyttöoikeuksien valvontaan. Tällä

hetkellä palvelinten ominaisuuksista hyödynnetään vain taustakarttojen palvelemista, mutta mikään ei rajoita ottamasta käyttöön laajemmin ArcGIS Server -ohjelmiston ominaisuuksia.

6.2 Thin client (selainsovellukset) ArcGIS Server Web-rajapinnat

SOA-arkkitehtuurissa pääasiassa paikkatietojen katselukäyttöön tarkoitetut selainpohjaiset clientit voidaan rakentaa ArcGIS Serverin Web API-rajapinnoilla. Näitä ovat Javascript, Flex ja Silverlight API.

Flex ja Silverlight API antavat paremman käyttökokemuksen kuin Javascript client ja mahdollistavat osan toiminnallisuuksista toteutettavan client-päähän. Verkko liikennettä palvelinpäähän voidaan vähentää ja saavutetaan parempi interaktiivisuus karttapalvelun kanssa. Lisäksi on tarjolla iso joukko valmiita komponentteja, jolloin karttapalvelun rakentaminen nopeutuu ja helpottuu. Javascriptin etuna on parempi integroitavuus olemassa oleviin Web-sovelluksiin ja -alustoihin, kuten portaaliin.

Nykyisessä ITVJ-ympäristössä portaalin karttakäyttöliittymä on toteutettu ArcGIS JavaScript API:lla. PAVANET tarjoaa kohdejärjestelmien eli karttaa käyttävien sovellusten suuntaan rajapinnan, joka piilottaa alleen varsinaisen toteutustekniikan. Näin ollen on mahdollista korvata JavaScript API esimerkiksi Flex API:lla ilman, että se aiheuttaa suuria muutoksia kohdejärjestelmiin. Samalla helpotetaan siirtymistä myös kartan ja kohdejärjestelmien välillä suorasta integraatiosta kohti palveluihin perustuvaa integraatiota.

6.3 Muut käyttöliittymäteknologiat

SOA-arkkitehtuurissa ei olla niin sidottuja client-päässä käytettävään teknologiaan, tarvittaessa voidaan käyttää clientissa myös muita kuin ESRI:n teknologioita, kuten OpenLayersiä, mikäli tekniset vaatimukset sitä edellyttävät. Paikkatietoalusta pysyy silti samana. Kaikki clientit voivat hyödyntää yhtenäisen paikkatietoalustan palveluita, kuten taustakarttapalveluita ja paikkatietoihin liittyviä toiminnallisia palveluita. Nämä palvelut tarjotaan clientelelle ArcGIS Serveriltä standardeilla Web Service-rajapinnoilla joko suo-

raan tai hyödyntämällä ESB-integraatiokerrosta. Uuden Thin client -sovelluksen rakentaminen lähtee siitä, että selvitetään, olemassa olevia karttapalveluita ja toiminnallisia palveluita löytyy valmiina paikkatietoalustasta. Tämän jälkeen paikkatietoalustaa laajennetaan tarvittaessa uusilla palveluilla. Ajan mittaan päästään hyödyntämään tehokkaasti ja monipuolisesti paikkatietoalustan palveluita uusia paikkatietosovelluksia rakennettaessa.

6.4 Rich client (työpöytäsovellukset)

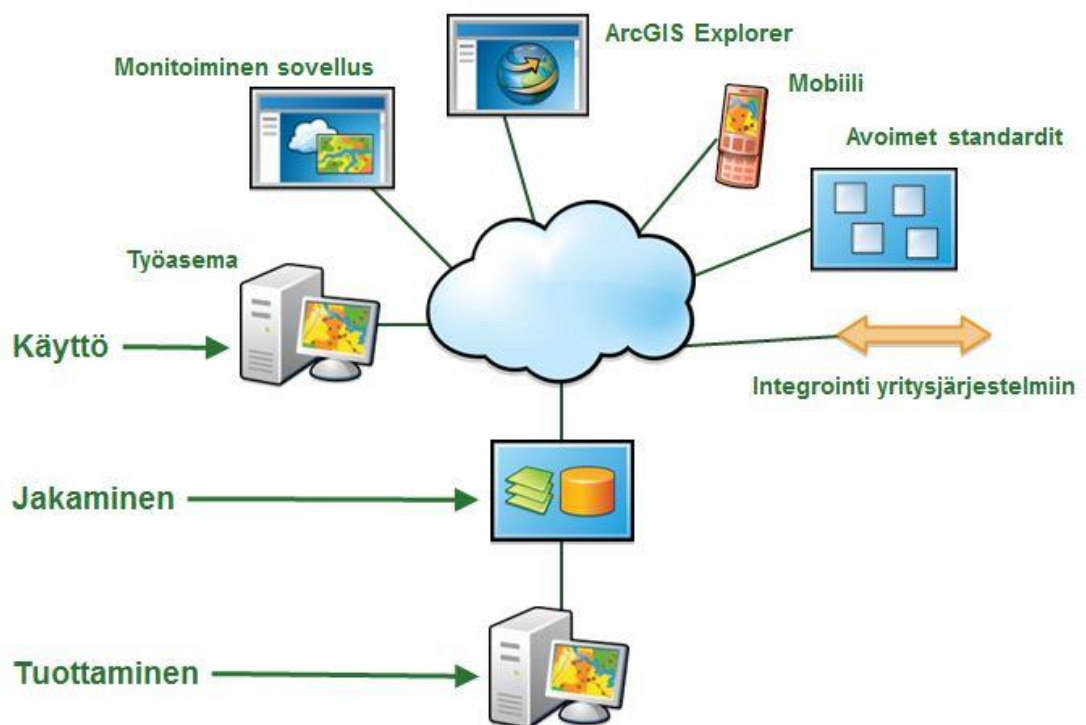
SOA-arkkitehtuurissa client-päässä voi olla myös ns. "Rich client". ESRI:ltä löytyy sekä Rich client -valmistuotteita että sovelluskomponentteja räätälöidyn Rich clientin rakentamiseen. Rich clientilla tarkoitetaan tässä yhteydessä työpöytäsovellusta.

Rich client voi Thin clientin tapaan hyödyntää SOA-pohjaisen paikkatietoalustan karttapalveluita ja toiminnallisia palveluita. Sen lisäksi Rich client voi toimia itsenäisesti käyttäen paikallisia kartta-aineistoja ja toimintoja. Karttapalvelimelle julkaistuja paikkatietopalveluja (mm. Geoprosessointipalvelu) voidaan ajaa myös paikallisesti ESRI:n valmisohjelmistojen kanssa. Tämä mahdollisuus edelleen kannustaa yhtenäisen paikkatietoalustan ja -palveluiden rakentamiseen myös Rich clientien näkökulmasta.

6.5 ArcGIS Desktop

ESRI:n Rich client -valmisohjelmistoja ovat ArcGIS Desktop -tuotteet, jotka on pääasiassa tarkoitettu GIS-ammattilaisille. Tuotteista löytyy valmiit monipuoliset ominaisuudet paikkatietojen hallintaan ja tarkasteluun. Desktop-tuotteita voidaan myös laajentaa valmiilla laajennusosilla tai rakentamalla lisäominaisuuksia sovellusrajapinnoilla (kuva 13).

ArcGIS Desktop



Kuva 13. Desktop-työkalut GIS-ammattilaisten käyttöön

6.6 ArcGIS Explorer

ESRI:n ilmainen valmisohjelmisto ArcGIS Explorer pystyy suoraan hyödyntämään SOA-pohjaisen paikkatietoalustan karttapalveluita ja toiminnallisia palveluita. Tuote on helppokäyttöinen ja ominaisuuksiltaan riisuttu, mutta silti monipuolinen yhdessä paikkatietoalustan palveluiden kanssa. Tuotteen kanssa voidaan myös käyttää paikallisia aineistoja. Piirtotyökalut ja esitysten rakentamiseen tarkoitetut työkalut mahdollistavat kartta-aineistojen monipuolisen visualisoinnin ja tarkastelun. Myös ArcGIS Exploreria voidaan laajentaa sovellusrajapinnoilla ja valmiilla lisäosilla. ArcGIS Explorer on tilattavissa loppukäyttäjää koneisiin (hallinnollinen ympäristö) ilmaisena ohjelmana. Tilaaminen tapahtuu hallinnollisen CISSI:n kautta.

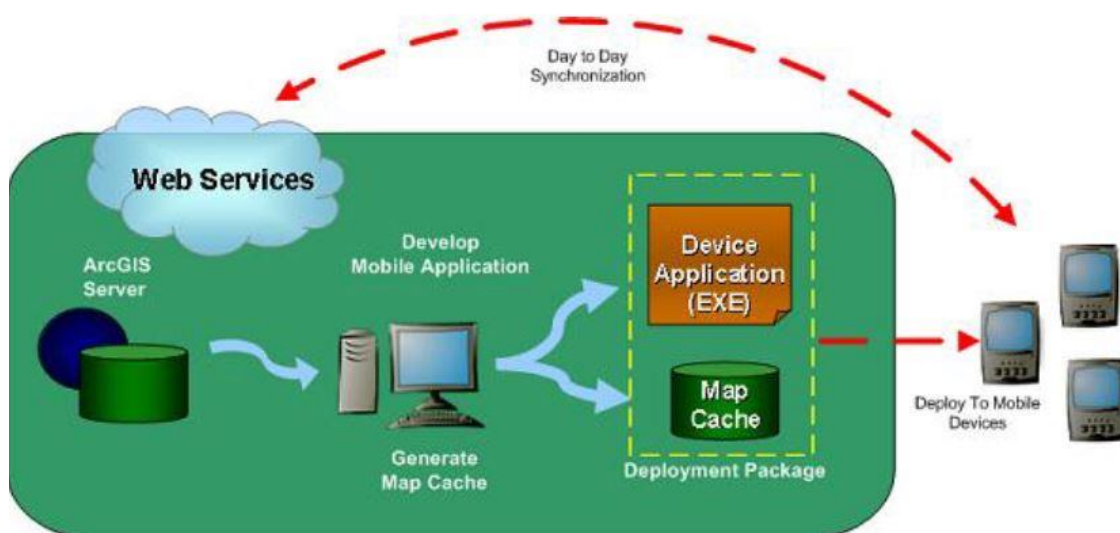
6.7 ArcGIS Engine

Kokonaan räätälöidyn Rich clientin voi rakentaa ArcGIS0Engine-sovelluskomponenteilla. On mahdollista rakentaa pelkästään perinteinen client server-sovellus, mutta SOA-arkkitehtuurissa myös ArcGIS Engine voi hyödyntää paikkatietoalustan palveluita (mm. taustakartat ja geoprosessointipalvelut).

6.8 ArcGIS Server Mobile ADF (sovelluskehityskirjasto)

ArcGIS server Mobile ADF(Mobile GIS Application Development Framework) on tarkoitettu keveiden offline-online-kyvyn omaavien paikkatietosovellusten toteuttamiseen. Mobile ADF -sovelluskehityskirjasto sisältää keskeiset paikkatietosovelluksen toteuttamiseksi tarvittavat komponentit.

ArcGIS server Mobile ADF -välineellä toteutetut sovellukset hyödyntävät toiminnassaan ArcGIS server -ympäristön palveluita, joilla voidaan tarvittaessa myös laajentaa sovelluksen toimintaa esimerkiksi keveiden paikkatietoanalyysien suorittamiseen. Toteutettujen sovellusten kehittäminen, käyttöönotto ja käyttö tapahtuvat seuraavassa esitetyn työnkulun mukaan (kuva 14).



Kuva 14. Työnkulku kehittämisen ja käyttöönoton kautta käyttöön.

6.9 Perinteisen ohjelmistokehityksen arkkitehtuurimalli

6.10 Teknisen ratkaisun kuvaus

Perinteisellä ohjelmistokehityksellä ymmärretään tässä yhteydessä, ettei rakennettava sovellus suoraan integroidu nykyiseen SOA-arkkitehtuuriin, vaan toimii itsenäisesti omassa ympäristössään.

6.11 Thin client (selainsovellukset)

ArcGIS Serveriin pohjautuvan selainsovelluksen voi rakentaa myös erilliseen ympäristöön, joka ei integroidu yrityksen muuhun arkkitehtuuriin. Toisaalta ArcGIS server pitää sisällään oman SOA-arkkitehtuurin, sillä sen palvelut on automaattisesti käytettävissä Web Services -rajapintojen -REST (representational state transfer, SOAP (Simple Object Access Protocol), OGC (Open Geospatial Consortium, Inc.), kautta.

6.12 Rich client (työpöytäsovellukset)

Perinteisessä mallissa yleensä luodaan raskaampi käyttöliittymäpään sovellus (client-server -sovellus), joka sisältää tarvittavat paikkatietotoiminnallisuudet itsessään. Tietokantaa käytetään suoraan ilman välikerrosten palveluita tai paikallisesti. Tässä arkkitehtuurissa korostuukin tietokannan rooli.

