
PAIKKATIETOISEN PALVELUN KEHITTÄMINEN

Mobiililaitteiden paikannus ja karttapalvelut



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tietotekniikan ko

Riihimäki 23.5.2013

Joonas Perttula



Riihimäki
Tietotekniikan ko
Tietoliikennetekniikka

Tekijä	Joonas Perttula	Vuosi 2013
Työn nimi	Paikkatietoisien palvelun kehittäminen	

TIIVISTELMÄ

Työn aihe tulee ajankohtaisesta EU:n päätöksestä, että julkisin verovaroin tuotetun materiaalin pitää olla kansalaisten vapaassa käytössä. Aihe koskettaa minua harrastuksen kautta, ja olen kiinnostunut mobiililaitteista ja niiden sovelluskehityksestä. Työ tehdään tutkielmana Hämeen ammattikorkeakoululle.

Maanmittauslaitos on EU:n INSPIRE-direktiivillä vapauttanut julkisin varoin tuotetun kartta-aineiston julkiseen ja vapaaseen käyttöön. Kartta-aineisto ei kuitenkaan ole käytettävissä sellaisenaan. Se tarvitsee paikkatietoisien sovelluksen, joka käyttää materiaalia yhdistäen sen sisältämän paikkatiedon ja datan, sekä käyttää paikkatietoisien sovelluksen tarjoamaa mahdollisuutta paikannukseen. Paikkatietoinen palvelusovellus tarvitsee materiaalin yhteensopivassa muodossa, mikä nykyään on käytännössä GPS-paikkannusjärjestelmän sanelema. Mobiililaitteet käyttävät GPS-järjestelmää sijainnin määrittämiseen ja ilmoittavat sijaintinsa WGS84-järjestelmän mukaisena pallon koordinaatistona. Materiaalien koordinaatioja ei läheskään aina ole ilmoitettu tässä muodossa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten mobiililaitteiden paikkannusjärjestelmät toimivat ja minkälaista tuo maanmittauslaitoksen vapautettu karttamateriaali on. Tarkoituksena on myös perehtyä paikkatietoisien palvelun kehittämiseen ja paikkatietoisien palvelun vaatimuksiin. Mitä paikkatietoinen palvelu vaatii laitteelta sekä materiaalilta sekä kuinka luodaan paikkatietoinen sovellus mobiililaitteelle?

Tässä opinnäytetyössä käytetään Maanmittauslaitoksen luovuttamaa kartta-aineistoa sekä perehdytään sovelluskehittämisen yleiseen toimintatapaan.

Avainsanat GPS, Kartat, Paikkatietoinen palvelu, Mobiililaitteen sovelluskehitys

Sivut 35 s. + liitteet 4 s.

Riihimäki
Degree Programme in Information technology
Telecommunications

Author	Joonas Perttula	Year 2013
Subject of Bachelor's thesis	Geographic information service development	

ABSTRACT

This thesis arose from the author's personal interest in location-based services. This is a current thesis because of the EU directive called INSPIRE, which demands countries to release tax revenue data, and it is free of charge for every citizen and business. This thesis was commissioned by HAMK Häme University of Applied Sciences.

The main aim was to study what is needed to provide a mobile device using modern location services with maps. The second objective was to explore what kind of location services are available and how they work. The map data from the National Land Survey of Finland is described as well as what is needed to use it in a geographic information service. This thesis includes a short analysis of mobile software development for Android devices and Google's requirements for user interfaces for Android application and also what needs to be taken into consideration when developing software to Android.

In this thesis, the author's own expertise in signaling, mobile devices and Linux environments gained in HAMK is utilized. Most of the literature review is done on the Internet using systems developer's websites.

It was established that it is not so simple to use the map data from the National Land Survey of Finland. The map data is published in a format that cannot be used in its native format. MapServer is needed to distribute the map data in a user-friendly format for mobile devices. Installing a MapServer is very labor-intensive and needs craftsmanship in computers and especially in a Linux environment.

The main result was the description and explanation of the MapServer installation and configuration process. Map Server was installed in a very basic form. The performance of MapServer can be improved, and services can be extended depending upon the usage situation. There are plenty of location-based software in Android's application store to use.

