

Ville Sääski

# Versotrack-seurantajärjestelmä

Tekijä Otsikko	Ville Sääski Versotrack-seurantajärjestelmä
Sivumäärä Aika	33 sivua 4.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	ohjelmistotekniikka
Ohjaajat	tuntiopettaja Pasi Ranne järjestelmäasiantuntija Tomi Nousiainen
<p>Insinööriyössä selvitettiin STD Systems Oy:n tuottaman Versotrack-seurantajärjestelmän rakennetta, toimintaa, laitteistoa ja ominaisuuksia. Työssä käydään läpi satelliittipaikannuksen ja koordinaatistojen peruseräkkeet.</p> <p>Versotrack-seurantajärjestelmä on pääasiassa liikkuvien ajoneuvojen ja muiden kohteiden seurantaan rakennettu järjestelmä. Järjestelmän ohjelmisto koostuu palvelinohjelmistosta, web-käyttöliittymästä ja ajoneuvopäätteen ohjelmasta. Päätelaite kerää tietoa seurattavan kohteen sijainnista, nopeudesta ja kulkemasta matkasta. Päätelaite lähettää keräämänsä tiedot palvelinohjelmistolle. Palvelinsovellus vastaanottaa tiedot ajoneuvopäätteiltä ja tallentaa ne tietokantaan. Palvelinsovelluksen tallentama tieto näytetään loppukäyttäjälle web-käyttöliittymän kautta.</p> <p>Ohjelmiston perusrakenteet ovat kunnossa ja järjestelmä toimii vakaalla alustalla. Järjestelmä on ollut jo pitkän aikaa tuotantokäytössä ja sillä seurataan satojen kohteiden sijaintia ja toimintaa. Järjestelmä tuottaa nykyisellään hyödyllistä tietoa asiakkaille ja tulevaisuuden tarpeita varten ohjelmisto on helposti laajennettavissa.</p>	
Avainsanat	paikkatietojärjestelmä, GPS, kalustonseuranta

Author Title	Ville Sääski Versotrack Fleet Management System
Number of pages Date	33 pages 4 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Software Engineering
Instructors	Pasi Ranne, lecturer Tomi Nousiainen, Systems Specialist
<p>This thesis is concerned with a Versotrack Fleet Management System designed by STD Systems Oy, focusing on the structure, hardware and features of the system. The thesis covers the basic principles of satellite positioning and coordinates to ease understanding of the rest of the thesis.</p> <p>The Versotrack Fleet Management System is designed to track vehicles and other moving objects. The system software consists of server software, web user interface and tracking device software. The tracking device collects data about the position, speed and travelled distance of objects. The tracking device sends the data collected to the server software. The server software receives data from the tracking devices and stores it to a database. The data stored by the server software is shown to the end user via web user interface.</p> <p>As of spring 2011, the system is in production use and it is being used to monitor the location and activity of hundreds of objects. The design of the software is reliable and the system is running on a stable platform. The system produces valuable information to customers and it can be easily extended to meet their needs in the future.</p>	
Keywords	GIS, GPS, fleet management

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Paikannus	3
2.1	GPS-satelliittipaikannusjärjestelmä	3
2.2	Koordinaatit ja koordinaatistot	5
3	Paikannuslaitteet	8
3.1	Aplicom A1 BOX -telemetrialaitte	8
3.2	Muut tuetut paikannuslaitteet	9
4	Ohjelmistoalusta	11
4.1	Yleiskuvaus	11
4.2	Käytetyt ohjelmistot, kirjastot ja sovelluskehukset	12
5	Sovellusarkkitehtuuri	15
5.1	Yleiskuvaus	15
5.2	Viestiprotokolla	15
5.3	Asiakasohjelmisto	16
5.4	Palvelinohjelmisto	19
5.5	Web-käyttöliittymä	21
5.6	Järjestelmän kahdennus	22
5.7	Testaus- ja latausohjelmistot	23
6	Järjestelmän tuottamat palvelut	24
7	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

## 1 Johdanto

Insinööriyöni käsittelee STD Systems Oy:n Versotrack-seurantajärjestelmää. Versotrack -seurantajärjestelmä on pääsääntöisesti liikkuvien kohteiden seurantaan ja toiminnanohjaukseen kehitetty järjestelmä. Järjestelmän kehityksessä tavoitteina on ollut tuottaa joustava, luotettava ja asiakkaille mahdollisimman hyödyllistä tietoa tuotava järjestelmä. Järjestelmän toiminta perustuu GPS-paikannukseen, tiedot tietokantaan tallentavaan palvelinohjelmistoon ja helposti lähestyttävään web-käyttöliittymään.

STD Systems Oy on espoolainen tietotekniikka-alan yritys, joka tuottaa ohjelmistoja ja palveluita pääsääntöisesti logistiikka-alan yrityksille. Yritys on perustettu vuonna 2005, ja se työllistää 10 henkilöä. Ensimmäiset vuodet STD Systems Oy tunnettiin nimellä Suomen Taksidata Oy, mutta tuotevalikoiman laajennuttua henkilöliikenteen ohjelmistoista koko logistiikka-alan alueelle tuli nimen vaihdos ajankohtaiseksi vuonna 2009. Ohjelmistotuotannon lisäksi STD Systems Oy myös myy alkolukkoja ja taksitarvikkeita. Versotrack-seurantajärjestelmä on yrityksen tärkeimpiä tuotteita PC-pohjaisten ja kosketusnäytöllisten APE Bussimittari- ja Rahtiape-tuotteiden rinnalla. [1.]

Olen toiminut Versotrack-seurantajärjestelmän päävastuullisena suunnittelijana ja kehittäjänä järjestelmän kehityksen alusta lähtien. Keväällä 2011 järjestelmä on ehtinyt yli kolmen vuoden ikään ja järjestelmän avulla seurataan jatkuvasti satojen kohteiden sijaintia ja toimintaa. Koska järjestelmä on tuotantokäytössä oleva ja kehityksen kannalta suhteellisen vakaassa tilassa oleva järjestelmä, keskityn tässä työssä raportoimaan järjestelmän rakennetta ja toimintaa sekä kehityksen yhteydessä koettuja onnistumisia ja epäonnistumisia.

### Järjestelmän taustat

Versotrack-seurantajärjestelmä sai alkunsa tarjouspyynnöstä, jossa haettiin ajoneuvojen paikannusjärjestelmää, johon STD Systems Oy päätti tarjota omaa tuotettaan. Kyseinen tarjouspyyntö ei koskaan johtanut kauppoihin STD Systems Oy:n osalta, mutta Versotrack-seurantajärjestelmä sai siitä alkunsa.

Seurantajärjestelmä sopi hyvin yrityksen tuotevalikoimaan tukien samalla yrityksen muiden palvelujen menekkiä. Yrityksessä oli jo osaamista kaikilta seurantajärjestel-

mään tarvittavilta osa-alueilta paikannuksesta ja paikannuslaitteista palvelinohjelmistoihin. Seurantajärjestelmässä pystyttiin käyttämään hyväksi yrityksen muissa järjestelmissä käytettyä teknologiaa ja samalla seurantajärjestelmään luotuja komponentteja saatiin myös muihin järjestelmiin.

## 2 Paikannus

### 2.1 GPS-satelliittipaikannusjärjestelmä

Paikannus on oleellinen osa Versotrack-seurantajärjestelmää. Kohteiden sijainnit saadaan luettua päätelaitteiden GPS-vastaanottimista, josta ne siirretään käsiteltäväksi ja tallennettavaksi palvelinohjelmistolle. Palvelimelle tallennetut koordinaatit näytetään käyttäjille Verstorack-seurantajärjestelmän web-käyttöliittymän karttaosiolla autojen reaaliaikaisina sijainteina ja kuljettuina reitteinä. Kohteiden kulkeman matkan laskenta perustuu myös paikannuksesta saatuihin tietoihin.

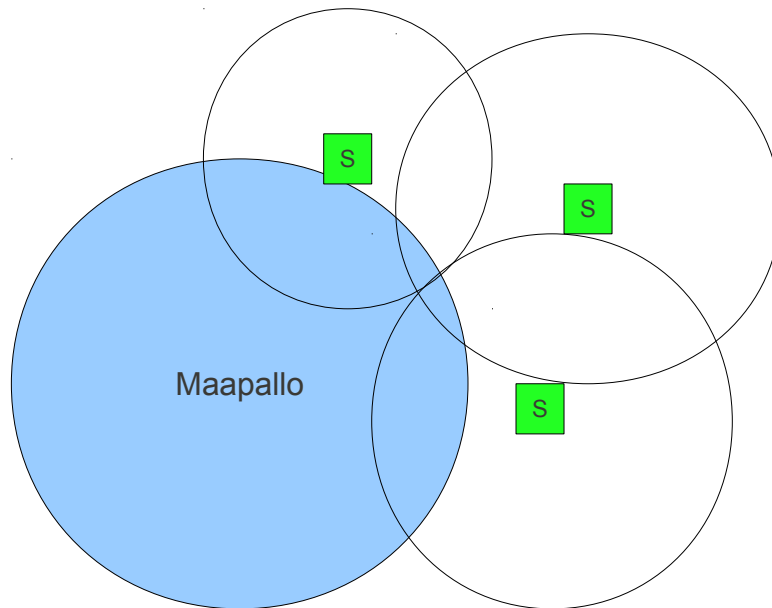
GPS (Global Positioning System) on maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä. GPS on alun perin sotilastarkoituksiin suunniteltu järjestelmä ja sitä ylläpitää sekä rahoittaa Yhdysvaltain puolustusministeriö. Järjestelmän ensimmäinen satelliitti laukaistiin avaruuteen helmikuussa vuonna 1978, ja täyden toimintakyvyn GPS-järjestelmä saavutti huhtikuussa 1995. Järjestelmään kuuluu 32 toiminnassa olevaa satelliittia ja kaksitoista maa-asemaa. [2.]