Tietovarastona usein toimii keskitetty paikkatietokanta, joka tarjoaa paikkatietoaineistoja ja paikkatietokannan toiminnallisuutta clienteleille. Mikäli halutaan käyttää keskitetyn kannan aineistoja paikallisesti suoran yhteyden sijaan, voidaan ottaa käyttöön replikointi. Replikoinnilla saadaan kopioitua tiedot keskitetystä kannasta paikalliseen kantaan ja tarvittaessa synkronoida muutokset takaisin pääkantaan.

6.13 ArcGIS Engine

ESRI:n ArcGIS Engine -tuotteella voidaan luoda räätälöity paikkatietosovellus perinteisen mallin mukaan. Käytettävissä on ArcGIS Enginen omat visuaaliset komponentit käyttöliittymän toteuttamiseen ja sen lisäksi koko ArcObjects-kirjasto monipuolisen ja rikkaan paikkatietosovelluksen toteuttamiseen. Toisaalta voidaan käyttää valmiita tai räätälöityjä geoprosessointipalveluita paikallisesti. Kun toisessa yhteydessä geoprosessointipalvelua käytetään ArcGIS Serverin palveluna Web Service -rajapintojen kautta, voidaan tässä yhteydessä käyttää GP-palveluita ArcGIS Engine -sovelluksessa paikallisesti.

6.14 ArcGIS Desktop

ArcGIS Desktop -tuotteita (ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe, ArcScene) voidaan käyttää suoraan paikkatietokantaa vasten ja laajentaa niitä valmiilla laajennuksilla (esim. Spatial Analyst ja Network Analyst). Tarvittaessa sovelluskehittäjät voivat laajentaa Desktop-tuotteita omilla laajennuksilla hyödyntämällä sovelluskehitysrajapintoja. Uudessa ArcGIS 10 -versiossa "AddIn"-laajennuksilla voidaan Desktopia laajentaa myös Javalla.

Työpöytäsovellusten tapauksessa paikkatietoalustan muodostaa yhdessä paikkatietokanta ja ArcGIS-alusta sisältäen kattavan ArcObjects-kirjaston. Samoja palveluita ja toimintoja voidaan käyttää niin paikallisesti kuin palvelimelle julkaistunakin.

6.15 ARCGIS-toteutusteknologian valinta

Sovelluskehitysratkaisun valinta erilaisissa toteutusvaihtoehdoissa on esitetty seuraavassa taulukossa 5 (kuvat 15 ja 16). Taulukon vaihtoehdot antavat karkean kuvan eri sovellustyypeistä ja ohjaavat tilanteeseen soveltuvan toteutusteknologian valintaa. Palvelinarkkitehtuuriksi suosittelemme palvelukeskeistä ratkaisua (SOA).

Karttasovelluksen toteutusteknologian valinnan perusteita ITVJ-porttaaliin on tutkittu tarkemmin PAVANET-projektin (paikkatietojen jakelupalvelun kehittäminen) tuottamassa teknologiaraportissa, joka on saatavissa projektilta. Raportissa päädytään suosittamaan web-käyttöön ArcGIS Flex API:a erityisesti tämän monipuolisten piirto- ja visualisointiominaisuuksien takia.

Ennen hankekohtaisesti tehtäviä teknologia- ja arkkitehtuurivalintoja suositellaan tekemään yhteistyötä ESRI Finland Oy:n asiantuntijoiden kanssa oikean ratkaisun varmistamiseksi.

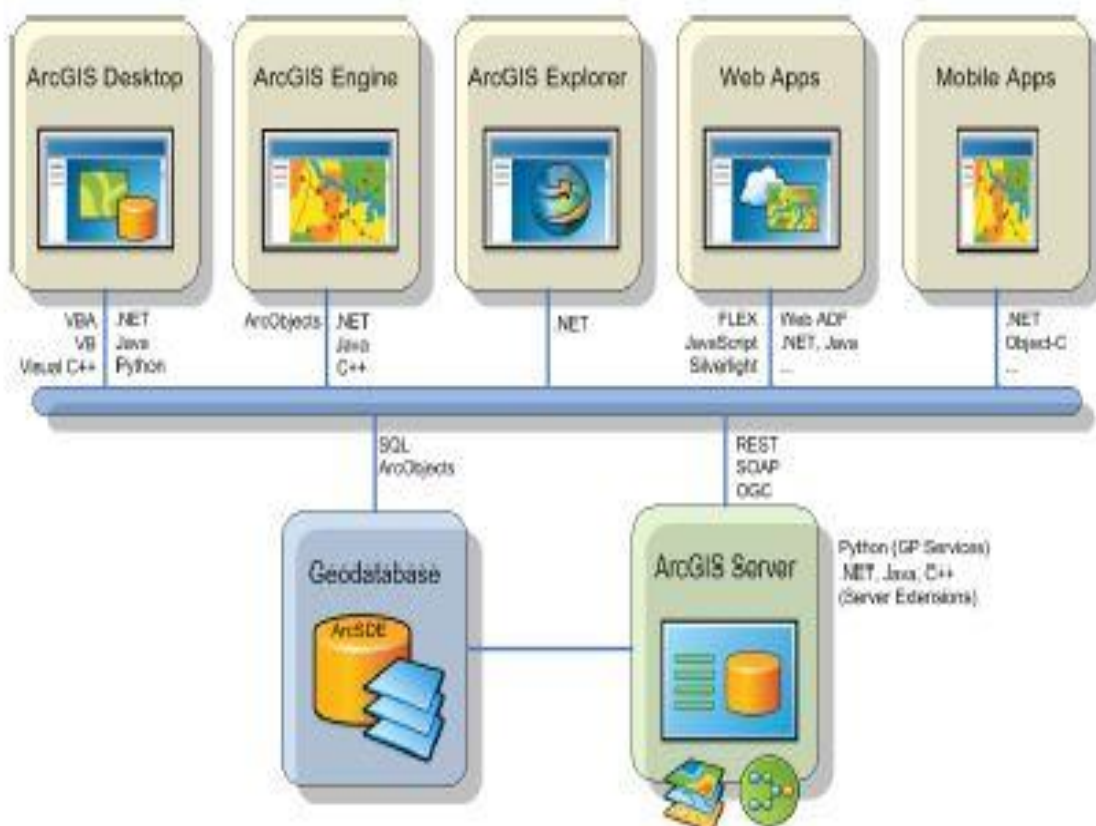
Taulukko 5. Sovelluskehitysratkaisun valinnat erilaisissa toteutusvaihtoehdoissa

	ArcGIS server Javascript API	ArcGIS server FLEX API	ArcGIS server Silverlight API	ArcGIS server Mobile ADF	ArcGIS Engine
Selain – kevyt ja yksinkertainen toiminnallisuus katselukäyttöön	X	X	X		
Selain – kevyt toiminnallisuus ja käyttäjä tarkastelee muutamia eri tietolähteitä.	X	X	X		
Selain – monipuolinen toiminnallisuus ja käyttäjä tarkastelee useita eri tietolähteitä.		X	X		
Selain – monipuolinen toiminnallisuus ja käyttäjä tuottaa uutta tietoa.		X	X		
Selain – monipuolinen toiminnallisuus ja käyttäjä seuraa liikkuvia kohteita.		X	X		
Selain – monipuolinen toiminnallisuus ja käyttäjä suorittaa yksinkertaisia paikkatietoanalyysjä.		X	X		

	ArcGIS server Javascript API	ArcGIS server FLEX API	ArcGIS server Silverlight API	ArcGIS server Mobile ADF	ArcGIS Engine
Aalakasohjelmiesto – kevyt ja suorituskykyinen sekä offline – online käyttö. Palvelut keskitetyt ArcGIS server - palvelinympäristöstä. Aineistot voidaan siirtää tarvittaessa muistikortilla tai vastaavalla.				X	
Aalakasohjelmiesto maastokäyttöön, kevyt ja suorituskykyinen sekä offline – online käyttö. Palvelut keskitetyt ArcGIS server - palvelinympäristöstä. Aineistot voidaan siirtää tarvittaessa muistikortilla tai vastaavalla.				X	
Aalakasohjelmiesto – paikkatieto upotettuna olemassa olevaan sovellukseen. Kevyt ja suorituskykyinen sekä offline – online käyttö. Palvelut keskitetyt ArcGIS server - palvelinympäristöstä. Aineistot voidaan siirtää tarvittaessa muistikortilla tai vastaavalla.				X	
Aalakasohjelmiesto – paikkatieto upotettuna olemassa olevaan sovellukseen. Suorituskykyinen ja erittäin monipuolinen. Kevyet paikkatietoanalyysit ja edistynyt paikkatietokäyttö. Voi hyödyntää ArcGIS server - ympäristön palveluita.					X
Aalakasohjelmiesto – räätälöityyn tarpeeseen suorituskykyinen ja erittäin monipuolinen. Kevyet paikkatietoanalyysit ja edistynyt paikkatietokäyttö. Voi hyödyntää ArcGIS server - ympäristön palveluita.					X
Aalakasohjelmiesto maastokäyttöön paikkatiedon keräämiseen, kevyt ja suorituskykyinen sekä offline – online käyttö. Palvelut keskitetyt ArcGIS server - palvelinympäristöstä. Aineistot voidaan siirtää tarvittaessa muistikortilla tai vastaavalla.	ArcGIS Mobile valmisohjelmiesto.				
Aalakasohjelmiesto – paikkatietoanalyysit ja edistynyt paikkatietokäyttö. Voi hyödyntää ArcGIS server - ympäristön palveluita.	ArcGIS työasemaohjelmiestot ja laajennusosat. Voidaan tarvittaessa räätälöidä ja tuottaa lisää työkaluja.				



Kuva 15. ArcGIS-paikkatietoalustan tukemat teknologiat



Kuva 16. Sovellusrajapinnat ja laajennettavuus ArcGIS-tuotteittain.

6.16 ARCGIS FOR DEFENCE -maanpuolustus sovellukset

ESRI:ltä löytyy tarvittavat välineet myös erityisesti puolustusteollisuuden tarpeisiin rakennettavia sovelluksia varten. Nämä erityistarpeet liittyvät usein taktisten merkkien symboliikkaan ja niiden käsittelyyn ja esittämiseen eri sovelluksissa. Nykyisessä ArcGIS 9.3.1 -versiossa symboliikan käsittely ja hallinta on tarkoitettu käytettäväksi pääasiassa ESRI:n työpöytäsovelluksissa. ArcGIS Desktopin Military Overlay Editor -laajennusta (MOLE) on voinut käyttää näihin tarpeisiin. Military Analyst -laajennuksella (MA) on taas voinut tehdä mm. koordinaattimuunnoksiin ja laskentaan liittyviä tehtäviä.

Uudessa julkaistavassa ArcGIS 10 -versiossa on panostettu nykyisen version ongelmakohtiin ja puutteisiin. Edellä mainittuja MOLE- ja MA-laajennuksia ei enää tarvita Military-toiminnallisuuksien käyttämiseen. Military-toiminnallisuus tulee mukaan ArcGIS:in "core" -tuotteeseen, jolloin toiminnallisuus on käytettävissä kautta koko ArcGIS-tuoteperheen. Esimerkiksi selainsovelluksissa voidaan näin ollen käyttää taktisten merkkien symboliikkaa suoraan karttapalvelusta normaalin symboliikan tapaan. Tällöin myös kaikki ArcGIS:in muutkin perustoiminnallisuudet ovat taktisia merkkejä sisältävien sovellusten käytettävissä. Sovelluskehityksessä tämä tarkoittaa huomattavaa parannusta nykyiseen verrattuna – jatkossa siis myös kaikki ArcGIS Serverin Web rajapinnat ovat tuettuna Military-symboliikan kanssa.

6.17 Yhteenveto

ESRI:n tuoteperhe tarjoaa valmiit ja yhtenäiset välineet paikkatietosovellusten kehittämiseen niin SOA-arkkitehtuurissa kuin perinteisessä arkkitehtuurissakin. ESRI:n paikkatietoalustaa ja sen palveluita voi hyödyntää monipuolisesti selain-, työpöytä- ja mobiili-sovelluksissa. Yhtenäisen paikkatietoalustan kehittäminen ja laajentaminen on yrityksen kannalta järkevää ja kustannustehokasta vähentäen eri GIS-tekniologioiden kirjoa. ESRI Finlandin palvelutarjonta kattaa laajat paikkatiedon hyödyntämiseen liittyvät palvelut. Erityisesti ESRI Finland on vahvistanut projektitoimituskykyä ja tavoitteena varmistaa, että puolustusvoimat saa ESRI:n paikkatietoteknologiaan tekemästään investoinnista maksimaalisen hyödyn irti.