Keywords Location based services, Maps, INSPIRE, coordinates, positioning.

Pages 35 p. + appendices 4 p.

LYHENTEET

ANDROID	Googlen kehittämä mobiilikäyttöjärjestelmä.
API	Application Programming Interface. Ohjelmointirajapinta.
A-GPS	Assisted GPS. Verkkoavusteinen GPS järjestelmä. Nopeuttaa GPS paikannuksen lukitusta.
CDMA	Code Division Multiple Access. Radiotien kanavanvaraustekniikka, jossa useat samaan aikaan lähettävät laitteet voidaan erottaa toisistaan yksilöllisellä koodilla.
COMPASS Tai BDS	BeiDou Navigation Satellite System. Kiinalaisten rakentama satelliittipaikannusjärjestelmä
ESA	Euroopan avaruusjärjestö
ETRS-TM35FIN	Suomen kansallinen karttakoordinaatisto
FDMA	Frequency Division Multiple Access. Radiotien kanavanjakotekniikka, jossa käyttäjät erotellaan taajuusalueittain
GALILEO	ESA:n kehittämä satelliittipaikannusjärjestelmä
GeoTIFF	Kuvanpakkausmuoto, joka sisältää kuvan metadatatassa koordinaatitietoja kuvan sijainnista.
GLONASS	GLObalnaja NAVigatsionnaja Sputnikovaja Sistema tai GLObal NAVigation Satellite System. Venäläisten kehittämä ja ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä
GPS	Global Positioning System. Amerikkalaisten kehittämä ja ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä
HTTP	Hypertext Transfer Protocol. Tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään WWW-palvelinten ja selainten välillä
MAC	Media Access Control. Verkkolaitteiden yksilöintiosoite
MapServer	Nasan ja Minnesotan yliopiston yhteistyössä kehittämä karttapalvelinsovellus
TMS	Tile Map Service. Karttapalvelimen karttojenjakotekniikka, jossa haettava alue jaetaan osiin (tiliin) ja lähetetään päätelaitteelle
UTM	Universal Transverse Mercator. Karttaprojektio, koordinaatisto, jossa koordinaatit esitetään tasossa.
WGS84	World Geodetic System. Karttakoordinaatisto, jossa koordinaatit esitetään geoidin, eräänlaisen ellipsin, päällä.

WiFi	Langaton lähiverkkotekniikka.
WMS	Web Map Service. Karttapalvelimen karttojenjakotekniikka, jossa haettava alue ladataan kokonaisuudessaan karttapalvelimelta.
WPS	WiFi Positioning System. Langattomaan lähiverkkoon perustuva paikannustekniikka.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Tavoitteet ja tarkoitus.....	1
1.2	Rajaukset.....	1
2	MOBIILILAITTEIDEN PAIKANNUSJÄRJESTELMÄT	2
2.1	GPS järjestelmä.....	2
2.1.1	GPS järjestelmän rakenne.....	3
2.1.2	GPS signaali	3
2.1.3	Paikannuksen laskeminen.....	6
2.2	A-GPS järjestelmä.....	7
2.3	GLONASS	7
2.4	GALILEO JA COMPASS	8
2.5	Verkkoperusteinen paikannus.	9
2.6	WiFi paikannus.	11
2.6.1	Solun tunniste	11
2.6.2	Kolmiomittaus	12
2.6.3	Trilateraatio	12
2.6.4	Signaalin sormenjälki	12
2.6.5	Tietoturva	12
3	PAIKKATIETOJEN KÄYTTÖ MOBIILISOVELLUKSISSA.....	14
3.1	Kartat.....	14
3.2	Maanmittauslaitoksen vapautettu kartta-aineisto.....	15
3.3	Karttapalvelin	15
3.3.1	Karttapalvelimen asennus.....	16
3.3.2	Ohjelmien asennus.....	16
3.3.3	Apache web palvelimen asennus.....	16
3.3.4	MapServer	17
3.3.5	MapServerin konfigurointi.	19
3.3.6	MapServer käyttöönoton ongelmat	20
3.3.7	Karttamateriaalin käyttöönotto MapServerille.....	22
3.3.8	Karttapalvelimen jatkokehitys.....	22
3.4	Koordinaatistot	22
3.4.1	Koordinaatiston muunnos.....	23
3.4.2	Koordinaattien muunnos ohjelmallisesti Android sovellus.....	25
3.4.3	Käyttöliittymä.....	25
3.4.4	Toiminta.	26
3.4.5	Koodinaattien muunnos WMS palvelimella.	26
3.5	Paikkatiedot ja niiden käyttötarkoitus	27
4	PAIKKATIETOINEN MOBIILIPALVELU	28
4.1	Kehittämistavoitteet ja sovelluksen tarkoitus.....	28
4.2	Laitteisto ja sen vaatimukset	28
4.3	Kehittämissympäristö	29
4.4	Käyttöliittymä.....	29