GPS ei ole ainoa satelliittipaikannusjärjestelmä. Venäjän puolustuministeriö on luonut GLONASS satelliittipaikannusjärjestelmän. GLONASS on peruseriaatteiltaan GPS:n mukainen ja globaali järjestelmä. [5.]

Euroopan unioni ja Euroopan avaruusjärjestö ESA ovat suunnitelleet Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmää, ja sen pitäisi valmistua vuonna 2020. Galileo eroaa GPS- ja GLONASS-järjestelmistä siten, että sen toiminnasta vastaisivat siviiliorganisaatiot, kun taas GPS- ja GLONASS-järjestelmiä operoi sotilasorganisaatiot. [6.]

GPS-vastaanotin määrittää paikkansa satelliittien lähettämien radiosignaalien avulla. Satelliitti lähettää tiedot kiertoradastaan, kellonajasta ja muista parametreista, joita tarvitaan vastaanottimen sijainnin laskemisessa. GPS-vastaanotin laskee etäisyyden satelliittiin signaalin matkaan käyttämän ajan perusteella. Satelliittien ratatiedoista vastaanotin saa selvitettyä satelliitin sijainnin suhteessa maapalloon. Kun vastaanotin saa ratatiedot ja etäisyydet vähintään kolmesta satelliitista, vastaanotin saa laskettua koordinaatit sijainnilleen. Koordinaatit saadaan ratkaistua satelliittien etäisyyksistä syntyvien pallopintojen leikkauskohtaan kuvion 1 mukaisesti. Kun vastaa-

notin saa yhteyden useampaan kuin kolmeen satelliittiin, paikannustarkkuus paranee. [3, s. 19–25.]



Kuvio 1. GPS, Satelliitit ja kohteen sijainti.

#### GPS:n tarkkuus ja virheet

Yhdysvaltain laivasto, joka osallistuu GPS-järjestelmän operoimiseen, ilmoittaa GPS:n tarkkuudeksi 95 prosentin varmuudella 13 metriä vaakasuunnassa ja 22 metriä korkeudessa [2.]. Erikoislaitteilla ja -tekniikoilla sekä pitkillä havaintoajoilla GPS-järjestelmän avulla saavutetaan senttimetrien tarkkuus paikanmääritykseen. Senttimetrien tarkkuus ei ole oleellista Versotrack-seurantajärjestelmässä, mutta maanmittauksessa ja koordinaattijärjestelmien luonnissa senttimetrien virheet pyritään mahdollisuuksien mukaan poistamaan. [3, s. 197–201.]

Virhettä GPS:n paikannustarkkuuteen aiheuttavat muun muassa ilmakehän häiriöt, vastaanottimen kellon epätarkkuudet ja satelliittien signaalien monitie-eteneminen. Eri ilmakehän ilmiöt ja eri kerrosten erilaiset taitekertoimet muuttavat signaalien matkaan käyttämää aikaa. Vastaanottimen havaitseman signaalin matka-ajan muuttuessa myös vastaanottimen laskema etäisyys satelliittiin muuttuu ja paikannuksen tarkkuus huononee. [3, s. 126–139.]

Satelliiteissa kelloina on atomikellot, jotka käyvät tasaisen tarkasti. Atomikellotkaan eivät ole absoluuttisen tarkkoja mutta satelliittien kellojen virhe tunnetaan, ja satel-



liitti ilmoittaa kellovirheensä vastaanottimille. Vastaanottimissa taas kellot usein perustuvat kvartsikiteisiin, jotka ovat huomattavasti epätarkempia ja joiden käyntivirhettä ei yleensä tunneta. Kellon tarkkuus vastaanottimessa on oleellinen asia, sillä jo kymmenen nanosekunnin ero mitatussa ajassa aiheuttaa kolmen metrin virheen satelliitin etäisyydessä. [3, s. 50.]

Vuosien 1991 ja 2000 välisenä aikana satelliittien ratatietoihin ja kellojen aikaan generoitiin virhettä, joka tarkoituksellisesti huononsi GPS-järjestelmästä saatua paikannustarkkuutta. Häirinnän ollessa päällä GPS:n paikannustarkkuus oli sadan metrin luokkaa. Häirintä on Yhdysvaltain puolustusministeriön mukaan nyt poistettu lopullisesti käytöstä, mutta esimerkiksi Georgian sodan aikana vuonna 2008 GPS-paikannuslaitteiden tarkkuutta sota-alueella huononnettiin tarkoituksellisesti. [2;4.]

## 2.2 Koordinaatit ja koordinaatistot

Koordinaatistoja ja koordinaattijärjestelmiä on monia, ja ne poikkeavat toisistaan enemmän ja vähemmän. Kun satelliittipaikannusjärjestelmästä saadaan koordinaatteja, on oleellista tietää, missä muodossa ne ovat, minkä koordinaatiston koordinaatteja ne ovat ja mitä ne oikeastaan tarkoittavat.

### Koordinaatit

Satelliittipaikannusjärjestelmistä, GPS mukaan lukien, koordinaatit saadaan kolmiulotteisina koordinaatteina. Kolmiulotteiset koordinaatit esitetään joko maantieteellisinä koordinaatteina kaarimitoissa leveytenä, pituutena ja korkeutena tai kolmiulotteisina ja suorakulmaisina XYZ-koordinaatteina. [3, s.61.]

Maantieteellisissä koordinaateissa pituus eli longituudi ilmaisee nollameridiaanin ja sijainnin välisen kulman maapallon pyörimisakselin suhteen. Kansainvälisesti on sovittu, että nollameridiaani kulkee Lontoossa sijaitsevan Greenwichin tähtitieteellisen observatorion kautta. Leveys eli latitudi ilmaisee sijainnin ja päiväntasaajan välisen kulman. Korkeus ilmaisee sijainnin korkeuden metreissä suhteessa vertailuellipsoidiin. Vertailuellipsoidi on maanpintaa koordinaatistossa kuvaava ellipsoidi. Esimerkiksi STD Systems Oy:n toimisto Espoossa sijaisee koordinaateissa  $60^{\circ} 9' 21''$  pohjoista leveyttä ja  $24^{\circ} 41' 51''$  itäistä pituutta. [7.]

## Koordinaatistot

Koordinaattijärjestelmällä tarkoitetaan määritelmiä ja suureita jonka mukaan koordinaatisto määritellään. Koordinaatistolla tarkoitetaan koordinaattijärjestelmän realisaatiota, joka on sidottu mitattuihin kiintopisteisiin maapallon pinnalla. Koska mannerlaattojen sijainti muuttuu suhteessa toisiinsa, koordinaatistoille annetaan epookki eli ajanhetki, jolloin koordinaatisto on ollut maapallon mukainen. [8.]

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA suosittelee paikkatietoaineistojen ja -järjestelmien tuottajille ETRS89-koordinaattijärjestelmän mukaisen EUREF-FIN -koordinaatiston käyttöä. GPS-järjestelmässä paikannettujen sijaintien koordinaatit saadaan WGS84-koordinaatistossa. WGS84-koordinaattijärjestelmä on käytännössä sama kuin ETRS89-koordinaattijärjestelmä ja WGS84-koordinaatiston realisaatio on metrin tarkkuudella yhtenevä EUREF-FIN -koordinaatiston kanssa. Versotrack-seurantajärjestelmän puitteissa WGS84- ja EUREF-FIN -koordinaatistoja pidetään yhtenevinä. WGS84-koordinaatisto on kiinnitetty maapallon massakeskipisteeseen ja EUREF-FIN-koordinaatisto taas on kiinnitetty Euraasian mannerlaattaan, minkä takia koordinaatistot muuttuvat hiljalleen toistensa suhteen. [8;9.]

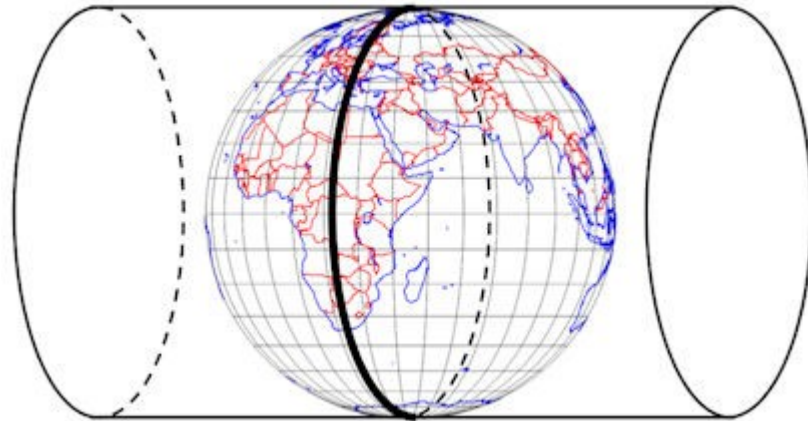
Suomessa on ollut käytössä kansallinen Kartastokoordinaattijärjestelmä (KKJ) 1970-luvulta lähtien. KKJ on nyt poistumassa oleva koordinaatisto mutta KKJ:n mukaisia järjestelmiä ja aineistoja on yhä paljon käytössä. KKJ on kaksiulotteinen ja suorakulmainen koordinaatisto. KKJ:n koordinaatit ilmoitetaan pohjois- sekä itäkoordinaatteina ja koordinaattien yksikkönä on metri. KKJ-koordinaatteja ei voi helposti muuttaa tarkoiksi EUREF-FIN -koordinaateiksi, sillä KKJ on jonkin verran vääristynyt. [10.]

## Tasokoordinaatistot

Niin kuin hyvin tiedetään, on maapallo pallo eikä pannukakku [11.]. Tästä huolimatta maapallon pintaa usein kuvataan kartoilla, jotka eivät ole pallon muotoisia, sekä koordinaatistoilla, jotka eivät ota huomioon maapallon pallomaista muotoa. Näitä koordinaatistoja, jotka kuvaavat maapallon pannukakuksi kutsutaan tasokoordinaatistoiksi.