ESRI Finland tarjoaa lisätietoa ja konsultointiapua asiakkaalle ja asiakkaan yhteistyökumppaneille paikkatietoarkkitehtuurin suunnitteluun, paikkatietosovellusten rakentamiseen ja oikean ArcGIS-toteutusteknologian valintaan liittyen. Saab Systems Oy:llä on vankka kokemus ESRI:n palvelintuotteiden integroinnista sekä pieniin että erittäin suurin ympäristöihin. Yrityksessä on myös tehty karttakäyttöliittymiä sekä karttasovelluskehitystä niin ESRI:n web- kuin työpöytäsovellusteknologioiden avulla.

7 Toimintaohje johtojen ja kaapeleiden sijoittamiseksi maantien tiealueelle

Tässä päättötyössä käsitellään vain valtateiden ja suurempien teiden varsiin sijoitettavia kaapeleita. Kaupungin alueelle sijoitettavia kaapeleita ei käsitellä tässä päättötyössä, koska jokaisessa kaupungissa tai kunnassa on omat sijoitusmääräykset sekä toimintatapamallit lupien hakemiselle sekä tarvittavalle koulutukselle, jonka perusteella voi toimia suunnittelijana, urakoitsijana tai työmaan valvojana.

7.1 Oikeudellinen perusta

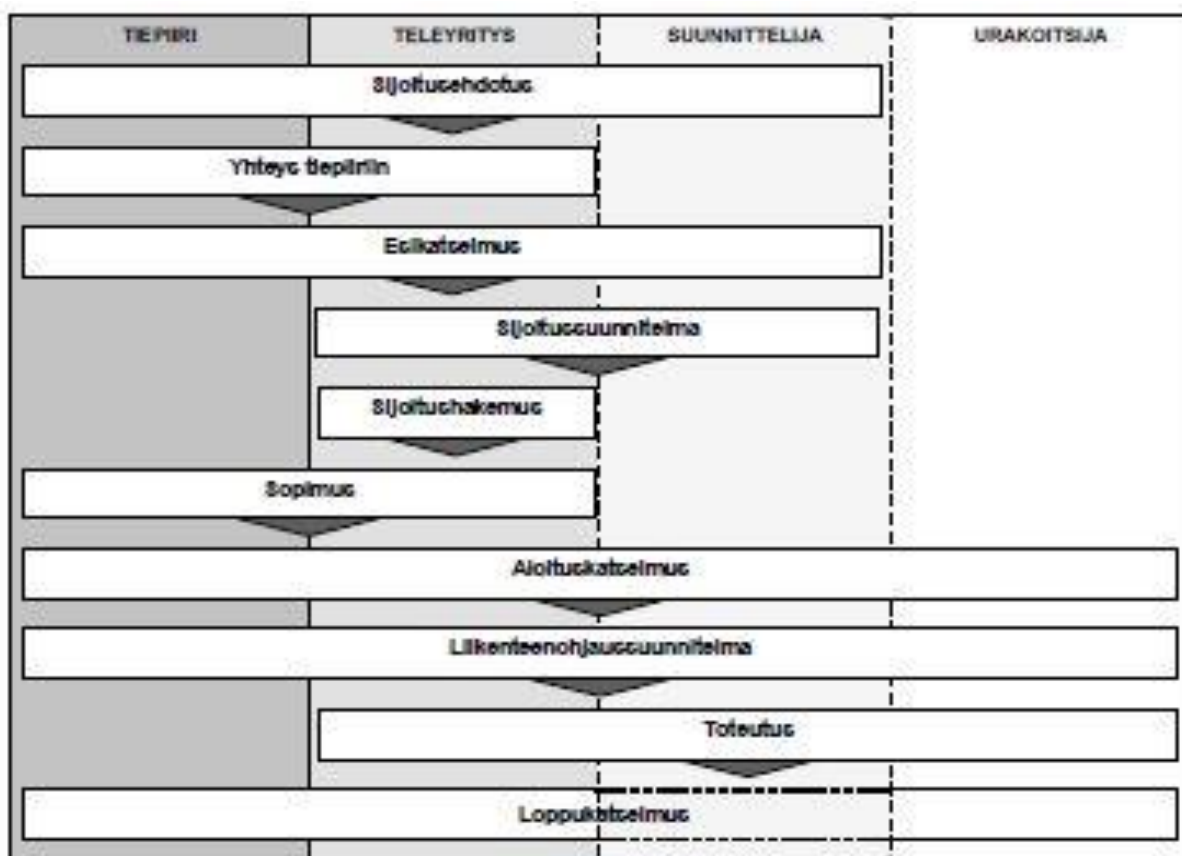
Telekaapeleiden sijoittamista maantien alueelle koskevat lähinnä viestintämarkkinalaki (393/03) sekä maantielaki (503/2005) ja maankäyttö- ja rakennuslaki (132/99). Televerkkojen teknistä rakentamista koskevat Viestintäviraston tekniset määräykset sekä niihin liittyvät standardit. Yleisiä määräyksiä sähkö- ja telekaapeleiden sijoittamisesta toistensa lähelle on kauppa- ja teollisuusministeriön hyväksymissä sähköturvallisuus päätöksissä (516/96 ja 1194/99).

Viestintämarkkinalain 101 §:n 1 momentin mukaan telekaapeli on mahdollisuuksien mukaan sijoitettava maantielaisissa tarkoitetulle tiealueelle tai kiinteistönmuodostamislaisissa tarkoitetulle yleiselle alueelle. Viestintämarkkinalain 101 §:n 3 momentin mukaan telekaapelin sijoittamisesta eikä kunnossapidosta saa aiheutua sellaista haittaa tai vahinkoa, joka on kohtuullisin kustannuksin vältettävissä. Tämä säännös on otettava huomioon telekaapelin sijoitussuunnitelmaa laadittaessa. Viestintämarkkinalain 108 §:n 1 momentin mukaan kiinteistön omistajalla ja haltijalla, kunnalla yleisen alueen omistajana ja haltijana sekä valtiolla maantiealueen omistajana ja haltijana on oikeus saada täysi korvaus haitasta ja vahingosta, joka aiheutuu 107 §:ssä tarkoitetusta toimenpiteestä (esim. puuston poisto, laitteiden kiinnittäminen rakennuksiin ja rakennelmiin sekä muiden rakennustöiden tekeminen alueella). Viestintämarkkinalain 107 §:n 3 momentin mukaan teleyrityksen on kunnostettava alue työn suorittamisen jälkeen. Maantielain 42 §:n 1 momentin mukaan tiealueeseen kohdistuva työ sekä rakennelmien, johtojen ja muiden laitteiden sijoittaminen tiealueelle vaatii tienpitoviranomaisen luvan. Lupa voidaan myöntää, jos toimenpiteestä ei aiheudu vaaraa liikenteelle eikä haittaa

tienpidolle. Luvan saaja on velvollinen tekemään rakennelman tai laitteen ja pitämään sen kunnossa tienpitoviranomaisen ohjeiden mukaan. Jos rakennelman tai laitteen käyttämisestä aiheutuu vaaraa liikenteelle tai haittaa tienpidolle, on luvan saaja velvollinen kustannuksellaan tekemään tienpitoviranomaisen vaatimat muutokset taikka siirtämään tai poistamaan rakennelman tai laitteen. Teleyrityksen oikeudesta sijoittaa yhdyskuntaa tai kiinteistöä palveleva telekaapeli toisen omistamalle tai hallitsevalle alueelle säädetään maankäyttö ja rakennuslaissa (Viestintämarkkinalaki 100 § 1 mom.). Maankäyttö- ja rakennuslain 161 §:n 1 momentin mukaan jollei sijoittamisesta ole sovittu kiinteistön omistajan ja haltijan kanssa, sijoittamisesta päättää kunnan rakennusvalvontaviranomainen. Saman säännöksen 3 momentin mukaan kiinteistön omistajalla ja haltijalla on oikeus saada korvaus johdon tai muun laitteen sijoittamisesta aiheutuvasta haitasta ja vahingosta. Telekaapelireittiä suunniteltaessa on otettava yhteys tienpitäjään. Tienpitäjän esittämät liikenne- ja rakennusteknilliset sekä tien kunnossapitoon vaikuttavat näkökohdat on otettava huomioon tienpidon ja teletoiminnan kannalta edullisimman ratkaisun.

7.2 Kaapelireitinsuunnittelu- ja toteuttamisprosessi

Teleyrityksen tai julkishallinnon toimija pitää ottaa yhteyttä tienpitoviranomaiseen, TRAFIN perustamisen myötä vastuu kaapeleiden sijoittamisesta on siirtynyt ELY -keskuksella. Suunnitteluvastuu on teleyrityksellä, tehtävä on hyvän toimintatavan mukaan informoida muita teleyrityksiä, kaapelireitin suunnittelu aloitetaan. Teleyrityksen sekä julkishallinnon toimijan ja tienpitoviranomaisen tulee yhteistyössä selvittää telekaapeleille reitti, joka on molempien osapuolten kannalta mahdollisimman tarkoituksenmukainen ja turvallinen (kuva 17).



Kuva 17. Telekaapelireitin suunnittelu- ja toteuttamisprosessi

7.3 Suunnitelman sisältö

Telekaapelin sijoittamista koskevassa suunnitelmassa otetaan huomioon muut sijoitusalueiden käyttöä koskevat suunnitelmat ja hankkeet. Siten turvataan kaapelireitille ja asennettaville kaapeleille mahdollisimman pysyvä sijainti. Suunnitelman laatimisessa tulee käyttää ammattitaitoista suunnittelijaa. Suunnitelman laatijalla tulee olla kokemusta teletekniikan lisäksi myös maarakenteiden suunnittelusta. Teleyrityksen ja julkishallinnon toimijan velvollisuus on selvittää tien rakenteet ja laitteet sekä reittiä koskevat suunnitelmat. Tienpitoviranomainen antaa näistä pyydettyä tietoa.

Tarvittavia tietoja ovat mm.

- reitin varrella vireillä olevat maanteitä koskevat suunnitelmat
- alueella mahdollisesti sijaitsevat erikoiskohteet (pohjavedensuojaus,
- rauhoitetut kohteet, yms.)
- tienpitoviranomaisen liikennetelematiikkalaitteet
- tierekisteriosoitteet, siltojen numerot.

Suunnitelma tulee suhteuttaa hankkeen laajuuteen. Suunnitelmasta tulee selkeästi ilmetä mm. seuraavat asiat:

- kaapelin sijoitus
- toteutusaikataulu.

Yksityiskohtaiset kaapelireitin suunnitelmat ja kaapeleiden sijaintipaikat tarkistetaan tienpitäjän harkinnan mukaan maastossa tienpitäjän kanssa, jolloin myös paikalliset olosuhteet voidaan ottaa paremmin huomioon.

Valmiita esimerkkejä löytyy Trafín (ELY keskuksen) ohjeista **Telekaapelit ja maantiet 2009, TELEKAAPELEIDEN SIJOITTAMINEN TIEALUEELLE**.

7.4 Sopimus

Esikatselmuksen, sijoitushakemuksen ja sijoitussuunnitelman perusteella teleyritys ja tienpitoviranomainen solmivat sopimuksen telekaapelin sijoittamisesta.

Sopimukseen kirjataan seuraavat tiedot:

- sopijapuolet
- sopimuksen kohde
- yhteyshenkilöt
- katselmukset ja työnaikainen ohjaus
- erityisohjeet asennuksesta
- vastuut kustannuksista
- vastuut vahingoista
- muut kaapelin sijoittamiseen vaikuttavat seikat.

Jos teleyritys tai julkishallinnon toimija laatii viestintämarkkinalain mukaisen telekaapelisuunnitelman, pyritään tiealueen osalta silloinkin noudattamaan edellä selostettua neuvottelu- ja sopimusmenettelyä. Sopimus ei anna oikeutta asettaa tiealueelle muiden kuin sopimuksessa mainittujen teleyritysten kaapeleita. Jos samalle reitille tulee muiden teleyritysten kaapeleita, solmitaan jokaisen teleyrityksen ja tienpitoviranomaisen välillä erillinen sopimus.

Sopimus sisältää maantielain 42 §:n mukaisen luvan tehdä tiealueeseen kohdistuvaa työtä kaapelin rakentamiseksi tiealueelle. Myöhemmin tapahtuviin telekaapeleiden muutos- ja kunnossapitotöihin tarvitaan uusi erillinen lupa. Lupaa ei kuitenkaan tarvita ajoradan ulkopuolella tapahtuvia lyhytkestoisia töitä varten, jos työ ei vaadi liikenteenjärjestelyjä. Välttämättömissä viankorjaustoimenpiteissä noudatetaan kuvattua toimintatapaa **Telekaapelit ja maantiet 2009, TELEKAAPELEIDEN SIJOITTAMINEN TIEALUEELLE**.