Maanpinnan projisoimiseksi eli kuvaamiseksi tasoksi on kehitetty erilaisia tapoja. Yleinen tapa on laskennallisesti ujuttaa maapallo lieriön sisälle ja kuvata maapallon pinta niin kuin se kuvautuu lieriön pinnalle kuvion 2 mukaisesti. Keskimeridiaanin

kohdalla projektioon tulevat virheet ovat pieniä, mutta keskimeridiaanilta pois mentäessä mittakaavavirhe kasvaa suhteessa etäisyyden neliöön. Mittakaavavirheiden takia eri puolilla maapalloa täytyy käyttää oikein valittua projektiota. Lieriöprojektiota on erilaisia, lieriö voidaan asettaa kuvion 2 mukaan poikittain tai mihin tahansa muuhun kulmaan hieman erilaisilla parametreillä. Erilaisilla projektiolla saadaan projektiolle erilaisia ominaisuuksia, jotka ovat hyödyllisiä eri käyttötarkoituksissa. [12.]



Kuvio 2. Matti Grönroosin piirtämä kaavio lieriöprojektiosta [13.].

Versotrack-seurantajärjestelmässä osa paikannukseen liittyvästä laskennasta tehdään tasokoordinaatistoa käyttäen. Tällöin käytetään ETRS-TM35FIN -koordinaatistoa, jota suositellaan Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan suosituksessa JHS154 käytettäväksi valtakunnallisissa paikkatietopalveluissa. ETRS-TM35FIN -koordinaatiston keskimeridiaani on  $27^{\circ}$  ja projektiokaistan leveys on  $13^{\circ}$ . Vain yhtä projektiokaistaa käytettäessä projektiovirheet kasvavat valtakunnan reuna-alueilla, mutta Versotrack-seurantajärjestelmän kannalta mittakaavavirheet pysyvät lähes merkityksettöminä. [14.]

### 3 Paikannuslaitteet

#### 3.1 Aplicom A1 BOX -telemetrialaitte

Versotrack-seurantajärjestelmän ensisijaiseksi ajoneuvolaitteeksi on valittu Aplicom Oy:n valmistama Aplicom A1 -tuotesarjan laite Aplicom A1 BOX. Aplicom A1 BOX -laitte on sarjan Java-ohjelmoitava perusmalli, joka sisältää kuitenkin riittävän monipuoliset ominaisuudet valtaosaan seurantasovelluksista. Laite sisältää GPS- ja GPRS-moduulit, joiden avulla laite paikantaa itsensä ja hoitaa yhteyden palvelimeen.

Aplicom Oy on suomalainen vuonna 1990 perustettu osakeyhtiö, ja yhtiön kotipaikka sijaitsee Äänekoskella. Yhtiö on ilmoittanut toimialoihseen elektronisten tietojärjestelmien suunnittelun, valmistuksen, kaupan ja asennus- sekä huoltotoiminnan. [15.]

Aplicom A1 on paikannus- ja telemetrialaitte tuoteperhe. Laitteet ovat tarkoitettu liikkuvien kohteiden seurantaan. Tuoteperheeseen kuuluu seitsemän eri mallia, joista viisi tulee esiasennetulla ohjelmistolla ja kaksi ilman ohjelmistoa. [16.]

Laitetta ohjelmoidaan Java-ohjelmointikielellä, ja se sisältää Java Micro Editon -sovellysympäristön. Aplicom Oy tarjoaa hyvät kirjastot ja hyvän dokumentaation laitteen ohjelmointia varten. Valitettavasti dokumentaatiota tai kirjastoja ei ole julkisesti saatavilla, vaan Aplicom Oy vaatii niistä vastineeksi allekirjoituksen salassapitosopimukseen. [17.]

Aplicom A1 BOX -laitteessa on monipuoliset liitännät laitteiden ja antureiden kytkemiseen järjestelmään. Laitteessa on kolme sarjaliitääntää, kaksi digitaalista ulostuloa, kuusi digitaalista sisäänmenoa ja yksi 1-Wire -liitääntä. Yksi sarjaliitääntä on varattu ohjelman lokitulostuksille. Kaikkia sarjaliitääntöjä voidaan käyttää RS-232 -sarjaliitääntöinä, ja tämän lisäksi yksi niistä voidaan tarvittaessa asettaa RS-485 -tilaan. Laitteen kaksi ulostuloa voidaan asettaa ohjelmallisesti joko digitaaliseen tai open collector -tilaan. Kaikkia kuudesta sisäänmenosta voidaan käyttää normaaleina digitaalisina sisäänmenoina. Tämän lisäksi sisäänmenoista kahta voidaan käyttää pulssilaskureina ja loppuja neljää A/D-muuntimina. Laite sisältää myös 1-Wire -liitääntän, mutta sen käyttöä ei pysty ohjelmallisesti täysin hallitsemaan. 1-Wire -liitääntään voi kytkeä vain iButton-lukijan tai Aplicom Oy:n tuottaman kolmenappisen käyttöliittymän. Taulukossa 1 on listattu nämä laitteen ulkoiset liitännät. [18;19.]

Taulukko 1. Aplicom A1 BOX -laitteen liitännät.

<b>Tyyppi</b>	<b>Määrä</b>	<b>Huomioita</b>
Digitaalinen ulostulo	2	Voidaan asettaa normaaliksi digitaaliseksi ulostuloksi tai open collector -ulostuloksi.
Digitaalinen sisäänmeno	6	Sisäänmenot jakavat fyysiset liitännät A/D- ja pulssilaskurisisäänmenojen kanssa.
Pulssilaskuri	2	Pulssilaskurit jakavat samat fyysiset sisääntulot digitaalisten sisääntulojen kanssa
A/D-muunnin	4	A/D-muuntimet jakavat samat fyysiset sisääntulot digitaalisten sisääntulojen kanssa
RS-232 sarjaportti	3	Yksi varattu oletuksena laitteen ohjelmiston lokitulosuoksille ja yksi voidaan asettaa toimimaan RS-485 -sarjaporttina.
1-Wire	1	Rajattu toimimaan vain iButton-lukijan tai Aplicomin painikekäyttöliittymän kanssa
Käyttöjännite	1	Laite toimii tasajännitteellä, ja jännitealue on 6,8—48 V

Laitteen monipuolisille liitännöille on myös ollut käyttöä seurantajärjestelmän puitteissa. Esimerkiksi laitteen digitaalisiin sisäänmenoihin on kytketty paineantureita mittaamaan kaivureiden hydraulikkajärjestelmän toimintaa, A/D-muuntimiin on liitetty lämpötila-antureita ja ulostuloihin on liitetty summereita, joilla tarvittaessa annetaan kuljettajalle muistutus. Sarjaportteja on käytetty muun muassa luettaessa tietoja alkolukkoon tehdyistä puhalluksista.

### 3.2 Muut tuetut paikannuslaitteet

Seurantajärjestelmän kehittyessä on tutkittu ja testattu myös useita muita seurantalaitteita, jotka voitaisiin liittää järjestelmään. Vaihtoehtoisia laitteita on tutkittu, koska useilla eri valmistajilla on Aplicom A1 BOX -laitetta halvempia laitteita ajoneuvojen seurantaan. Muita laitevalmistajan omalla ohjelmistolla olevia laitteita käytettäessä menetetään paljon Versotrack-seurantajärjestelmän joustavuudessa eikä kaikkia palvelinohjelmiston ominaisuuksia pystytä käyttämään. Joustavuuden väheneminen ei kuitenkaan haittaa silloin, kun asiakkaalla on vain tarve saada kohde seurattavaksi kartalle.

Muiden laitteiden tuki on toteutettu lisäämällä palvelinohjelmistoon ”protokollamuunnin” jokaista laitetta ja protokollaa varten. Protokollamuunnin jäsentää laitteen lähet-

tämän viestin ja muuntaa sen palvelinohjelmiston oman protokollan mukaiseksi. Näiden protokollamuuntimien toteuttaminen eri laitteille ja protokollille on suhteellisen helppoa, sillä käytännössä kaikissa protokollissa on sama tietosisältö GPS:n ilmoittamasta paikasta, nopeudesta, matkasta ja mahdollisista digitaalisista sisäänmenoista.

#### Teltonika FM2200

Versotrack-järjestelmään voi liittää Teltonika FM2200 -laitteen. Teltonika FM2200 -laite on pieni ja edullinen GPS-paikannuslaite. Laitteessa on sisäinen GSM-modeemi, virransäästöominaisuuksia sekä kaksi digitaalista sisäänmenoa ja digitaalista ulostuloa. Laitteeseen voi myös tallentaa koordinaatteja, joiden läheisyydessä laite lähettää tapahtumakoodin palvelimelle. Versotrack-seurantajärjestelmän palvelinohjelmistoon on toteutettu tuki FM2200-laitteen protokollan tulkitsemiseen, mutta FM2200-laitteita ei ole toistaiseksi ollut kuin testikäytössä. [20.]

Laitteen valmistaja UAB Teltonika on liettualainen vuonna 1998 perustettu elektroniikkalaitteiden valmistaja. Teltonikan tuotevalikoimaan kuuluvat muun muassa puhelimet, langattomat tietoliikenne- ja paikannuslaitteet. [21.]

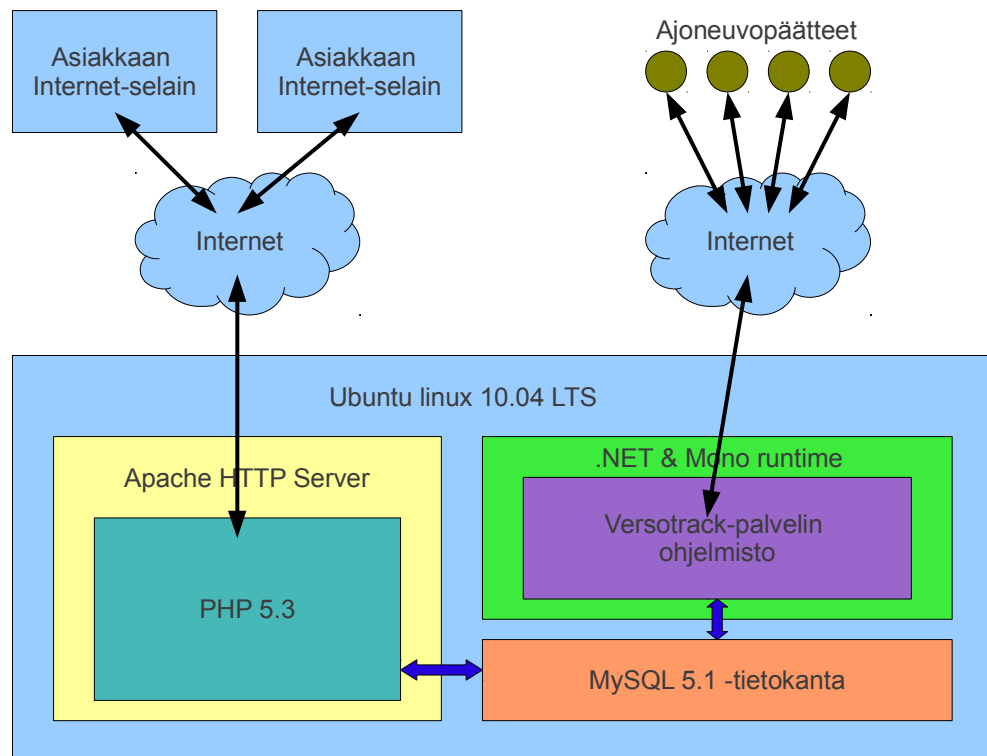
#### Aplicomin d-protokollaa tukevat laitteet

Aplicom Oy julkaisi lokakuussa 2010 uuden R-tuoteperheen, jonka laitteet ovat aikaisempia Aplicomin A1 -sarjan tuotteita edullisempia ja A1-sarjaa helpommin asennettavia. R-sarjan laitteet sisältävät GPS- ja GSM-moduulit sekä kolmesta painikkeesta ja merkkivalosta koostuvan käyttöliittymän. R-sarjan laitteet kommunikoivat käyttäen Aplicom Oy:n määrittelemää d-protokollaa, jota myös muut Aplicom Oy:n tuotteet käyttävät. R-sarjan laitteiden tullessa markkinoille todettiin, että ne olisivat hyviä ja riittävän edullisia laitteita seurantajärjestelmään. Tämän takia palvelinohjelmistoon toteutettiin tuki laitteen käyttämälle protokollalle. [19; 22.]

## 4 Ohjelmistoalusta

### 4.1 Yleiskuvaus

Versotrack-seurantajärjestelmän ohjelmistoalusta on koottu Ubuntu Linux -käyttöjärjestelmän päälle. Ohjelmistoalustaan on valittu Mono Runtime palvelinsovelluksen ajoympäristöksi, MySQL tietokannaksi ja Apache HTTP Server PHP-moduulin kanssa web-palvelimeksi. Apuna web-käyttöliittymän toiminnallisuuden toteuttamisessa on käytetty Mootools javascript -kirjastoa. Komponentti, jonka avulla seurattavat kohteet saadaan näkymään kartalla, on Navteq-yhtiön toimittama MapTP-karttapalvelu. Kaavio ohjelmistoalustasta on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Ohjelmistoalusta

Järjestelmän ohjelmistoalusta koostuu pääosin avoimen lähdekoodin komponenteista. Avoin lähdekoodi ei ole ollut itsetarkoitus valittaessa komponentteja, mutta Linux-ympäristössä parhaat komponentit tuntuvat löytyvän näiden joukosta. Avoimen lähdekoodin etuna on nähty myös se, että testausta varten on voitu perustaa riittävästi virtuaalipalvelimia ilman kasvavia lisenssikustannuksia.

## 4.2 Käytetyt ohjelmistot, kirjastot ja sovelluskehukset

### Ubuntu Linux 10.04 LTS

Versotrack-seurantajärjestelmä tarvitsee käyttöjärjestelmän, jonka päällä sitä ajetaan, mutta sillä mikä se on ei ole suurta väliä. Käyttöjärjestelmäksi on valittu Ubuntu Linux 10.04 LTS, vaikka se voisi yhtä hyvin olla muukin palvelinkäyttöön soveltuva Linux, Microsoft Windows tai Unix-käyttöjärjestelmä.

Syitä, miksi Ubuntu Linuxiin on päädytty, on monia. Seuraavassa on listattuna oleellimmat valintaan vaikuttaneet.

- Ubuntun lisenssiehdot ja hinnat ovat huomattavasti paremmat verrattuna esimerkiksi Microsoft Windows -käyttöjärjestelmien vastaaviin [23;24.].
- STD Systems Oy:ssä on paljon osaamista Linux-palvelimista.
- Ubuntun Linux 10.04 LTS -käyttöjärjestelmään saa tietoturvapäivityksiä viisi vuotta järjestelmän julkaisun jälkeen [25].
- Ubuntuun saa suurimman osan tarvittavista ohjelmista asennettua Ubuntun paketin hallinnan kautta [26].
- Palvelimen etähallinta onnistuu ssh-yhteydellä komentorivikäyttöliittymää käyttäen. ssh-asiakasohjelma löytyy useimmille tietokoneille ja älypuhelimille, minkä takia palvelimen hallinta onnistuu lähes mistä maailman kolkasta tahansa. [27;28.]

### .NET ja Mono

Versotrack-palvelinohjelmistoa ajetaan Mono-ajoympäristössä. Palvelinsovellus on kirjoitettu C#-kielellä ja Microsoftin Visual Studio -kehitystyökaluilla. Luonnollinen valinta olisi ajaa sovellusta Microsoft Windows -käyttöjärjestelmällä käyttäen Microsoftin Common Language Runtime -ajoympäristöä. Palvelimen käyttöjärjestelmäksi on kuitenkin valittu Ubuntu Linux, johon Microsoftin ajoympäristöä ei ole saatavilla. Mono-ajoympäristö todettu parhaaksi alustaksi ajaa palvelinohjelmistoa Ubuntu Linuxissa. [29.]



Mono on avoimen lähdekoodin alusta- ja käyttöjärjestelmäriippumaton toteutus .NET-sovelluskehiksestä. Mono-paketti sisältää tarvittavat kehitystyökalut, luokkakirjastot ja ajoympäristön .NET-sovellusten ajamista ja kehitystä varten. Mono on yhteensopi- va Microsoftin .NET-toteutuksen kanssa, ja Mono-ajoympäristössä voi suoraan ajaa Microsoftin työkaluilla luotuja ohjelmia. Mono toimii muun muassa Linux-, Mac OS X-, Windows- ja Android-käyttöjärjestelmillä ja laitteiston puolesta se tukee muun muas- sa ARM-, x86- ja PowerPC-prosessoreita [30;31.]

### MySQL-tietokanta

Versotrack-seurantajärjestelmässä tietokantana käytetään MySQL-relaatiotietokan- taa. MySQL on suosittu avoimen lähdekoodin tietokanta, joka on riittävän luotettava ja suorituskykyinen seurantajärjestelmän tarpeisiin. MySQL tukee ACID-tietokantajär- jestelmä periaatetta InnoDB-tietokantatauluja käytettäessä. Tietokannan kahden- nusominaisuudet ja tallennettujen tietokantaproseduurien tuki ovat olleet seuranta- järjestelmässä hyödyllisiä ominaisuuksia. [32.]

### Apache HTTP Server

Järjestelmän web-käyttöliittymä tarvitsee HTTP-palvelinohjelmiston toimiakseen. Apache HTTP Server oli luonnollinen valinta HTTP-palvelimeksi, koska se oli osoittau- tunut yrityksen aiemmissa tuotteissa lähes ongelmattomaksi ohjelmistoksi. Apache HTTP Server on avoimen lähdekoodin HTTP-palvelinohjelmisto, ja sitä ylläpitää voit- toa tavoittelematon Apache Foundation [33.].

Apache HTTP Server on maailman suosituin http-palvelinohjelmisto. Maaliskuussa 2011 Netcraft-yrityksen lukujen mukaan Apache HTTP Serverin markkinaosuus oli hieman yli 60 prosenttia ja asennettuja palvelimia oli yli 179 miljoonaa kappaletta. Seuraavaksi suosituimman Microsoftin IIS -palvelinohjelmiston markkinaosuus oli hie- man vajaa 20 prosenttia. [34.]

### PHP

Versotrack-seurantajärjestelmän web-käyttöliittymä on toteutettu PHP-ohjelmointi- kiellellä. PHP on tulkettava yleiskäyttöinen skriptikieli, joka soveltuu parhaiten dynaa- misten HTML-sivujen ohjelmoimiseen. PHP on lyhenne englannin kielen sanoista

"PHP: Hypertext Preprocessor", joka myös viittaa PHP:n pääasialliseen käyttökohteeseen eli web-ohjelmointiin. [35.]

### Mootools

Mootools on avoimen lähdekoodin oliopohjainen JavaScript-kirjasto. Mootools yksinkertaistaa JavaScript-kehitystä ja tarjoaa selkeän sekä hyvin dokumentoidun rajapinnan HTML-dokumenttien muokkaamiseen ja Ajax-pyyntöjen käsittelyyn. Mootools sisältää myös luokkia, joilla saa suhteellisen helposti luotua näyttäviä käyttöliittymäkomponentteja HTML-sivuille. Esimerkiksi vedä ja pudota -tyylisten käyttöliittymien toteutus onnistuu Mootools-kirjastolla pienellä vaivalla. [36.]. [37.]

Kehitystyön kuluessa suurin ilo on tullut Mootools-kirjaston yhteensopivuudesta yleisimpien WWW-selainten kanssa. Mootools kirjaston luokkia ja rakenteita käyttäen javascript-ohjelmat useimmiten toimivat samalla tavalla moderneilla standardeja tukevilla selaimilla. Mootoolsia käyttäen jopa hieman vanhemmat Internet Explorer -selaimet saadaan toimimaan auttavasti ilman suurempaa pään raapimista. [37.]