7.5 Sijainnin merkitseminen maastoon

Maakaapelinreitti on merkittävä maastoon ennen työn alkua koko työalueella. Samassa yhteydessä on sovittava suoja-alueesta, jonka sisäpuolella ei kaivutyötä saa suorittaa ilman kaapelin omistajan erikseen antamia ohjeita. Suoja-alueen leveys on yleensä 1-5 metriä, kunnes tarkempi sijainti on selvitetty. Maastossa kaapelinpaikantimella (=hakulaite tai GPS) mitatun sijainnin molemmin puolin on 0,5...1,5 m suojavavyöhyke. Syvällä olevien johtojen sijaintitieto on epätarkin. Rakennustyöhön ei saa ryhtyä ennen kuin kaapelin sijainti on merkitty maastoon.

Maakaapelin reitin selvittämisessä tulee hyödyntää rekistereissä olevia sijaintitietoja. Silloin kun sijaintitieto on olemassa tarkassa numeerisessa muodossa, tulee kaapelin merkitseminen maastoon voida tapahtua numeerisen karttatiedon perusteella ilman, että teleyrityksen edustajan tarvitsee toteuttaa näyttöä paikan päällä. Kaapelin sijainnin merkitseminen tapahtuu telekaapelien omistajilta saatavien karttatietojen tai numeeristen koordinaattitietojen perusteella ensisijaisesti sähköisiä kaapelinhakulaitteita käyttäen. Kaapelin sijainti ja merkitseminen voidaan vielä varmistaa kaivamalla kaapeli näkyviin määrävälein. Suojavyöhykkeiden sisällä kaapelien sijainti varmistetaan lapiokaivuna ennen konekaivua. Tien rakentaja merkitsee tietyön ajaksi kaapelin kulun lenkkeineen maastoon sellaisin merkein, joista ilmenee kaapelin omistaja ja kaapelin laatu. Uusimmissa kaapeliasennuksissa (2000-luvulla) kartoitustarkkuus on merkittävästi parantunut mm. GPS-laitteiden kehityksen ja lisääntyneen käytön myötä. Myös kaapelien sijainnin selvittäminen numeerisen koordinaattitiedon perusteella on näin ollen entistä tarkempaa. Em. varoetäisyyksiä on näissäkin kuitenkin noudatettava.

Koordinaattien mittaamisen virheet korostuvat, kun lasketaan eri kerroilla (kaapelin asennus ja tien reunan mittaus) mitattujen koordinaattien erotusta. Etenkin maaseudulla tiesuunnitelmaportaan mittakaava on 1:2000, jolloin sisäluiska näkyy 1,5 mm levyisenä. Kartasta ei voi päätellä kaapelin etäisyyttä tien reunasta. Mm. tämän vuoksi on kehitettävä keinoja, joilla sähköistä numeerista tietoa voidaan luotettavasti hyödyntää kaapeleiden paikantamiseen. Tienpitoviranomainen edellyttää, että urakoitsijat, jotka suorittavat kaivutyötä tiealueella, selvittävät alueella sijaitsevat kaapelit ja laitteet.

Kaivutöiden suorittaja on vastuussa kaapelivaurioista, mikäli tämä ei ole selvittänyt kaivualueella olevien maanalaisten kaapeleiden ja laitteiden olemassaoloa ja sijaintia (viestintämarkkinalaki 111 § 1 mom.). Kaapeleiden sijaintitietoja saa maksutta teleyrityksiltä tai näiden palveluntarjoajilta (esim. Johtotieto Oy), kun pyyntö tehdään riittävän ajoissa. Normaali toimitusaika on kolme työpäivää. Sijaintien selvittämiseen ja merkitsemiseen voidaan käyttää myös ns. näyttöpalveluita myyviä yrityksiä, jollaisia ovat mm. teleyritysten käyttämät urakoitsijat. Myös nämä tiedot teleyritys antaa maksutta (viestintämarkkinalaki 111 § 2 mom.). Lisäksi teleyrityksen on annettava työn suorittajalle vaaran välttämiseksi tarpeelliset tiedot ja ohjeet (viestintämarkkinalaki 111 § 3 mom.).

7.6 Huomioitavaa kaapelin sijoittamisesta

Telekaapeleiden sijoittaminen sisältää suuren määrän erinäistä ohjeistusta, johon suunnittelijan on tutustuttava. Parhaiten nämä selviävät tutustumalla Trafim (ELY keskuksen) ohjeista **Telekaapelit ja maantiet 2009, TELEKAAPELEIDEN SJOITTAMINEN TIEALUEELLE**, sekä kysymällä vanhemmilta suunnittelijoilta, jotka ovat telekaapeleita teiden varsille sijoittaneet.

8 GPS

GPS eli Global Positioning System (maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä) on Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä ja rahoittama satelliittipaikannusjärjestelmä, viralliselta nimeltään Navstar GPS. Se on nykyään yleisimmin käytetty GNSS-järjestelmä (Global Navigation Satellite System). Navstar-GPS:n kehitystyö aloitettiin 1970-luvun puolivälissä ja tarkoituksena oli luoda sekä sotilas- että siviilikäyttöön tarkka, reaaliaikainen ja yksisuuntainen paikannusmenetelmä.

Differentiaalinen GPS kehitettiin SA-häirinnän (sodanajan häirinnän) aiheuttaman epätarkkuuden poistamiseen muun muassa merenkulkijoiden tarpeisiin. Kun SA-häirintä (poistui 2000-luvun alussa) oli päällä, paikannustarkkuus oli 100 metrin paikkeilla. Uusi tukiasema, nk. referenssiasema, jonka sijainti oli tarkkaan tiedossa, laski SA-häirinnän aiheuttaman virheen kuuntelemalla satelliittien lähettämää dataa sekä vertaamalla sitä omaan tarkkaan paikkaansa. Näin saatiin laskettua virheen suuruus. Asemia jouduttiin kuitenkin perustamaan useita, sillä virheen suuruus vaihtelee eri paikoissa maapalloa.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään pelkästään kaupallisessa käytössä oleviin kantehtaviin GPS-laitteistoihin ja ohjelmistoihin. Opinnäytetyössä käytetään jo hankittuja ohjelmistoja sekä käytössä olevia laitteita kehittämällä niiden käyttöä. Tarkoituksena on myös tutkia tulevaisuuden näkymiä joita käyttämällä käytössä olevia resursseja hyödynnettäisiin tehokkaammin. Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda osaltaan pohjaa suunnitteluun vaikuttavien tekijöiden ymmärtämiselle, huomioon ottamiselle, laadunvalvonnan, dokumentoinnin kehittämiseksi ja ohjeistamiselle sekä kestäväen kehityksen periaatteelle. Opinnäytetyössä ei ole tarkoituksena käsitellä koko GPS/GNSS-järjestelmää eikä sen ominaisuuksia, koska se on liian laaja kokonaisuus käsiteltäväksi tässä työssä.

GPS-järjestelmän yhteen sopivuuden testaus DYNATEL 2000 -sarjan kaapelinhakulaitteen tehtiin TRIMLE JUNOS -sarjan laitteen kanssa. Käytössä oli Suomen 3M:n edustajan Mauri Leväsen hankkima sarjaliikennesovitin (tullut 3M:n Yhdysvaltojen Texas Houstonin toimipisteeltä, laitteessa ei ollut valmistajan nimeä) sekä TRIMLE JUNOS GPS-laite.

Testissä ei ollut mahdollista käyttää Puolustusvoimissa käytössä olevaa ESRI ARCIS karttapohjaa, koska käytettävä TRIMLE JUNOS-sarjan laite ei tue ESRI ARCIS- tiedostoformaattia. Muunnosohjelman kalleuden takia, ei ollut myöskään mahdollista hankkia ohjelmaa pelkän testauksen vuoksi. Testauksessa käytettiin 3M RFID-antennipalloja sekä julkisessa käytössä olevaa karttapohjaa. Testin tuloksia verrattiin ESRI ARCIS-karttapohjan antamiin tietoihin. Tulosten heitot olivat 10 senttimetrin luokkaa. RFID (Radio Frequency IDentification) antennipallojen tiedot siirtyivät oikein. Tämä on oikein hyvä tulos pelkästään kaupallisella laitteella.

TRIMLE:n edustajan Geotrimin mukaan halvimpiin TRIMLE JUNOS-sarjan laitteisiin tulee tänä vuonna (2014) ohjelmisto, joka tukee ESRI ARGIS-formaattia. ESRI ARCIS-ohjelmiston karttatietoja ei voi esitellä tässä julkiseksi tehdyssä opinnäytetyössä, koska ne sisältävät viranomaistietoja, joita ei voida esitellä julkisesti.

Hankkimalla sopiva laskentaohjelmisto, joka parantaa paikkakohtaista tarkkuutta sekä hankkimalla laadukkaampi laitteisto, voidaan tiedot siirtää suoraan ESRI ARCIS-karttapohjille. Paikannustarkkuus tällaisilla laitteistolla on senttimetriluokkaa. Liitteet 1,2,3 ja 4.

GPS-signaalin häiriöt

GPS-järjestelmän häiriöihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Häiriötä voi olla tahallisia tai tahattomia. Tahattomista häiriöistä voidaan mainita esimerkiksi vikaantuneen TV-lähttimen aiheuttama häiriö. Yhdysvalloissa 2004 vikaantunut TV-lähetin aiheutti ison alueen GPS-signaalin katoamisen.

Tahallisista häiriöistä voidaan mainita GPS-signaalin häirintälähttimet. Tällainen lähettin halvimmillaan maksaa Kiinassa noin 10 dollaria. Häirintälähttimiä käyttävät esimerkiksi jakeluautojen kuljettajat, joiden kulkua seurataan kartalta GPS-signaalin avulla. Halutessaan kuljettajat voivat kytkeä lähttimen päälle pitääkseen ”pidemmän ruokatauon” (kuva 18).



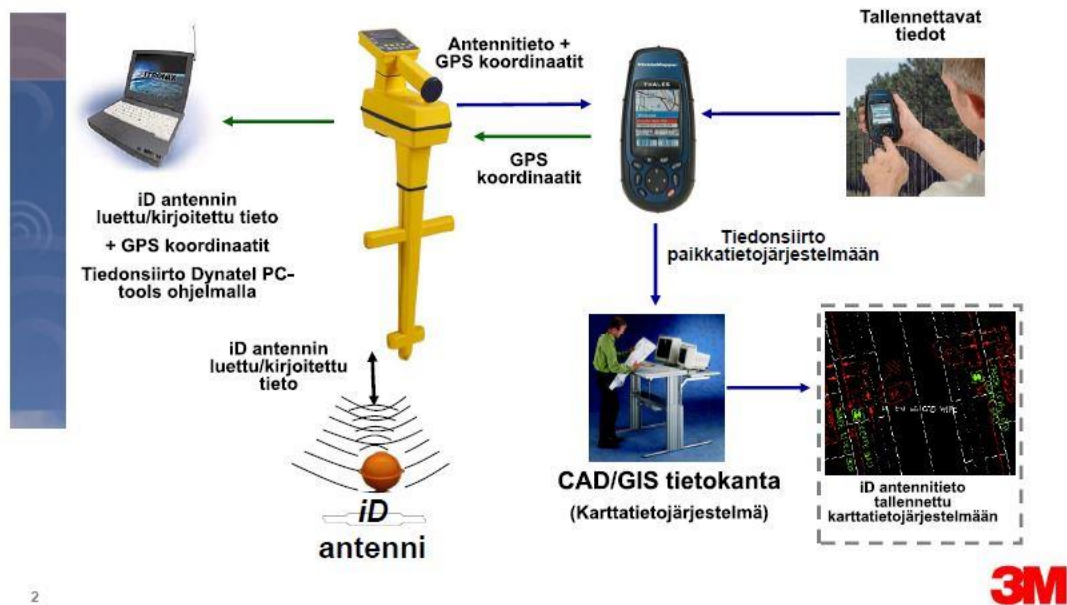
Kuva 18. Häirintälähetin GPS-signaalille.

9 Kaapelinhakulaitteet

Puolustusvoimien Johtamisjärjestelmäkeskusten yksiköt ovat hankkineet käyttöönsä pääsääntöisesti 3M:n Dynatel 2000-sarjan laitteita viime vuosien aikana. Erot eri sarjan laitteiden ominaisuuksissa ovat melko pieniä. Ainoastaan ensimmäisen sarjan laitteilla ei voida lukea eikä kirjoittaa ID-antennipalloja sekä ID-antennitappeja. Laitteet kuitenkin löytävät sekä ilmaisevat pallojen ja tappien paikan. Uudemman sarjan laitteet sisältävät myös kaapelin syvyyden sisältävät tiedot, jotka ovat erittäin hyödyllisiä dokumentoinnin kannalta (kuva 19).

Hyödyntämällä nykyaikaista teknologiaa valokaapeliverkoston merkitsemisessä ja kaapelinhaussa 2200 M-ID -sarjan hakulaitteet voidaan varustaa sarjaliikenne porttiin liitettävällä sovittimella, jonka kautta ID-antenneihin kirjoitetut tiedot voidaan lukea sekä siirtää GPS-laitteiden tai tietokoneen (PC-Tools) ohjelman avulla paikkatietojärjestelmien karttapohjille.

2XXX-iD hakulaitteet ja GPS paikannus



Kuva 19. Kaapelinhakulaite ja GPS-järjestelmäkaavio.

9.1 Kaapelimerkinnot

Teleoperaattoreilla sekä muilla toimijoilla on ollut monenlaisia merkintätapoja valokaa- pelireiteille sekä kaivoille. Varsinaista yleistä standardia ei ole ollut olemassa, jokainen operaattori tai urakoitsija on saattanut käyttää omanlaista merkintätapaa. Osa merkin- tätavoista on haitaksi teitä hoitaville työkoneille, esimerkiksi niittokoneille. Merkintäta- voista aiheutuu vaaraa ihmisille sekä eläimille niiden ollessa lähellä tienreunaa (kuva 20).



Kuva 20. Kaapelin merkintätapa

Sijoitettavien valokaapeliin määrä oli aikaisemmin huomattavasti pienempi, joten merkintä ei näytellyt tärkeää osaa rakentamisessa. Nykypäivänä pääteiden varsilla saattaa kulkea jopa kahdenkymmenen toimijan valokaapeleita, jolloin kaapeleiden merkinnästä on tullut tärkeä tekijä.

ELY-keskus on antanut ohjeistusta ohjeessa, ohje **Telekaapelit ja maantiet 2009**, TELEKAAPELEIDEN SIJOITTAMINEN TIEALUEELLE kaapeleiden merkitsemiseksi.

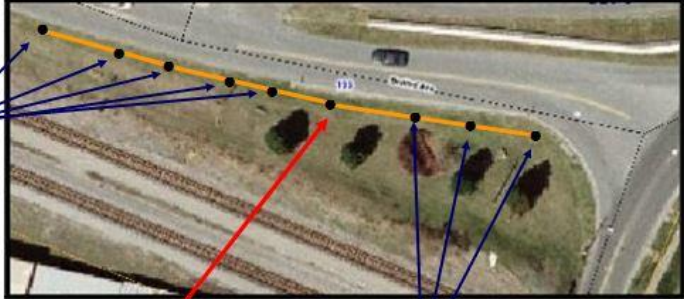
9.2 ID-antennit

ID-antennit ovat erittäin nykyaikainen tapa merkitä valokaapelireittejä sekä reitillä olevia kaapelikaivoja sekä jatkoksia. Yleisin käytetty on pallo ID-antenni kaivojen sekä jatkoksien merkitsemiseen. Tärkein huomioitava asia ID-antennipallojen käytössä on muistaa valmistajan antama maksimiasennus syvyys huomioiden talven aiheuttama maan pinnan syvyyden muutokset. Muita tärkeitä huomioitavia asioita on metalliset kaivonkannen luukut joiden suoraan alle sijoitusta pitää välttää. Antennin tietojen lukeminen voi vaarantua. Maanrakennustöiden vaikutus pitää myös huomioida, esimerkiksi jos kaivot peitetään multakerroksella nurmikον istuttamista varten tai tien vartta maisemoidaan.

ID-antennit sisältävät nestettä, jossa varsinainen elektroniikkaosa kelluu. Tästä johtuen antenni asettuu aina oikeaan asentoon kohtisuorasti maan pintaan nähden. ID-antenneja voidaan asentaa kaivon kannen betonivaluihin jo betonivalimoissa. Tämä on antennin pysyvyyden kannalta varmin sijoituspaikka. ID-antennin tietojen kirjoitus voidaan tehdä pysyväksi tai jättää aukinaiseksi uudelleen kirjoitusta varten. Ainoa pysyvä tieto antennissa on ID-numero, jota ei pystytä muuttamaan. ID-numero on erittäin käytettävä ominaisuus antennissa. Se on satunnaisten valmistus sarjanumeroiden perusteella antennin ROM-muistiin kirjoitettu. ID-antennin mukana tulee muovitettu sarjanumerotunnus, mikä voidaan arkistoida sellaisenaan. Mitään asiakasperäistä numeroseurantaa ei ole. ID-numeron perusteella voidaan nimetä kaapelikaivoja sekä siirtää suoraan tiedot GPS-koordinaattien kanssa karttapohjalle. Uusien kaapelireittien suunnittelimesta kaivojen ID-numeroilla nimeäminen helpottaa huomattavasti. Urakoitsijalle voidaan antaa ID-numerot, joiden kaivojen kautta uusi kaapelireitti kulkee (kuva 21).

Puolustusvoimien Johtamisjärjestelmäkeskuksen suositus on, että pelkkä ID-tunnus on antennin ainoa kirjoitettu tieto salassapidettävyyden vuoksi. Kuitenkin ID-antennipalloja asennettaessa tulisi käyttää RFID-palloja tulevaisuuden varalta sekä jättää auki uudelleenkirjoitusta varten (kuva 22).

Dynatel™ GPS Interface Type 2 - Upload to CAD/GIS System



iD Marker Locations

GPS/GIS Recorded Route

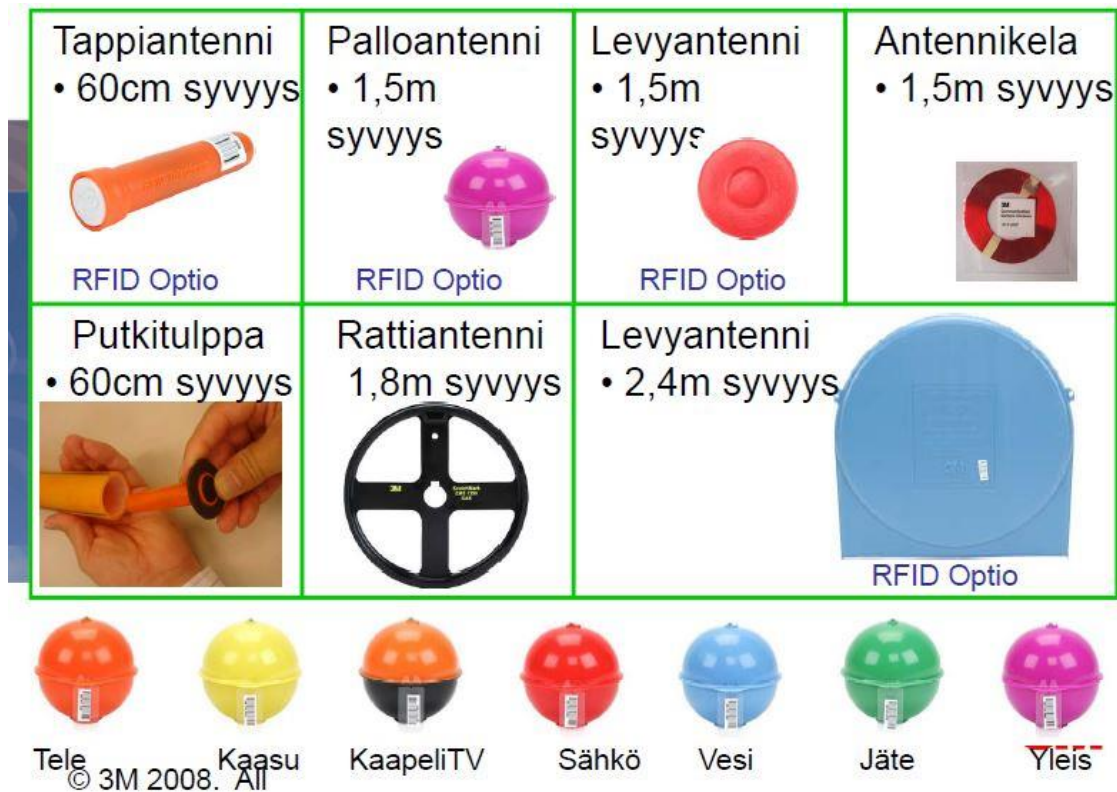
Systematically collected data (example)

- iD # 000-001-6710
- Label1: 1423-XR/iD Water ID Ball
- Company: SBC
- Descriptn: Valvee
- Type: 3M
- Size: 4 INCH
- Type: C900
- Lat: 30°23' 65N
- Longitud: 97°50.34W
- Elevation: 1,227 ft

3M

2

Kuva 21. Esimerkkisijoituskaavio joka siirrettävissä karttapohjalle



Kuva 22. ID-antennit

9.3 Kaapeliputkilinjat

Kaapeliputkilinjat, jotka on rakennettu tienvarsille helpottamaan esimerkiksi risteysten ylittämistä tai tien pitäjän määräyksestä jonkin erityisen syyn takia. Monesti eri aikausilla rakennetut linjastot on piirretty manuaalisesti karttapohjiin tai merkitty melko heikkotarkkuuksilla GSP-laitteilla otettuihin karttakoordinaattiin. Tällaisen varsinkin tyhjän putkilinjan uudelleen kartoitus tai putkilinjan jatkamissuunnittelu on ollut työlästä. Koordinaatit saattavat heittää useita kymmeniä metrejä.

Dynatel 2000-sarjan kaapelinhakulaitteeseen saa liitettyä putkisondin, joka sisältää 9 voltin nappipatterilla toimivan voimakkaan lähettimen. Putkisondi on amerikkalaisvalmisteinen. Sen kiinnityspiste on mitoitettu tuumamitoituksella. Suomen 3M toimittaa sovitusaadapterin putkisondin mukana (kuva 23).

Työntämällä putkisondi työntökaapelilla (putkikäärme) putkilinjaan, tai jos putkilinja on varustettu vetonarulla niin kuin hyvän rakentamistavan mukaisesti pitäisi olla, vetämällä uuden vetonarun avulla saadaan otettua koordinaatit hakulaitteen avulla. Uusimmilla hakulaitteilla saadaan myös syvyystiedot.



Kuva 23. Putkisondi.

10 Tulevaisuuden näkymiä ja yhteenveto

Tulevaisuuden näkymät tietoliikenneverkkojen suunnittelun, rakentamisen sekä dokumentoinnin osalta näyttävät olevan samansuuntaisia kuin yhteiskunnassa yleisesti vallitsevat rakennemuutoksesta aiheuttavat suuntaukset ovat. Tietoliikenneverkkojen rakentaminen, suunnittelu ja dokumentointi ovat työvoimavaltaista alaa, jota kuormittavat mittavat työvoimakustannuksista aiheutuvat kulut. Seuraavia sovellutuksia saatetaan nähdä tämän vuosikymmenen aikana (liitteet 3 ja 4).

- Telekaapeliverkkojen suunnittelun kartoitustyössä käytettävät miehittämättömät UAV-lennokit (Unmanned Aerial Vehicle) jotka käyttävät kartoituksessa 3D laserskannattuja karttapohjia (kuva 24).
- Tulevaisuuden tietoliikenneverkon aktiivilaitteet sisältävät mittaukseen ja testaukseen liittyvät moduulit, joista saadaan kaikki kapasiteettiin ja valokuituihin liittyvät parametrit dokumentointia varten.
- GPS-tekniikkaa hyödyntävät miehittämättömät kaivinkoneet valokaapeleiden asennuksessa.
- Erittäin spesifioidut uutta teknologiaa hallitsevat yritykset, jotka toimivat rakentamistoimialalla.

Gatewing X100
REVOLUTIONARY MAPPING

SOVELLUSALUEITA

- Kallvosaluut
- Infrakohteet
- Rakennukset, asutut alueet
- Maatalous
- Arkeologisten kaivauksen dokumentointi
- Yhdyskuntatekniset kohteet
- Kaatopaikat
- Tierakentäminen
- Verkostot (sähköt, vesit...)
- Metsänhoito
- Tulva-alueet
- Eroosioiden monitorointi
- Tilausalaakerta (suur)
- Geologinen tutkimus

Gatewing X100 on kustannustehokas ja erittäin tuottava tapa harikoida maastotietoa keskisuurilla alueilla. Kevyellä lennokkaalla päästään turvallisesti kohteisiin, esimerkiksi riskialueille, joihin muuten ei ole mahdollista mennä.

Tulokset nopeasti. Järjestelmä on helppokäyttöinen otettava ja yksinkertainen käyttää. Erityistä ilmailu- ja turvallisuuslupaa ei tarvita: automaattinen ilmakuvaus hoitaa kaiken itse. Lentoa on kätevää seurata ja tarvittaessa ohjata Trimble'n tutulla Tablet PC-maastotietokoneella.

Kuva 24. Miehittämätön lennokki

Yhteenveto

Opinnäytetyössä pyrittiin käyttämään jo hankittuja ohjelmistoja sekä käytössä olevia laitteita kehittämällä niiden käyttöä. Tarkoitus oli myös tutkia tulevaisuuden näkymiä, joita käyttämällä käytössä olevia resursseja hyödynnettäisiin tehokkaammin. Opinnäytetyön tarkoitus on ollut luoda osaltaan pohjaa suunnitteluun vaikuttavien tekijöiden ymmärtämiselle, huomioon ottamiselle, laadunvalvonnan, dokumentoinnin kehittämiseksi ja ohjeistamiselle sekä kestäväen kehityksen periaatteelle.