### MapTP-kartta

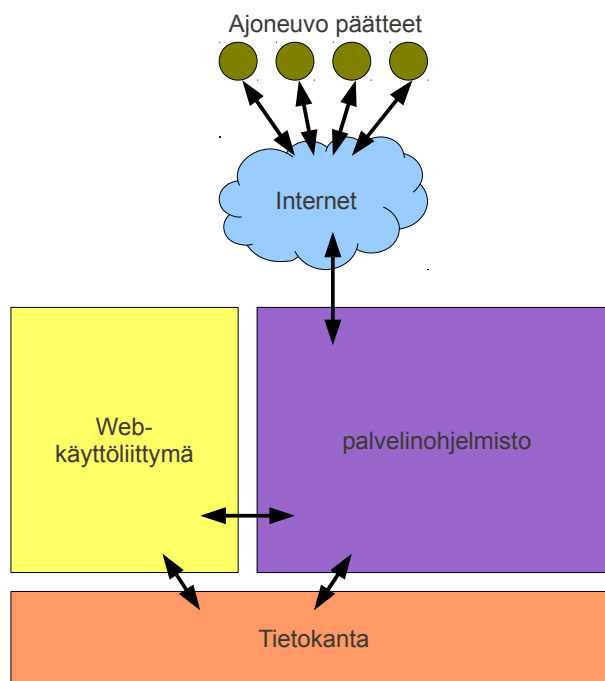
MapTP on Internetissä toimiva karttapalvelu. MapTP tarjoaa kartan, johon saa maantieteellisten koordinaattien mukaan sijoitettua kohteita. Kartan lisäksi MapTP:n tarjoaa reitityspalveluja, koordinaattien muuntamista osoitteiksi ja osoitteiden muuntamista koordinaateiksi. Kartan avulla onnistuu myös käyttäjän syötteen kerääminen, ja palvelun avulla on toteutettu seurantajärjestelmän tukemien maantieteellisten alueiden rajaaminen. MapTP-palvelu on yhdysvaltalaisen Navteq-yhtiön omistama palvelu. [38.]

Versotrack-seurantajärjestelmässä kaikki karttoihin ja osoitteisiin liittyvät ominaisuudet on toteutettu MapTP-palvelun avulla. MapTP sopii hyvin yhteen seurantajärjestelmän kanssa, koska molemmat ovat www-palveluja ja aina yhteydessä Internetiin. Koska MapTP-palvelu toimii verkon kautta, karttadataa ei tarvitse tallentaa STD Systems Oy:n palvelimille eikä karttadatan päivityksistä tarvitse itse huolehtia.

## 5 Sovellusarkkitehtuuri

### 5.1 Yleiskuvaus

Versotrack-seurantajärjestelmä koostuu palvelinohjelmistosta, ajoneuvopäätteistä ja web-käyttöliittymästä. Kaavio järjestelmän osista on esitetty kuviossa 4. Ajoneuvopäätteet ottavat yhteyden palvelinohjelmistoon, jonka tehtävänä on tallentaa ajoneuvopäätteiden tuottama tieto tietokantaan. Tietokantaan kerätyt tiedot näytetään asiakkaalle web-käyttöliittymän avulla. Ajoneuvopäätteet kommunikoivat palvelinohjelmiston kanssa tarkoitusta varten määritellyllä protokollalla.



Kuvio 4. Arkkitehtuuri.

### 5.2 Viestiprotokolla

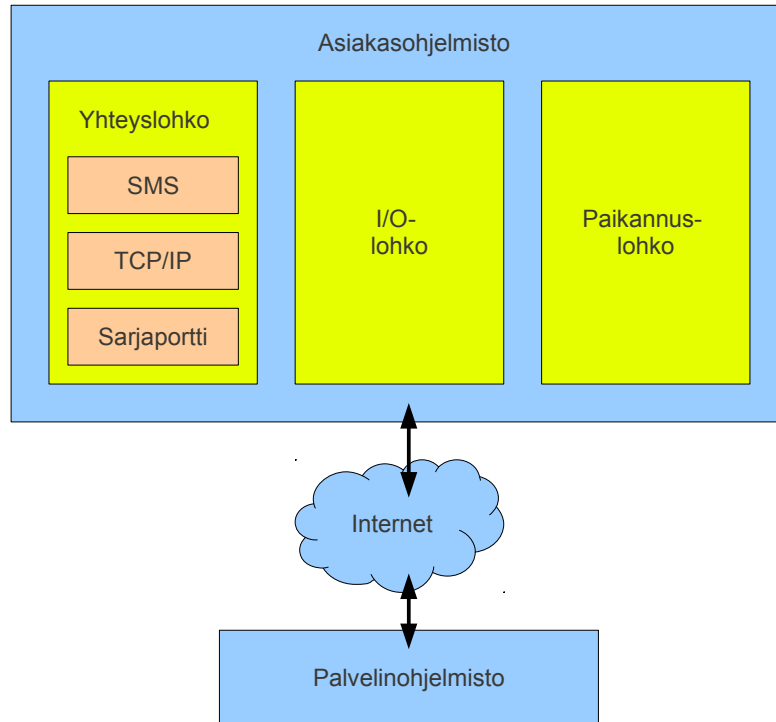
Versotrack-seurantajärjestelmää varten on määritetty protokolla, jota käyttäen ajoneuvopääte kommunikoi palvelinohjelmiston kanssa. Protokollaa käytetään, kun ajoneuvopäätteenä on Aplicom A1 BOX -laite STD Systems Oy:n ohjelmistolla. Yhteys palvelimen ja päätteen välillä on jatkuva ja kaksisuuntainen.

Protokollaviestien siirtotienä käytetään normaalisti ajoneuvopäätteen GRPS-modeemin avulla luotua TCP/IP-yhteyttä. TCP/IP-yhteyden lisäksi siirtotienä voidaan käyttää tekstiviestejä tai ajoneuvopäätteessä olevaa RS-232-sarjaväylää. Vaihtoehtoisia siirtoteitä käytetään lähinnä vain ongelmatilanteissa laitteen tilaa tutkittaessa ja päätteen ohjelmiston kehitystyössä.

Protokolla koostuu yksittäisistä yhden asian tai tapahtuman tiedot välittävistä viesteistä. Yksi protokollaviesti voi sisältää esimerkiksi tiedon päätteen sijainnista tai tiedon tilanmuutoksesta laitteen digitaalisissa sisäänmenoissa. Ratkaisulla protokolla on saatu hyvin joustavaksi, ja uusien viestien lisääminen protokollaan on yksinkertaista, koska ne eivät ole riippuvaisia toisistaan. Ratkaisun huonoina puolina voi nähdä siirrettävän datamäärän kasvun protokollan tarvitsemien ohjausmerkkien takia ja että todellisuudessa toisiin liittyvien tapahtumien toisiinsa liittäminen tietokannassa on työlästä.

### 5.3 Asiakasohjelmisto

Asiakasohjelmisto kerää tietoa muun muassa kohteen sijainnista, nopeudesta ja mahdollisesti päätteeseen liitetyistä muista laitteista. Keräämänsä tiedot asiakasohjelmisto lähettää palvelinsovellukselle. Asiakasohjelmisto on kirjoitettu Java-kielellä ja sitä ajetaan Aplicom A1 BOX -laitteen Java Micro Edition -virtuaalikoneessa. Lohkokaavio asiakasohjelmiston rakenteesta on esitetty kuviossa 5.



Kuvio 5. Asiakasohjelmisto.

### Yhteyslohko

Yhteyslohko hoitaa järjestelmän viestintäprotokollan mukaisen tietoliikenteen asiakasohjelmiston ja palvelinohjelmiston välillä. Yhteyslohko voi käyttää siirtotienä protokollaviesteille TCP/IP-yhteyttä, sarjaväylää tai tekstiviestejä.

Yhteyslohko tulkitsee palvelimelta tulevat viestit. Viestien sisällön mukaan yhteyslohko kutsuu muiden lohkojen olioiden metodeja ja välittää viestit niille osille ohjelmaa, joille ne kuuluvat. Protokollaviestit, joille ohjelmistossa ei ole käsittelyä, ohjelmisto välittää seuraavan siirtokanavan kautta eteenpäin. Jos sarjaportista tulee viesti, jota ohjelmisto ei tunnista, välittää ohjelmisto sen TCP/IP -yhteyden kautta palvelinohjelmistolle. Jos TCP/IP -yhteyden kautta tulee viesti, jota ohjelmisto ei tunnista, välittyy se sarjaporttiin. Tekstiviestiyhteydellä viestejä ei kustannussyistä automaattisesti lähetetä. Tällä järjestelyllä päätelaitteen sarjaporttiin voi liittää laitteita, jotka pääsevät viestimään palvelinohjelmiston kanssa asiakasohjelmiston luoman yhteyden avulla.

Koska päätelaite on tarkoitettu liikkuvien kohteiden seurantaan, täysin luotettavan ja aina auki olevan yhteyden aikaan saaminen päätelaitteen ja palvelimen välille on käytännössä mahdotonta. Mahdollisten yhteyskatkojen takia lähetettävät viestit ke-

rätään lähetyksjonoon, josta ne yksitellen lähetetään palvelimelle jonoonlaittamisjärjestyksessä. Yhteyshäiriön ollessa pidempi ja viestien määrän kasvaessa jonossa kirjoitetaan jonon sisältö päätelaitteen tiedostojärjestelmään odottamaan lähetystä.

#### I/O-lohko

I/O-lohko hoitaa laitteen sisäänmenojen ja ulostulojen hallintaa. I/O-lohko kontrolloi digitaalisia sisäänmenoja ja ulostuloja, A/D-muuntimien toimintaa, 1-Wire-väylän toimintaa ja sarjaporttien liikennettä ja asetuksia.

Ohjelmiston käynnistyessä I/O-lohko alustaa sisäänmenot ja ulostulot oikeaan toimintatilaan. Alustuksen jälkeen I/O-lohko tarkkailee sisääntulojen tilaa ja tarvittaessa välittää tilojen tiedot palvelinsovellukselle. Sarjaportteihin tulevan datan I/O-lohko välittää sellaisenaan palvelinohjelmistolle. Ulostulot I/O-lohko asettaa haluttuihin tiloihin protokollaviestien tai muualta ohjelmasta tulevien käskyjen mukaan. Sarjaportteihin kirjoitettava data välitetään I/O-lohkolle protokollaviestin mukana.

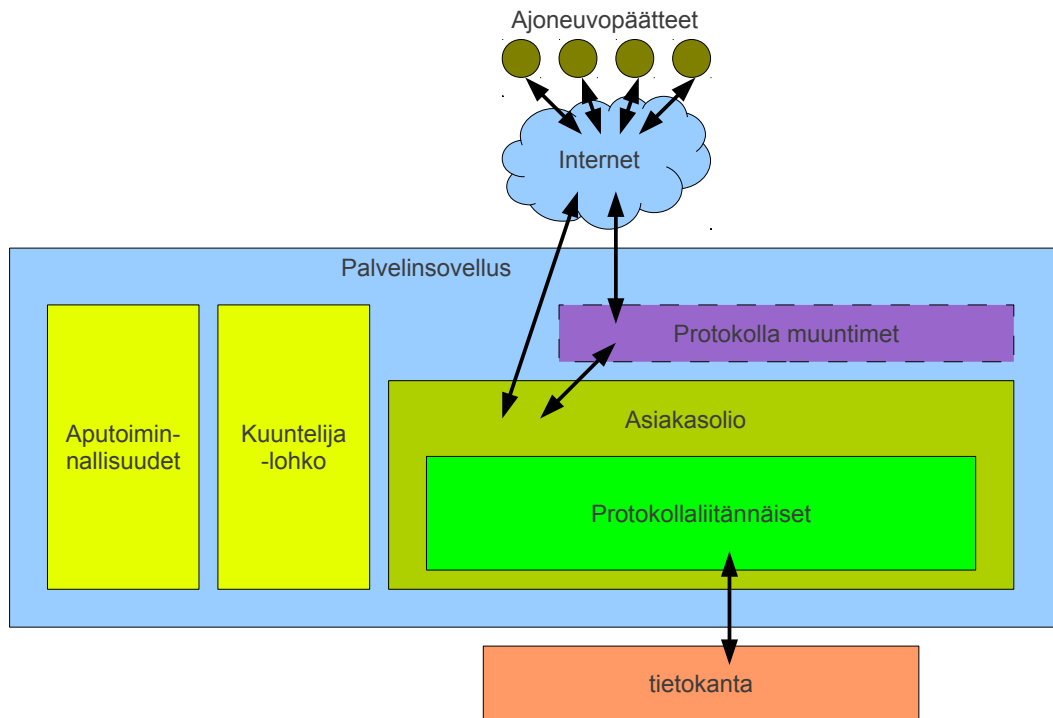
#### Paikannuslohko

Paikannuslohko hallinnoi ja pitää kirjaa laitteen sijainnista. Paikannuslohko saa paikkatiedon laitteen GPS-vastaanottimelta, jota se jakaa eteenpäin muille lohkoille niiden sitä tarvitessa. Paikannuslohko myös mittaa ja pitää kirjaa kohteen kulkemasta kokonaismatkasta. Myös tieto kokonaismatkasta on saatavilla muissa lohkoissa.

Paikannuslohkoon on toteutettu yksinkertainen sijaintitietokantatoiminnallisuus. Tallennettaville paikkatiedoille määritellään maantieteelliset koordinaatit ja säde. Kun paikannuslohko havaitsee matkan koordinaatteihin olevan lyhempi kuin paikalle annettu säde, kytkee paikannuslohko yhden laitteen digitaalisista ulostuloista aktiiviseksi. Ominaisuutta on käytetty hyväksi muun muassa liittämällä ulostuloon sumeri ja tallentamalla tietokantaan nopeusvalvontakameroiden sijainteja. Seurantajärjestelmään on myös toteutettu monipuolisempi paikka- ja aluehallintatietokanta, joka on yhdistetty palvelinsovellukseen. Tarkempi ja monipuolisempi paikka- ja aluehallinta suoritetaan palvelinsovelluksessa, koska päätelaitteen resurssit ovat hyvin rajalliset verrattuna palvelimeen.

## 5.4 Palvelinohjelmisto

Palvelinohjelmiston pääasiallinen tehtävä on tallentaa ajoneuvopäätteiden lähettämä tieto tietokantaan oikeassa muodossa. Tallentamisen lisäksi palvelinohjelmisto jalostaa ja yhdistelee tietoa muotoon, jossa se helpommin jatkossa käytettävissä. Palvelinohjelmisto on voimakkaasti säikeistetty ohjelma, ja säikeet ovat tärkeä osa koko ohjelman toimintaa. Lohkokaavio palvelinohjelmistosta on esitetty kuviossa 6.



Kuvio 6. Palvelinohjelmisto

### Kuuntelijalohko

Kuuntelijalohkon tehtävänä on vastaanottaa yhteyspyynnöt ja muodostaa yhteydet ajoneuvopäätteiden ja palvelinohjelmiston välille. Yhteyden muodostuttua kuuntelijalohko luo uuden asiakasolion, jolle siirtyy vastuu ajoneuvopäätteen ja palvelimen välisestä kommunikoinnista.

Yhteyksien muodostamisen lisäksi kuuntelijalohko pitää kirjaa luoduista asiakasolioista. Kuuntelijalohko myös tekee lopullisen siivouksen ja varmistaa, että kaikki yksittäisen asiakasolion varaamat resurssit vapautuvat asiakasolion poistuessa käytöstä.

Kuuntelijalohko kuuntelee sokettia omassa säikeessään. Kun kuuntelijalohko saa yhteyspyynnön sokettiin, siirtää se yhteydenmuodostuksen omaan Threadpool-säikeeseen, joka hoitaa yhteyden muodostuksen loppuun ja luo uuden asiakasolion. Tällä järjestelyllä kuuntelijalohko on mahdollisimman pian valmis avaamaan seuraavan yhteyden seuraavalta päätelaitteelta.

### Asiakasoliot

Kun ajoneuvopääte ottaa yhteyden palvelimeen, kuuntelijalohko luo yhteyttä varten yhden asiakasolion. Asiakasolio hoitaa kommunikoinnin ajoneuvopääteen kanssa ja pitää yllä päätelaitteen tilaa järjestelmässä. Asiakasolio käsittelee tärkeimmät päätteen lähettämät protokollaviestit ja ohjaa loput viesteistä mahdollisille protokollaliitännäisille käsiteltäviksi.

Kun asiakasoliot kommunikoivat toistensa kanssa, ne käyttävät järjestelmän viestintäprotokollan mukaisia viestejä kommunikointiin. Kuuntelijalohko toimii näiden viestien välittäjänä. Tällä järjestelyllä taataan, että asiakasoliot eivät pääse suoraan vaikuttamaan toistensa toimintaan muuten, kuin tiukasti rajatun rajapinnan avulla.

Asiakasolio käyttää säikeitä hyväkseen toiminnassaan. Datan lähetystä varten on oloon luotu oma säie, jonka kautta kaikki viestit lähetetään päätelaitteelle. Lähetettävät viestit kerätään jonoon, josta säie lähettää ne yksitellen päätelaitteelle oikeassa järjestyksessä.

Päätelaitteelta tuleva data luetaan käyttäen .NET-sovelluskehityksen asynkronista ohjelmointimallia. .NET-sovelluskehityksen asynkronisessa lukemisessa soketille annetaan funktio, jota sovelluskehitys kutsuu kun soketissa on dataa luettavissa. Sovelluskehitys käyttää sisäisesti Threadpool-säikeitä asynkronisen lukemisen toteutuksessa. [40.]

### Protokollaliitännäiset

Protokollaliitännäiset ovat ohjelmakomponentteja, jotka toteuttavat halutun toiminnallisuuden useimmille protokollaviesteille. Palvelinohjelmiston oikean toiminnan kannalta tärkeimmät protokollaviestit käsitellään asiakasoliossa ja muut viestit käsitellään liitännäisissä. Asiakasoliossa käsiteltäviä viestejä ovat yhteydenmuodostukseen, paikannukseen ja auton sammutuksiin sekä käynnistykseen liittyvät viestit.



Protokollaliitännäiset ladataan ajonaikaisesti palvelinohjelmiston käyttöön ohjelmiston käynnistymisen jälkeen. Kun liitännäiset on ladattu, palvelinohjelmisto rekisteröi liitännäiset käsittelijöiksi viesteille, joita liitännäinen pystyy käsittelemään. Liitännäiset ovat .NET assembly -tiedostoja, joihin on kerätty yhden tai useamman toisiinsa liittyvän protokollaviestin käsittely. .NET assembly -tiedostot ovat .NET -välikielelle käännettyjä, ajettavan ohjelman tai luokkakirjastoja sisältäviä tiedostoja. [41.]

Liitännäisten käyttöön on päädytty, koska useilla asiakkailla on erilaisia vaatimuksia järjestelmän toiminnan suhteen. Liitännäisillä on pystytty vastaamaan näihin vaatimuksiin joustavasti, rajaten muutokset tarkasti tiettyyn osaan palvelinohjelmiston koodia. Liitännäisten avulla on myös helpompi hallita koodia ja toteuttaa samanaikaisesti erilainen toiminnallisuus eri asiakkaille samalla peruspalvelinohjelmistolla.

#### Protokollamuuntimet

Protokollamuuntimet lukevat ja tulkitsevat muilta kuin Versotrack-asiakasohjelmistolla varustetuilta päätelaitteilta tulevat viestit. Protokollamuunnin muuntaa viestin Versotrack-seurantajärjestelmän mukaiseksi protokollaksi ja laittaa protokollaviestin eteenpäin normaalille järjestelmän asiakasoliolle. Jokaista eri protokollalla toimivaa laitetta varten on oma protokollamuunnin, johon kyseessä olevan protokollan jäsenys ja muunnokset on toteutettu.