Tämä opinnäytetyö on opettanut minua tutkimaan syvällisesti valokuituihin liittyviä fyysisiä ilmiöitä. Asioihin on pitänyt perehtyä erittäin syvällisesti niin teorian kuin käytännön teknisten yksityiskohtien opiskelussa. Suurta vaikeutta on ollut löytää valokuitutekniikan hyvää oppimateriaalia. Tietoa olen kerännyt valmistajien julkaisemista kirjallisuudesta, sähköisistä materiaaleista sekä valmistajien myyntiesitteistä. Suurena apuna ovat olleet myös työyhteisöni kollegat, joilta olen saanut yliopistoissa käytettyä tutkimusmateriaalia sekä tutkimustuloksia, unohtamatta käytännön työntekijöiden ohjeistusta ja opetusta.

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus käsitellä tarkemmin valokuitumittauksen sekä ITIL:n (Information Technology Infrastructure Library) maailman toimintatapamallin kehittämistä. Kuitenkin vuoden 2013 aikana Valtionvarainministeriöltä tuli lausunto, jonka vielä kuitenkin pitää odottaa perustuslakivaliokunnan sekä eduskunnan päätöstä Puolustusvoimien runkoverkon, runkoverkon aktiivilaitteiden sekä niihin liittyvän dokumentoinnin siirtymisestä Suomen Turvallisuusverkko Oy:lle. Suomen Turvallisuusverkkojen liiketoiminta malli on kuitenkin jäänyt kyseessä olevien asioiden osalta hyvin epäselväksi, joten päätin jättää kehittämissuunnittelun nykyiselle tasolle.

Lopuksi haluan kiittää lähimpiä työkavereita ja organisaatiota saamastani tuesta sekä yhteistyökumppaneita saamastani materiaaleista sekä tuesta.

Erityiset kiitokset Suomen 3M:n edustajille Mauri Leväselle sekä Tero Takkavuorelle.

Lähteet

Kirjallisuus

1. Helkama 2001. Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. Tampere: Helkama Bica Oy.
2. Hummelholm, Aarne 2000. DWDM-tekniikkaa tiedonsiirtoverkoissa. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.
3. Draka NK Cables 2004. Optinen verkko. AEL:n opintomateriaalia. Helsinki: Draka NK Cables.
4. Siemens AG 2004. Wavelength Division Multiplexing. AEL:n opintomateriaalia. Helsinki: Siemens AG.
5. Laferriere, Jerome 2002. Chromatic dispersion requirements. USA: Acterna.
6. Peerlings, Joachim 2004. From Loss Test to Fiber Certification, Fiber Characterization Today. Part1: Chromatic Dispersion. Germany: Optical Network Test Division, Agilent Technologies.
7. Seppäläinen, Erkki 2004. Optinen verkko-uutuudet, GFP, CWDM, kuidun ominaisuudet. AEL:n opintomateriaalia. Helsinki: AEL.
8. Peerlings, Joachim 2004. From Loss Test to Fiber Certification, Part 2. Fiber Characterization Today: Polarization Mode Dispersion. Germany: Optical Network Test Division, Agilent Technologies.
9. Canestri, Franco 2004. Polarization Mode Dispersion measurements methods for the Fiber Optic Network Test field applications. Böblingen Germany: Agilent Technologies GmbH.

11. Agilent Technologies. Polarization - dependent loss measurements using modular test system configurations [viitattu 10.11.2005]. Saatavilla [www-muodossa: http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-5720E.pdf](http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-5720E.pdf).
12. Aso, Osamu & Tadakuma, Masateru & Namiki, Shu 2000. Four-Wave Mixing in Optical Fibers and its Applications. Opto-technology Lab. Furukawa Review no19. 2000 [viitattu 7.11.2005]. Saatavilla [www-muodossa: http://www.furukawa.co.jp/review/fr019/fr19_12.pdf](http://www.furukawa.co.jp/review/fr019/fr19_12.pdf).
13. Audet, Francis. Dispersion - compensating fiber: Precision and repetition. EXFO [viitattu 24.10.2005]. Saatavilla [www-muodossa: http://documents.exfo.com/apnotes/anote122-ang.pdf](http://documents.exfo.com/apnotes/anote122-ang.pdf).
14. Audet, Francis. Chromatic dispersion analysis methods. EXFO [viitattu 25.10.2005] Saatavilla [www-muodossa: http://documents.exfo.com/apnotes/anote077-ang.pdf](http://documents.exfo.com/apnotes/anote077-ang.pdf).
15. Bains, Sunny 2000. Dispersion- compensating fiber may allow 1550 nm transmission [viitattu 7.7.2005]. Saatavilla [www-muodossa: http://cgw.pennet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Articles&Subsection=Display&ARTICLE_ID=93860](http://cgw.pennet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Articles&Subsection=Display&ARTICLE_ID=93860).
16. Billington, R 1999. A Report of Four-Wave Mixing in Optical Fibre and its Metrological Applications. National Physical Laboratory [viitattu 7.11.2005]. Saatavilla [www-muodossa: http://www.npl.co.uk/photonics/nonlinear/coem24_fwm.pdf](http://www.npl.co.uk/photonics/nonlinear/coem24_fwm.pdf).
17. Billington, R 1999. Measurement Methods for Stimulated Raman and Brillouin Scattering in Optical Fibres. National Physical Laboratory [viitattu 9.11.2005]. Saatavilla [www-muodossa: http://www.npl.co.uk/photonics/nonlinear/coem31.pdf](http://www.npl.co.uk/photonics/nonlinear/coem31.pdf).
18. Craig, Rex M & Wang Chih-Ming 2003. Measurement Assurance Program for Wavelength Dependence of Polarization Dependent Loss in Fiber Optic Devices over the Wavelength Range from 1535 nm to 1560 nm. National Institute of Standards and Technology [viitattu 10.11.2005]. Saatavilla [www-muodossa: http://ts.nist.gov/ts/htdocs/230/233/calibrations/Publications/series-pdf/SP250-60.pdf](http://ts.nist.gov/ts/htdocs/230/233/calibrations/Publications/series-pdf/SP250-60.pdf).
19. Deragon, Aaron & Ferry, Jeff. Measuring and Compensating for PMD in High-Speed Optical Networks [viitattu 14.11.2005]. Saatavilla [www-muodossa: http://www.nettest.com/upload/pmd-in_high-speed_networks.pdf](http://www.nettest.com/upload/pmd-in_high-speed_networks.pdf).

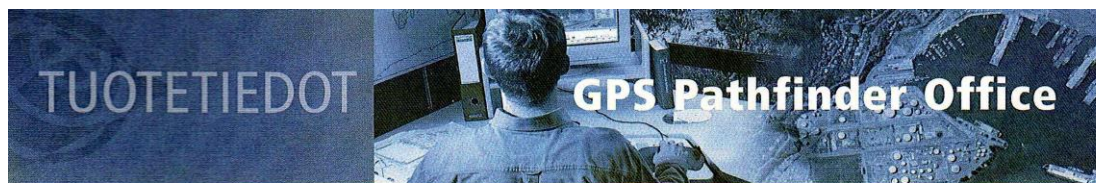
20. Draka Comteq 2005. Single Mode Optical Fibre (SMF) Type: G.652.B [viitattu 12.7.2005]. Saatavilla www-muodossa:
[http://www.drakafibre.com/drakafibre/NavTopicEnglish/Downloads\(Dir\)PN_G.652.pdf](http://www.drakafibre.com/drakafibre/NavTopicEnglish/Downloads(Dir)PN_G.652.pdf).
21. Draka Comteq 2005. Single Mode Optical Fibre (SMF) Type: G.652.B [viitattu 12.7.2005]. Saatavilla www-muodossa:
[http://www.drakafibre.com/drakafibre/NavTopicEnglish/Downloads\(Dir\)PN_G.652.D.pdf](http://www.drakafibre.com/drakafibre/NavTopicEnglish/Downloads(Dir)PN_G.652.D.pdf).
22. Draka Comteq 2005. Single Mode Optical Fibre (SMF) Type: G.652.B [viitattu 12.7.2005]. Saatavilla www-muodossa:
[http://www.drakafibre.com/drakafibre/NavTopicEnglish/Downloads\(Dir\)/DS_BendBright.pdf](http://www.drakafibre.com/drakafibre/NavTopicEnglish/Downloads(Dir)/DS_BendBright.pdf).
23. Draka Comteq 2005. Fibre and cable cut-off wavelength [viitattu 12.7.2005]. Saatavilla www-muodossa:
[http://www.drakafibre.com/drakafibre/NavTopicEnglish/Downloads\(Dir\)/AN_cut_off.pdf](http://www.drakafibre.com/drakafibre/NavTopicEnglish/Downloads(Dir)/AN_cut_off.pdf).
24. Canestri, Franco 2005. Optical Network Testing. Opetustilaisuus. Agilent Technologies/ Puolustusvoimien Tietotekniikkalaitos 22.3.2005.
25. Hallikainen, Martti. S-92.135 Mikroaaltokaukokartoitus kaukokartoitustutkat. Helsinki: Helsingin yliopisto [viitattu 3.8.2005]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.space.tkk.fi/opinnot/kurssit/MMK_materiaali/Luento7_kaukokartoitustutk.
26. Harris, David & Kondamuri, Pradeep & Huang, Ray & Pan, James & Allen, Christopher 2004. First and second order PMD statistical properties of installed fiber. Lightwave Communication lab: University of Kansas, USA [viitattu 26.7.2005]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.ittc.ku.edu/publications/dokuments/Harris2004LEOSpp86-87.pdf>.
27. Hecht, Jeff 2002. As fiberoptic systems performance improves, so must dispersion compensation [viitattu 25.10.2005]. Saatavilla www-muodossa:
http://cgw.pennet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Articles&Subsection=Display&ARTICLE_ID=162969.
28. Jasenek, Jozef. Optical Time-Domain Reflectometry (OTDR) – conventional approach. Bratislava, Slovakia: EAEEIE [viitattu 3.8.2005]. Saatavilla www-muodossa: http://eaeeie.org/theiere_bratislava/3.html.

29. Seppänen, Kari & Mutanen, Risto 1999. Optio98 loppuraportti TTE2-8-99. VTT Tietotekniikka [viitattu 21.10.2005]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.vtt.fi/tte/tte21/optio/optio98.pdf>.
30. Shtengel, G & Ibragimov, E & Rivera, M & Suh, S 2000. Statistical dependence between first and second-order PMD. YAFO Networks. Maryland, USA. [viitattu 26.7.2005]. Saatavilla www-muodossa: http://www.shtengel.com/gleb/publications/OFC2001_MO3.pdf.
31. Vierinen, Kari 2004. Optiset tietoverkot ja niiden komponentit [viitattu 1.6.2005].
32. Saatavilla www-muodossa: <http://users.evtek.fi/~karisv/optiv2004/optverk3.htm>.
33. Williams, Paul A 1999. Rotating-wave-plate Stokes polarimeter for differential group delay measurements of polarization-mode dispersion. Applied Optics/Vol. 38, No.31. November 1999 [viitattu 22.7.2005]. Saatavilla www-muodossa: http://www.boulder.nist.gov/div815/81503_pubs/PMDDocs/Williams-AO-99a.pdf.
34. Yasin, Akhtar Raja & Arabasi, Sameer 2003. Design and simulations of a dynamic polarization-mode dispersion compensator for long-haul optical networks. Optics Express/Vol. 11, No.10. May 2003 [viitattu 25.7.2005]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.opticsexpress.org/abstract.cfm?URI=OPEX-11-10-1166>.
35. <http://fi.wikipedia.org/wiki/GPS>.
36. ArcGIS Resource Center, Enterprise GIS: <http://resources.arcgis.com/content/enterprise-gis>.
37. ArcGIS Resource Center, ArcGIS Server ArcGIS Resource Center, ArcGIS Server: <http://resources.arcgis.com/content/arcgis-server> .
38. ESRI.com, ArcGIS Server: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisserver/index.html>.
39. www.ely-keskus.fi/johdotjakaapelit.
40. Puolustusvoimien Teknillinentutkimuskeskus, Esa Airos. Luennot 5.5.2010.
41. Suomen 3M Oy.
42. Tero Takkavuori, Mauri Levänen, 2012-2014.