#### Aputoiminnallisuudet

Aputoiminnallisuuksiin on kerätty yleisiä toiminnallisuuksia, joita palvelinohjelmisto tarvitsee. Aputoiminnallisuuksiin on toteutettu esimerkiksi luokat sähköpostin ja tekstiviestien lähetykseen, maantieteellisten koordinaattien muuntamiseen katuosoitteiksi, aluetietojen laskenta ja muita yleisesti tarvittavia toimintoja. Nämä ominaisuudet on toteutettu omaksi yleiskäyttöiseksi kirjastoksi, jota myös käytetään muissa STD Systems Oy:n tuotteissa.

#### 5.5 Web-käyttöliittymä

Versotrack-järjestelmän keräämät tiedot näytetään käyttäjille web-käyttöliittymän kautta. Web-käyttöliittymä on todettu helpoimmaksi tavaksi jakaa sovelluksen tiedot loppukäyttäjille. Web-käyttöliittymän kanssa ei esimerkiksi tarvitse erikseen miettiä uusien versioiden päivittämistä jokaiselle asiakkaalle erikseen.

Web-käyttöliittymän toteutuksessa on käytetty STD Systems Oy:n web-sovelluskehystä, joka tarjoaa sivustolle perusrakenteen ja perustoiminnallisuudet. Sovelluskehys sisältää muun muassa käyttäjien, oikeuksien ja istuntojen hallinnan. Sovelluskehyksessä on myös luokkakirjastoja, joiden avulla samaa hyödyllistä koodia saadaan käyttöön kaikissa STD Systems Oy:n tuotteissa. Sovelluskehystä käyttäen web-käyttöliittymä on saatu toteutettua suhteellisen pienellä työmäärällä.

## 5.6 Järjestelmän kahdennus

Versotrack-seurantajärjestelmässä palvelinympäristö on kahdennettu järjestelmän luotettavuuden parantamiseksi. Fyysiset palvelimet on kahdennettu maantieteellisesti eri paikkoihin, eri palveluntarjoajien tiloihin ja eri verkkopalveluntarjoajien verkkoihin. Tällä järjestelyllä riski siitä, että kumpikin palvelin on paikannuslaitteiden saavuttamattomissa samaan aikaan jää hyvin pieneksi. Teknisesti kahdennus on toteutettu luomalla palvelinohjelmistoon tietoliikenneyhteys palvelimien välille ja kahdentamalla tietokannat palvelimelta toiselle. Myös paikannuslaitteet on ohjelmoitu siten, että jos ne eivät jostain syystä saa yhteyttä ensisijaiseen palvelimeen, ne ottavat yhteyden toissijaiseen palvelimeen.

Tietokannat kahdennetaan asynkronisesti käyttäen MySQL-tietokannan kahdennusominaisuuksia. Tietokantojen kahdennus on asetettu multimaster-tilaan, jossa kumpikin palvelin toimii sekä hallinta- että apupalvelimena. Tässä konfiguraatiossa kumpikin tietokanta kopioi toiseen tulleet muutokset omaan tietokantaansa sekunnin tai parin viiveellä normaali tilassa ollessaan. Tietokannat ovat suurimman osan ajasta hieman eri tilassa toisiinsa nähden, mikä ei tässä sovelluksessa haittaa eron pienuudesta ja sovelluksen luonteesta johtuen. Asynkroninen tietokantojen kahdennus tosin pitää ottaa huomioon tietokantaproseduureja kirjoittaessa ja suorittaessa, jotta vältetään tietokantojen joutuminen ristiriitaiseen tilanteeseen. Esimerkiksi tilanteet, joissa rivejä poistetaan tietokannasta, ovat osoittautuneet ongelmallisiksi varsinkin, jos poisto tapahtuu ajastetusti molemmilla palvelimilla samaan aikaan. [39.]

Kahdennusta varten palvelinten välille on luotu tietoliikenneyhteys, jota kautta ne voivat tutkia toisen palvelimen ja palvelimien välisen yhteyden tilaa. Yhteys on toteutettu käyttäen XML-RPC-protokollaa. Kun palvelinten välisessä yhteydessä havaitaan virhe, tekee järjestelmä sähköpostilla hälytyksen, jolloin päästään tekemään varotoimenpiteitä ja syyn paikallistamista mahdollisimman nopeasti. Samaa yhteyttä

pitkin saadaan välitettyä viestejä eri palvelimiin yhteydessä olevien paikannuslaitteiden välillä.

### 5.7 Testaus- ja latausohjelmistot

Verstotrack-seurantajärjestelmän avuksi on luotu myös muita ohjelmia, jotka eivät varsinaisesti liity järjestelmän normaaliin toimintaan. Näiden apuohjelmien avulla on kehitystyötä saatu nopeutettua, laatua parannettua ja rutiinitoimintaa helpotettua.

Palvelinohjelmiston testausta varten on tehty ohjelma, joka luo keinotekoisesti paljon kuormaa palvelinohjelmistolle. Ohjelman tarkoituksena on saada mahdollisista ohjelmointivirheistä johtuvat kilpatilanteet ja mahdolliset resurssien loppumiset esille testiympäristössä. Ilman testiohjelmaa palvelinohjelmiston käyttäytymistä rasituksessa on käytännössä hyvin hankala testata. Testiohjelmasta on ollut suurta hyötyä ja sen avulla on löydetty virheitä, jotka olisi muuten ollut vaikea paikallistaa.

Asiakasohjelmiston lataukseen päätelaitteeseen ja ohjelmiston asetusten asettamiseen on tehty oma ohjelma. Ohjelman avulla uuden päätelaitteen käyttöönotto on saatu tehtyä mahdollisimman helpoksi ja ohjelman avulla se onnistuu asentajalta ilman suurempaa koulutusta.

## 6 Järjestelmän tuottamat palvelut

### Paikannus

Versotrack-seurantajärjestelmän tarjoamista tiedoista oleellisimpia ovat seurattavien kohteiden reaaliaikainen sijainti ja kohteiden kulkemien reittien tallentaminen. Kohteen nykyinen sijainti ja kulkemat reitit esitetään käyttäjälle karttapohjalla. Järjestelmän avulla kerätään paljon tietoa, ja tallennettujen paikkatietojen avulla kerätyt tiedot saadaan sidottua tiettyyn aikaan ja paikkaan.

Paikannusta on täydennetty mahdollisuudella määritellä kiinnostavia alueita ja kohteita maanpinnalta. Näillä määritellyillä alueilla käynneistä tallennetaan tiedot raporteja ja mahdollisia hälytyksiä varten. Järjestelmä voidaan asettaa hälyttämään ajoneuvo- ja aluekohtaisesti, kun alueelle tullaan ja kun alueelta poistutaan sekä siitä, että ajoneuvo ei ole saapunut alueelle haluttuna ajankohtana.

### Automaattinen ajopäiväkirja

Versotrack-seurantajärjestelmän perustoiminnallisuuksiin kuuluu automaattinen ajopäiväkirja. Ajopäiväkirjasta saadaan Verohallituksen päätöksen 1072/2006 mukaiset ajopäiväkirjalta vaadittavat tiedot tarkasti pienellä vaivalla. Ajopäiväkirjaan tallennetaan automaattisesti ajojen alkamis- ja päättymisajankohdat, ajojen alkamis- ja päättymispaikat, ajoreitit, matkojen pituudet sekä matkamittarin lukemat ajojen alussa ja lopussa. Ajopäiväkirjaa voidaan täydentää kuljettajan tunnistuksella sekä painikekäyttöliittymällä, jolla voidaan erotella kuljettajat ja ajon tarkoitukset jo ajon aikana. Ajon tarkoitukset ja ajoneuvon kuljettajat saadaan asetettua myös jälkikäteen web-käyttöliittymästä käsin. [42;43.]

### Taksipaketti

Taksiyrittäjille on toteutettu oma tietopalvelupaketti seurantajärjestelmän avulla. Taksipaketissa järjestelmään on liitetty taksissa oleva alkolukko ja taksamittari. Alkolukon ja taksamittarin tapahtumat luetaan päätelaitteen sarjaporttiyhteydellä ja siirretään palvelimen tietokantaan. Taksamittarista tallennetuista tiedoista muodostetaan raportit kirjanpitäjälle ja alkolukon poikkeavista puhalluksista varoitetaan ajojärjeste-

lijää tekstiviesteillä. Taksipakettiin on liitetty hätänappi, jolla kuljettaja saa nopeasti ja huomaamattomasti ilmoitettua keskukselle hätätilanteesta taksissa.

#### Anturit ja tunnistimet

Päätelaitteen monipuolisten liitännöiden avulla Versotrack-seurantajärjestelmään saadaan liitettyä hyvin monenlaisia laitteita, koneita ja järjestelmiä. Päätelaitteen sisäntulojen ja A/D-muuntimien avulla luetaan tietoja seurattavien kohteiden toiminnasta. Antureiden avulla seurataan muun muassa kiinteistöhuoltoyritysten autojen hiekoittimia ja maanrakennusyrittäjien kaivureiden hydraulikkajärjestelmän paineita. Kerätyillä tiedoilla yritykset saavat analysoitua suoritettuja työtehtäviä, tehokkuutta ja käyttöastetta.

## 7 Yhteenveto

Versotrack-järjestelmä on ollut tuotantokäytössä jo pitkään ja järjestelmään on liitetty satoja seurattavia kohteita. Järjestelmä on käytännössä todettu vakaaksi, varmaksi ja tuottavaksi järjestelmäksi, jonka avulla loppuasiakkaat saavat tietoa kalustonsa liikkeistä ja toiminnasta.

Järjestelmässä perusasiat ovat kunnossa. Järjestelmän rakenne on selkeä ja joustava. Protokollaliitännäisten avulla ohjelmiston saa tarpeen mukaan muuntumaan asiakasvaatimusten mukaiseksi, rikkomatta kuitenkaan aiempaa toiminnallisuutta.

Aika ajoin ongelmia on tuottanut päätelaitteiden tuottaman tiedon tulkinta. Ongelmia ovat aiheuttanut toisiinsa liittyvien tietojen yhdisteleminen oikein ja yhdistelemisestä aiheutuvat syorituskykyongelmat. Myös järjestelmään kerätyn tiedon saaminen oikeaan ulkoasuun on välillä hankalaa.