Liitteet

Liite 1

Laskentaohjelmisto

**TÄRKEIMMÄT OMINAISUUDET**

DGPS-jälkikorjaus GPS-tiedon laadun parantamiseksi

H-Star –prosessointi, jolla saavutetaan alle 30 cm tarkkuus yhdessä GPS Pathfinder ProXH-vastaanottimen kanssa

Tiedonsiirto useissa eri GIS-formaateissa

Paikkatietojärjestelmän tai tietokannan kanssa yhteensopivien tiedonkeruurutiinien luonti

Mitatun tiedon laatuksentarkistus ennen tiedonsiirtoa paikkatietojärjestelmään

TEHOKAS OHJELMISTO GPS-TIEDON JÄLKIKÄSITTELYYN

GPS Pathfinder® Office –ohjelmisto tuo lisäarvoa paikkatiedon keruu- ja ylläpitoprojekteihin. Tällä monipuolisella ja helppokäyttöisellä ohjelmistolla varmistat, että keräämäsi tieto on eheätä, luotettavaa ja tarkkaa. Tämä auttaa sinua tekemään paremmin perusteltuja päätöksiä.

Paranna GPS-datan tarkkuutta

Differentialikorjaus voi parantaa GPS-havaintojen tarkkuutta kymmenestä metristä alle metriin, tai jopa paremmaksi, riippuen mittausympäristöstä ja käyttämästäsi GPS-vastaanottimesta. Trimblen H-Star –teknologian ansiosta voit päästä alle 30 tai jopa alle 20 cm tarkkuuksiin GPS Pathfinder ProXH™ –vastaanottimella.

Varmista jälkikorjauksen onnistuminen hyödyntämällä GPS Pathfinder Officen ainutlaatuisia tukiasemaindeksiä, jonka avulla voit valita parhaan mahdollisen tukiseman. Ohjelma monitoroi ympäri maapalloa olevia tukiasemia, joista laskettavan tukiasemaindeksin avulla voit valita parhaan.

Tehokkuutta tiedonkeruuseen

GPS Pathfinder Office –ohjelmiston avulla voit suunnitella ja aikatauluttaa maastomittauksen siten, että maastossa käytetty aika on mahdollisimman tuottavaa ja kerätty tieto laadukasta. Voit lukea tiedon useista GIS- ja tietokantaformaateista, jolloin aikaisemmin kerätty tieto voidaan viedä takaisin maastoon tarkistusta ja ylläpitoa varten.

GPS Pathfinder Office –ohjelmiston Data Dictionary Editorilla luot räätälöidyn tiedonkeruurutiinin geometria- ja ominaisuustiedon keruuta varten. Ominaisuuskirjasto varmistaa, että tieto maastossa kerätään GIS-järjestelmän vaatimusten mukaisesti. Maastossa

ominaisuuskirjasto ohjaa mittajaa antamaan kohteesta halutut tiedot ja varmistaa kerätyn tiedon eheyden ja yhteensopivuuden paikkatietokannan kanssa.

Varmista laadukas aineisto

Voit käyttää mitatun aineiston havainnollistamiseen mittausalueen taustakarttoja, kuten ilma- tai satelliittikuvia. Voit myös hakea taustakartta-aineiston suoraan Internet-karttapalvelimelta.

Ennen tiedonsiirtoa GIS- tai CAD-järjestelmään tai tietokantaan, voit analysoida tiedon ja tarkistaa sen virheetömyyden. GIS-kohteet ja attribuutit ovat muokattavissa ja tarpeettomat GPS-havainnot voidaan poistaa. Näin varmistat että paikkatietojärjestelmään viemäsi aineisto on mahdollisimman korkealuokkaista.

GPS Pathfinder Office on helppokäyttöinen ohjelmisto GPS:llä kerätyn paikkatiedon hallintaan, korjaamiseen ja ylläpitoon.

1 Tyypillinen autonominen GPS-tarkkuus.



Liite 2

Laskentaohjelmisto

GPS Pathfinder Office –ohjelmisto

OMINAISUUDET JA VAIHTOEHDOT

GPS-tarkkuus

- Paranna GPS-sijainnin tarkkuutta DGPS-jälkikorjauksella
- Alle 30 cm tarkkuus H-star prosessoinnilla ja GPS Pathfinder ProXH-vastaanottimella
- Tosiajassa korjatun datan jälkikorjaus tarkkuuden ja eheyden parantamiseksi
- GPS-datan tarkastelu ja muokkaus ennen tiedonsiirtoa paikkatietojärjestelmään
- Yhteensopiva kaikkien Trimble GPS Pathfinder ja GeoExplorer –sarjan vastaanottimien kanssa

GIS yhteensopivuus

- Tiedon tuonti suosituista GIS-, CAD- ja tietokantaformaateista
- Tiedon vieni useisiin GIS-, CAD- ja tietokantaformaateihin
- Ominaisuuskirjastojen luonti tietokantayhteensopivuuden varmistamiseksi

Tiedonkulku

- Mittausajankohdan suunnittelu tuottavan maastomittauksen varmistamiseksi
- Maastotietokoneiden asetusten tekeminen
- Automaattinen tiedonsiirto, DGPS-korjaus ja tiedon vieni

Suositeltava laitteisto

Käyttöjärjestelmä Windows® NT 4.0 (SP6 tai myöhempi),
2000, XP tai XP Tablet PC Edition

Prosessori Pentium

Prosessorin nopeus 400 MHz

Muisti 64 MB

Vapaa levytilaa 160 MB

Tiedonsiirto RS-232 -portti ja USB-portti

Kielivaihtoehdot

- Englanti
- Portugali
- Ranska
- Saksa
- Espanja
- Japani
- Venäjä
- Korea
- Kiina (yksinkertaistettu)

Tiedonkeruuohjelmat

- TerraSync™ -tiedonkeruuohjelma
- Trimble GPScorrect™ -laajennus ESRI ArcPad –ohjelmistolle
- GPS Pathfinder Tools Software Development Kitillä kehitetyt sovellukset

GPS-VASTAANOTTIMET JA TARKKUUS (HRMS)¹

Vastaanotin	Tosiainen		Vaihemittaus ²
	DGPS	Jälkikäsitelty DGPS	
GPS Pathfinder ProXT™	Alle metri	Alle metri	1 cm
GPS Pathfinder ProXH™	Alle metri	30 cm ³	1 cm
GPS Pathfinder Pro XRS	Alle metri	50 cm	1 cm
GPS Pathfinder Pocket	2–5 m	2–5 m	Ei mahdollinen
GeoXT™	Alle metri	Alle metri	30 cm
GeoXM™	2–5 m	2–5 m	Ei mahdollinen
Trimble Recon™ GPS Pocket edition	2–5 m	2–5 m	Ei mahdollinen

© 1999-2005, Trimble Navigation Limited. Kaikki oikeudet pidätetään. Trimble, maapallo- ja kolmio- logo ja GPS Pathfinder ovat Trimble Navigation Limitedin tavaramerkkejä, jotka on rekisteröity Yhdysvaltojen patentti- ja tavaramerkkivirastossa ja muissa maissa. GeoXM, GeoXT, GPScorrect, H-Star, ProXH, ProXT ja TerraSync ovat Trimble Navigation Limitedin tavaramerkkejä. Recon on Tripod Data Systems Inc:n tavaramerkki, joka on Trimble Navigation Limitedin täysin omistama tytäryhtiö. Microsoft ja Windows ovat joko rekisteröityjä tavaramerkkejä tai Microsoft Corporationin tavaramerkkejä Yhdysvalloissa ja/tai muissa maissa. Kaikki muut tuotemerkit ovat omistajiensä omaisuutta. TD112690 (04/05)

TUETUT FORMAATIT

Tuontiformaatit

- AutoCAD DXF
- dBASE
- ESRI Shape
- MapInfo MIF
- Microsoft Access MDB

Vientiformaatit

- ARC/INFO (for NT and UNIX) Generate
- AutoCAD DXF
- dBASE
- ESRI Shape
- GRASS
- IDRISI Vector
- MapInfo MIF
- MGAL
- Microsoft Access MDB
- Microstation DGN
- PC-ARC/INFO Generate
- PC-MOSS

Vektoriformaatit

- AutoCAD ASCII DXF (.dxf)
- AutoCAD binääri DXF (.dxf)
- ESRI Shape (.shp)
- Trimble SSF formaatti (.ssf, .cor, .phs, .imp)

Rasteriformaatit

- JPEG (.jpeg)
- MrSID (.sid)
- TIFF (.tif)
- Windows bitmap (.bmp)

Internet-karttapalvelimet

- ArcIMS
- OpenGIS

TUETUT TUKIASEMA- JA PAKKAUSFORMAATIT

Tukiasemaformaattit

- Hatanaka (Pakattu RINEX)
- RINEX
- Trimble DAT –formaatti
- Trimble SSF –formaatti

Pakkausformaattit

- GZIP (.gz)
- Itsestään purkautuva (.exe)
- Zip (.zip)

¹ Tasotarkkuuden keskihajonta. Edellytyksenä vähintään 4 satelliittia, PDOP korkeintaan 6, SNR vähintään 39 dBHz, korkeuskulma vähintään 15 astetta ja kohtuullinen mittausympäristö. Ionosfäärin tila ja rakennusten tai puuston aiheuttamat monitahoheijastuneet signaalit tai katveet voivat häiritä signaalin vastaanottoa. Etäisyys tukiasemaan heikentää tarkkuutta + 1 ppm jälkikäsitellyssä ja reaaliaikaisessa mittauksessa.

² GPS Pathfinder –sarjan vastaanottimilla edellytetään 45 minuutin satelliittiseurantaa tarkkuuden saavuttamiseksi. GeoXT:llä tarkkuus edellyttää 10 minuutin seurantaa. Katso lisätietoja laitteiden laitteiden omista tuotetiedoista.

³ Edellyttää H-Star –tiedonkeruuta kahteen minuuttiin saakka ja kolmea hyvälaatuista kaksitaajuustukiasemaa 200 km säteellä.

Tiedot muutoksen alaisia ilman erillistä ilmoitusta.

GEOTRIM

HAKAMÄENKUJA 1, FI-01510 VANTAA
PUH. 0207 510 600, FAX 0207 510 699
info@geotrim.fi - www.geotrim.fi

PAIKALLINEN TRIMBLEN TOIMISTO TAI EDUSTAJA

POHJOIS- JA ETELÄ-AMERIKA

Trimble Navigation Limited
7401 Church Ranch Blvd
Westminster, CO 80021
USA
+1-720-887-4374 Phone
+1-720-887-8019 Fax

EUROOPPA, AFRIKKA JA LÄHI-TÄ

Trimble GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim
SAKSA
+49-6142-2100-0 Phone
+49-6142-2100-550 Fax

AASIA JA TYNNENMEREN ALUE

Trimble Navigation Australia
PTY Limited
Level 1/120 Wickham Street
Fortitude Valley, QLD 4006
AUSTRALIA
+61-7-3216-0044 Phone
+61-7-3216-0088 Fax

 Trimble

www.trimble.com

Liite 3

Laskentaohjelmisto

**TÄRKEIMMÄT OMINAISUUDET**

Älykkäät aikaa säästävät ominaisuudet paikkatiedon keruuseen ja ylläpitoon

Täydellinen GPS-laitteen hallinta takaa laadukkaan sijaintitiedon

Graafinen navigointi ja reaaliaikainen karttanäyttö

Toimii Trimblen maastokelpoisissa Windows-laitteissa

Desimetritarkkuus H-Star tiedonkeruulla ja GPS Pathfinder ProXH-vastaanottimella

OHJELMA LAADUKKAAN PAIKKATIEDON KERUUSEEN

TerraSync™ on tehokas tiedonkeruuhjelma, joka on suunniteltu nopeaan ja tehokkaaseen paikkatiedon keruuseen ja ylläpitoon. Yhdessä Trimblen® GPS-vastaanottimen ja valintasi mukaisen maastotietokoneen kanssa sinulla on kaikki tarvittava laadukkaan sijainti- ja ominaisuustiedon keruuseen paikkatietojärjestelmään.

Vaivatonta tiedonkeruuta

Olipa tehtäväsi mitata useita samankaltaisia kohteita tai kohteita, joissa on useita erityyppisiä attribuutteja, TerraSync-tiedonkeruuhjelmalla teet sen nopeasti ja helposti. Voit luoda organisaatiosi paikkatietokantaan perustuvan ominaisuuskirjaston, siten että kohteet, niihin liittyvät attribuutit ja niiden mahdolliset arvot eivät ole ristiriidassa GIS-tietorakenteen kanssa. Voit olla varma, että keräämäsi tieto vastaa päätöksentekijöiden vaatimuksia.

Ominaisuuskirjaston ansiosta tiedonkeruu on tehokasta ja helppoa. Ohjelmassa on useita aikaa säästäviä toimintoja, kuten ennalta luodut pudotusvalikot ja päivämäärä- ja aikakenttien automaattinen täyttö. TerraSync-ohjelman muita ominaisuuksia ovat karttakeseisyys, graafiset statusnäytöt ja mahdollisuus mitata epäkeskisesti, jos mittaaminen suoraan kohteen päältä ei onnistu.

Älykästä tiedon ylläpitoa

Kun haluat viedä paikkatietoaineiston maastoon tarkistusta tai ylläpitoa varten, TerraSync-ohjelmalla teet sen nopeasti. Voit järjestää ja suodattaa GIS-tietokannasta tuomasi tiedon sen mukaan, missä järjestyksessä haluat käydä kohteet läpi. Voit tarkastella kohteita listamuodossa tai värillisellä kartalla ilma- tai satelliittikuvan päällä. Kohteen löytämiseksi valitse kohde listata tai kartalta ja anna graafisen

navigointinäytön opastaa sinut tarkasti haluamaasi kohteeseen. Kun olet päivittänyt kohteen tiedot, TerraSync automaattisesti merkitsee kohteen päivitettyksi, jolloin näet mitä olet tehnyt ja mitä on vielä tekemättä.

Helppoa laadunvalvontaa

TerraSync-ohjelmalla teet GPS-asetukset helposti. Voit käyttää selkeää liikusäädintä tai antaa räätälöidyt asetukset, jotka vastaavat organisaatiosi laatuvaatimuksia. Voit varmistaa mahdollisimman tehokkaan ajankäytön maastossa käyttämällä graafista Rataennuste-toimintoa, jolla näet parhaan satelliittitilanteen ja ajankohdan tiedonkeruuseen.

TerraSync-ohjelma toimii saumattomasti yhteen erityyppisten Trimblen GPS-vastaanottimien kanssa. Voit korjata mittausaineiston jälkikäsitteilyllä toimistolla, käyttää tosiaikaista korjausta tai tehdä molemmat – valinta on sinun. Lisätarkkuuden saat keräämällä H-Star™ dataa GPS Pathfinder® ProXH™ vastaanottimella ja käyttämällä H-Star jälkilaskentaa. H-Star nivoutuu täydellisesti olemassaoleviin työrotiineihin, jolloin tarkka paikkatiedonkeruu on helpompaa kuin koskaan aikaisemmin.

Käytipä mitä tahansa GPS-vastaanotinta ja korjausmenetelmää, voit olla varma ongelmattomasta toiminnasta, helposta konfiguroinnista, selkeästä palautteesta työsi aikana ja ensiluokkaisesta paikkatiedosta.

Helppoa, tehokasta ja tuottavaa – TerraSync on oikea työkalu laadukkaaseen paikkatiedon keruuseen ja ylläpitoon.



Liite 4

Laskentaohjelmisto

TerraSync

OMINAISUUDET JA VAIHTOEHDOT

Tärkeimmät ominaisuudet

- Sijainti-, geometria- ja ominaisuustiedon keruu
- GPS-vastaanottimen konfigurointi ja hallinta
- Karttanäyttö, joka tukee sekä rasteri- että vektorimuotoisia taustakartta-aineistoja
- Graafinen navigointi valittuun kohteeseen
- Räätälöidyt tiedonkeruulomakkeet ominaisuustiedon keruuseen
- Tiedonkeruulomakkeiden muokkaus maastossa
- Rataennusteiden laskenta parhaan mittausajankohdan selvittämiseksi
- Tukee multimedia-attribuutteja, kuten ääni- ja kuvatiedostoja
- Tiedostojen lähetykset sähköpostilla
- Tukee ESRI:n shape-tiedostoja

GPS-tarkkuus

- Tosiakainen DGPS-korjaus (vaihtoehdot riippuvat käytetystä GPS-vastaanottimesta)
- Parempi tarkkuus GPS-datan jälkikorjauksella
- H-Star tiedonkeruulla alle 30 cm tarkkuus GPS Pathfinder ProXH –vastaanottimella
- Tukee RTK-mittausta Trimblen 5800 ja R8 –vastaanottimilla

Ohjelmaversiot

- TerraSync Standard tiedonkeruuseen
- TerraSync Professional tiedonkeruuseen ja ylläpitoon
- Standard ja Professional versioiden erot löydät osoitteesta www.trimble.com/mgis_procomp.shtml

Tuetut GPS-vastaanottimet

- GeoXT™
- GeoXM™
- GPS Pathfinder Pocket
- GPS Pathfinder ProXT™
- GPS Pathfinder ProXH
- GPS Pathfinder Pro XRS
- Trimble Recon™ GPS Card edition
- Trimble Recon GPS Pocket edition
- Trimble 5800
- Trimble R8

Kielivaihtoehdot

- Englanti
- Portugali
- Ranska
- Italia
- Saksa
- Espanja
- Japani
- Suomi

Tuetut maastotietokoneet

- GeoExplorer® sarjan laitteet
- GIS TSce™
- Trimble Recon Handheld
- Mikä tahansa Microsoft® Windows® maastotietokone

SUOSITELTAVA LAITTEISTO

Windows CE tai Windows Mobile -maastotietokone

Käyttöjärjestelmä Windows Mobile™ Pocket PC-laitteille tai Microsoft Windows CE versio 4.x (CE .NET)

Proessori ARM tai XScale

Proessorin nopeus 200 MHz tai nopeampi

Muisti 32 MB RAM, josta vähintään 8 MB vapaana

Input/output Sarjakaapeli ja RS-232 sarjaportti (tai sopiva adapteri) tai Bluetooth® yhteys

GPS Pathfinder Pro -sarjan vastaanottiin

Näyttö Värikosketusnäyttö (240 x 320 pikseliä tai suurempi) Ulkokäyttöön soveltuva näyttötekniikka

Windows-maastotietokone

Käyttöjärjestelmä Microsoft Windows NT 4.0, Windows 2000, tai Windows XP (Home, Professional, tai Tablet PC Edition)

Proessori Intel Pentium

Proessorin nopeus 500 MHz tai nopeampi

Muisti 64 MB RAM, josta vähintään 8 MB vapaana

Input/output Sarjakaapeli ja RS-232 sarjaportti (tai sopiva adapteri) tai Bluetooth yhteys

GPS Pathfinder Pro -sarjan vastaanottiin

VEKTORIFORMAATIT

Vektoriformaattit

- Trimble SSF –formaatti (.ssf, .cor, .imp)

Rasteriformaattit

- JPEG (.jpg)
- MrSID (.sid)
- TIFF (.tif)
- Windows bitmap (.bmp)

GPS –JÄLKIKÄSITTELYVAIHTOEHDOT

- GPS Pathfinder Office -ohjelmisto
- Trimble GPS Analyst™ laajennus ESRI ArcGIS –ohjelmistolle

KOKEILUVERSIOIT

- Ohjelmiston kokeiluversio saatavana osoitteesta www.trimble.com/terrasync_ft.shtml
- Ohjelmiston online demo osoitteesta www.trimble.com/terrasync_demo.shtml

Tiedot muutoksen alaisia ilman erillistä ilmoitusta.

© 2000-2005, Trimble Navigation Limited. Kaikki oikeudet pidetään. Trimble, maapallo ja kolmio–logo, GeoExplorer ja GPS Pathfinder ovat Trimble Navigation Limitedin tuotemerkkejä, jotka on rekisteröity Yhdysvaltojen patenti- ja tavaramerkkivirastossa ja muissa maissa. GeoXH, GeoXM, GeoXT, GPS Analyst, H-Star, ProXH, ProXT ja TerraSync ovat Trimble Navigation Limitedin tavaramerkkejä. Recon on Topod Data Systems Inc:n tavaramerkki, joka on Trimble Navigation Limitedin täysin omistama tytäryhtiö. Microsoft, Windows ja Windows Mobile ovat joko rekisteröityjä tavaramerkkejä tai Microsoft Corporationin tavaramerkkejä Yhdysvalloissa ja/tai muissa maissa. Bluetooth tuotenimi ja logo on omistaja Bluetooth SIG, Inc ja Trimble Navigation Limited käyttää kaikkia näitä merkkejä lisenssin alaisena. Kaikki muut tuotemerkit ovat omistajensa omaisuutta. TID13278D-FN (08/05)

HAKAMÄENKUJA 1, FI-01510 VANTAA
PUH. 0207 510 600, FAX 0207 510 699
info@geotrim.fi - www.geotrim.fi

PAIKALLINEN TRIMBLIN TOIMISTO TAI EDUSTAJA

POHJOIS- JA ETELÄ-AMERIikka

Trimble Navigation Limited
 7401 Church Ranch Blvd
 Westminster, CO 80021
 USA
 +1-720-887-4374 Phone
 +1-720-887-8019 Fax

EUROOPPA, AFRIKKA JA LÄHI-ITÄ

Trimble GmbH
 Am Prime Parc 11
 65479 Raunheim
 SAKSA
 +49-6142-2100-0 Phone
 +49-6142-2100-550 Fax

AASIA JA TYNNENMEREN ALUE

Trimble Navigation Australia
 PTY Limited
 Level 1/120 Wickham Street
 Fortitude Valley, QLD 4006
 AUSTRALIA
 +61-7-3216-0044 Phone
 +61-7-3216-0088 Fax

www.trimble.com

Liite 5

UAV lennokka

**Tee ortokuvat ja digitaaliset pintamallit
nopeasti ja tehokkaasti
UAV-kartoituslennokkijärjestelmällä**



Gatewing X100



Gatewing X100
REVOLUTIONARY MAPPING

REVOLUTIONARY MAPPING



SOVELLUSALUEITA

- Kaivosalueet
- Infrakohteet
- Rakennukset, asutut alueet
- Maatalous
- Arkeologisten kaivausten dokumentointi
- Yhdyskuntatekniset kohteet
- Kaatopaikat
- Tierakentaminen
- Verkostot (sähkö, vesi...)
- Metsänhoito
- Tulva-alueet
- Eroosioiden monitorointi
- Tilavuuslaskenta (kasat)
- Geologinen tutkimus

Gatewing X100 on kustannustehokas ja erittäin tuottava tapa hankkia maastotietoa keskisuurilla alueilla. Kevyellä lennokilla päästään turvallisesti kohteisiin, esimerkiksi riskialueille, joihin muuten ei ole mahdollista mennä.

Tulokset nopeasti. Järjestelmä on helposti käyttöön otettavissa ja yksinkertainen käyttää. Erityistä ilmailuasiantuntemusta ei tarvita: automaattinen ilmakuvauksen hoitoa kaiken itse. Lentoa on kätevää seurata ja tarvittaessa ohjata Trimblen tutulla Tablet PC-maastotietokoneella.



Trimble
valtuutettu maahantuojaja



GEOTRIM in
ratkaisut mittaamattomaan maailmaan

Liite 6

UAV lennokka tekniset tiedot

Valmis kokonaisuus suunnitelmasta toteutukseen

- ESISUUNNITTELE**
Suunnittele alue etukäteen ja syötä tiedot Trimble Tablet PC:lle.
- ILMAKUVAA**
Täysin automaattinen ilmakuvaskannaus kerää raakamuotoisen, päällekkäin limittyvän, GNSS-sijaintitiedon sisältävän digitaalisen kuva-aineiston 100–750 m korkeudelta.

RADIOYHTEYS

MAA-ASEMA RAAKAKUVAT AUTOMAATTINEN KUVAAUS
- PROSESSOI KUVAT**
Käsittele kuva-aineisto Gatewingin omalla Stretchout-ohjelmalla tai pilvipalvelussa. Tuki myös kolmannen osapuolen sovelluksille.
- LOPPUTULOKSENA: ORTOKUVAT JA DIGITAALISET PINTAMALLIT**
Gatewing X100 tuottaa georeferoidut korkealaatuiset ortokuvat ja digitaaliset pintamallit.

TRIMBLE-YHTEENSOPIVA
X100 on suunniteltu kartoittamiseen ja on yhteensopiva Trimblen kanssa. Käytä Trimble Tablet PC:tä lennon yhteydessä maa-asemana, jolla ohjaat lentoa. UAV:n käyttö on nopeasti opittavissa, se on helppo kuljettaa mukana ja soveltuu erinomaisesti mittaustiimien käyttöön.

Kysy lisää!
Maahantuonti, myynti, koulutus ja tekninen tuki:
Geotrim Oy, puh. 0207 510 600
info@geotrim.fi, www.geotrim.fi

TEKNISIÄ TIETOJA:

- Paino 2,0 kg
- Lentonopeus 75 km/h
- Huippunopeus 130 km/h
- Tuulen sietokyky jopa 65 km/h
- Lentoaika 45 min
- RGB- tai CIR-kuvaus
- Kartoitusalue @5 cm 1,5 km² (/lento)
- Kartoitusalue @10 cm 3 km² (/lento)
- Kokoontaitettava laukaisualusta
- Automaattinen laukaisusta laskuun

 **Trimble**
valtuutettu maahantuoja

Geotrim Oy
Perintötie 2c, 01510 Vantaa
puh. 0207 510 600
info@geotrim.fi, www.geotrim.fi

 **GEOTRIM**
ratkaisut mittaamattomaan maailmaan