Hälytysjärjestelmässä on parantamisen varaa. Hälytyssähköpostien ja -tekstiviestien lähetys ei ole järjestelmän vahvimpia puolia. Viestien lähetys aiheuttaa turhia viiveitä väärin paikkoihin ohjelmaa, eikä lähetysjärjestelmä muunnu kaikkiin eteen tulleisiin tarpeisiin.

Seurattavien kohteiden määrän kasvaessa tietokannan suorituskyky asettaa uusia haasteita. Tietokantaan kerääntyy jatkuvasti lisää historiatietoa ajoneuvoista, tapah- tumista ja reiteistä. Tietomäärien kasvaessa oikean tiedon hakeminen hidastuu ja vaikeutuu. Tässäkin riittää tulevana vuosina haastetta järjestelmän kehitykseen.

Versotrack-seurantajärjestelmä on aktiivisen kehityksen kohteena. Uusia ominaisuuksia luodaan järjestelmään asiakastarpeitten mukaan ja olemassa oleville ominaisuuksille keksitään uusia käyttötapoja.

Versotrack-seurantajärjestelmä seisoo vahvalla perustalla, jossa riittää joustoa moniin tarpeisiin. Sen avulla on helppo kohdata tulevaisuuden haasteet ja myyntimiesten asiakkaille lupaamat huikeat visiot.

## Lähteet

- 1 STD Systems Oy. Verkkodokumentti. STD Systems Oy. <<http://www.std.fi>> Luettu 2.2.2011.
- 2 GPS SYSTEM DESCRIPTION. Verkkodokumentti. <<ftp://tycho.usno.navy.mil/pub/gps/gpsy.txt>>. Luettu 5.4.2011.
- 3 Puotanen, Markku. 1998. GPS-paikanmäärittäminen. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa.
- 4 2008 South Ossetia war. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/2008\\_South\\_Ossetia\\_war](http://en.wikipedia.org/wiki/2008_South_Ossetia_war)>. Luettu 5.4.2011.
- 5 GLONASS. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/GLONASS>>. Luettu 7.4.2011.
- 6 Galileo (satelliittipaikannusjärjestelmä). Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://fi.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_\(satelliittipaikannusjärjestelmä\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satelliittipaikannusjärjestelmä))>. Luettu 8.4.2011.
- 7 Koordinaattijärjestelmä. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Koordinaattijärjestelmä>>. Luettu 10.4.2011.
- 8 JHS 153 ETRS89järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. Verkkodokumentti. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS153/JHS153.pdf>> Luettu 24.2.2011.
- 9 EUREF-FIN. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/EUREF-FIN>> Luettu 9.4.2011.
- 10 Kartastokoordinaattijärjestelmä, Wikipedia. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kartastokoordinaattijärjestelmä>> Luettu 9.4.2011.
- 11 Spherical\_Earth. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Spherical\\_Earth](http://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_Earth)> Luettu 11.2.2011.
- 12 Gauss-Krüger-projektio, Wikipedia. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Gauss-Krüger-projektio>> Luettu 10.4.2011.
- 13 Grönroos, Matti. Tiedosto:GaussKruger\_Konstruktio.jpg. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:GaussKruger\\_Konstruktio.jpg](http://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:GaussKruger_Konstruktio.jpg)> Luettu 10.4.2011.
- 14 JHS 154 ETRS89järjestelmään liittyvät karttaprojektio, tasokoordinaatit ja karttalehtijako. Verkkodokumentti. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS154/JHS154.pdf>> Luettu 24.2.2011.
- 15 Osakeyhtiö Aplicom Oy tiedot. Verkkodokumentti. Kauppalehti. <<http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/aplicom+oy/09957917>> Luettu 27.1.2011.

- 16 Aplicom A1 Product Family. Verkkodokumentti. Aplicom Oy. <[http://www.aplicom.com/brochures/M100451\\_Aplicom%20\\_A1\\_Product\\_Family.pdf](http://www.aplicom.com/brochures/M100451_Aplicom%20_A1_Product_Family.pdf)> Luettu 26.1.2011.
- 17 Aplicom - Fleet Telematics units, Tracking and Tracing devices, M2M, Telemetry, precise vehicle mileage counting:. Verkkodokumentti. Aplicom Oy. <<http://www.aplicom.com/products.html>> Luettu 27.1.2011.
- 18 Aplicom A1 with ready made configurable software. Verkkodokumentti. Aplicom Oy. <[http://www.aplicom.com/brochures/K504021\\_Aplicom\\_A1\\_with\\_ready\\_made\\_software.pdf](http://www.aplicom.com/brochures/K504021_Aplicom_A1_with_ready_made_software.pdf)> Luettu 28.1.2011.
- 19 Aplicom R1 Low cost vehicle security & tracking device. Verkkodokumentti. Aplicom Oy. <[http://www.aplicom.com/brochures/M100425\\_R1\\_datasheet.pdf](http://www.aplicom.com/brochures/M100425_R1_datasheet.pdf)> Luettu 28.1.2011.
- 20 FM2200. Verkkodokumentti. UAB Teltonika. <<http://www.teltonika.lt/en/pages/view/?id=955>> Luettu 7.2.2011.
- 21 History. Verkkodokumentti. UAB Teltonika. <<http://www.teltonika.lt/en/pages/view/?id=37>> Luettu 7.2.2011.
- 22 Aplicom Newsletter October 2010. Verkkodokumentti. Aplicom Oy. <[http://www.aplicom.fi/newsletter/October\\_2010.html](http://www.aplicom.fi/newsletter/October_2010.html)> Luettu 8.2.2011.
- 23 MICROSOFT SOFTWARE LICENSE TERMS MICROSOFT WINDOWS SERVER 2008, STANDARD. Verkkodokumentti. Microsoft Corporation. <[http://download.microsoft.com/documents/useterms/Windows%20Server\\_2008%20Standard\\_English\\_c1719087-6590-430f-a09e-7d515551c1d0.pdf](http://download.microsoft.com/documents/useterms/Windows%20Server_2008%20Standard_English_c1719087-6590-430f-a09e-7d515551c1d0.pdf)> Luettu 9.3.2011.
- 24 Reduce costs. Verkkodokumentti. Canonical Ltd. <<http://www.ubuntu.com/business/server/reduce-costs>> Luettu 9.3.2011.
- 25 ServerFaq - Community Ubuntu Documentation. Verkkodokumentti. Canonical Ltd. <<https://help.ubuntu.com/community/ServerFaq#What%20is%20the%20maintenance%20period%20of%20my%20server?>> Luettu 9.3.2011.
- 26 Ubuntu -- Ohjelmistopakettien jakelussa "lucid":. Verkkodokumentti. Canonical Ltd. <<http://packages.ubuntu.com/lucid/allpackages>> Luettu 9.3.2011.
- 27 Secure Shell. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Secure\\_Shell](http://en.wikipedia.org/wiki/Secure_Shell)> Luettu 9.3.2011.
- 28 Comparison\_of\_SSH\_clients. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_SSH\\_clients](http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_SSH_clients)> Luettu 9.3.2011.
- 29 .NET Framework System Requirements. Verkkodokumentti. Microsoft Corporation. <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/8z6watww%28v=vs.71%29.aspx>> Luettu 4.3.2011.



- 30 Mono:Runtime. Verkkodokumentti. the Mono project. <<http://www.mono-project.com/Mono:Runtime>> Luettu 7.3.2011.
- 31 Mono\_(software). Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Mono\\_\(software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Mono_(software))> Luettu 7.3.2011.
- 32 MySQL. Verkkodokumentti. Wikipedia.<<http://en.wikipedia.org/wiki/MySQL>> Luettu 11.3.2011.
- 33 Welcome! - The Apache HTTP Server Project:. Verkkodokumentti. The Apache Software Foundation. <<http://httpd.apache.org/>> Luettu 29.3.2011.
- 34 March 2011 Web Server Survey. Verkkodokumentti. Netcraft Ltd. <<http://news.-netcraft.com/archives/2011/03/09/march-2011-web-server-survey.html>> Luettu 11.3.2011.
- 35 What is PHP? Verkkodokumentti. The PHP Group. <<http://www.php.net/manual/en/intro-what-is.php>> Luettu 1.4.2011.
- 36 MooTools Demos - Drag.Drop:. Verkkodokumentti. <<http://mootools.net/demos/?demo=Drag.Drop>> Luettu 11.3.2011.
- 37 MooTools - a compact javascript framework:. Verkkodokumentti. <<http://mootools.net/>> Luettu 11.3.2011.
- 38 MapTP Technical Whitepaper. Verkkodokumentti. Navteq. <[http://www.nn4d.com/site/global/build/apis\\_overview/maptp\\_whitepaper/chapter1.jsp](http://www.nn4d.com/site/global/build/apis_overview/maptp_whitepaper/chapter1.jsp)> Luettu 14.3.2011.
- 39 MySQL :: MySQL 5.1 Reference Manual :: 16.6.10 MySQL Cluster Replication: Multi-Master and Circular Replication:. Verkkodokumentti. <<http://dev.-mysql.com/doc/refman/5.1/en/mysql-cluster-replication-multi-master.html>> Luettu 7.3.2011.
- 40 Asynchronous File I/O. Verkkodokumentti. Microsoft Corporation. <<http://msdn.-microsoft.com/en-us/library/kztecstys%28v=vs.71%29.aspx>> Luettu 21.3.2011.
- 41 .NET\_assembly. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/.NET\\_assembly](http://en.wikipedia.org/wiki/.NET_assembly)> Luettu 21.3.2011.
- 42 Verohallituksen päätös vuodelta 2007 toimitettavassa verotuksessa noudatettavista luontoisetujen laskentaperusteista. Verkkodokumentti.<<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20061072>> Luettu 12.4.2011.
- 43 Versotrack. Verkkodokumentti. STD Systems Oy. <<http://www.versotrack.fi/index.php?lang=fi&p=cat2>> Luettu 12.4.2011.