5	YHTEENVETO	31
5.1	Tavoitteiden saavuttaminen.....	31
5.2	Keskeiset tulokset.....	31
5.3	Jatkotoimenpiteet	32
	LÄHTEET	33

Liite 1	GPS-navigointiviestin alikehysten sisältö
Liite 2	Verkkoperusteinen paikannus kuvat
Liite 3	MapServerin testauksessa käytetty MAP-file

1 JOHDANTO

Mobiililaitteiden suorituskyky paranee jatkuvasti ja nykyään melkein kaikki mobiililaitteet sisältävät jonkinlaisen paikannusjärjestelmän. Tällaisia järjestelmiä ovat esim. Global Positioning System (GPS), Galileo, GLObalnaja NAVigatsionnaja Sputnikovaja Sistema tai GLObal NAVigation Satellite System (GLONASS) ja BeiDou Navigation Satellite System (BDS tai COMPASS). Paikannusjärjestelmät toimivat periaatteessa kaikki samalla tavalla. Avaruudessa maata kiertää satelliitteja, joista osa on aina horisontin yläpuolella. Nämä satelliitit lähettävät radiosignaalia, joka sisältää erittäin tarkan atomikellon aikatieon ja navigaatio-signaalin. Näistä laskemalla voidaan määrittää signaalin kulku-aika satelliitista päätelaitteeseen ja sen perusteella voidaan laskea päätelaitteen sijainti.

Paikannusjärjestelmä itsessään ei luo paljoa hyötyä ilman paikkatietoista sovellusta, joka käyttää paikannusjärjestelmää osana sovelluksen toimintaa. Jos tällainen sovellus yhdistää paikkatiedon johonkin olemassa olevaan tietoon, esimerkiksi maanmittauslaitoksen karttatietoon, saadaan paikkatietoinen sovellus. Maanmittauslaitos on, EU:n päätöksellä julkisin varoin tuotetun datan vapauttamisesta, avannut tuottamansa maastokartta-aineiston vapaaseen käyttöön. Se antaa oikeuden kaikille käyttää materiaalia erilaisten palveluiden tuottamiseen. Yksi mahdollisuus näistä on paikkatietoinen palvelu.

Materiaalin vapautus on johtanut jo useiden harrastelijavoimin toteutettuihin palveluihin, jotka jakavat maanmittauslaitoksen tuottamaa karttamateriaalia. Kiinnostavimpia ovat ehkä erilaiset karttapalvelimet, joita voidaan käyttää paikkatietoisissa sovelluksissa karttamateriaalin noutamiseen.

1.1 Tavoitteet ja tarkoitus

Opinnäytetyön tavoitteena on perehdyttää lukija erilaisten paikannusjärjestelmien periaatteelliseen toimintaan, karttajärjestelmiin ja koordinaatistoihin. Minkälaista Maanmittauslaitoksen vapauttama karttamateriaali on ja kuinka sitä voi käyttää? Mitä vaaditaan palveluntarjoajalta, joka haluaa jakaa karttamateriaalia erilaisiin palveluihin varten? Kuinka paikkatietoinen palvelu käyttää paikannusta ja muita materiaaleja ollakseen paikkatietoinen palvelu? Työssä on tarkoitus myös hieman perehtyä sovelluksen kehittämiseen Android-laitteille.

1.2 Rajaukset

Paikannuslaitteista käsitellään vain mobiilit päätelaitteet ns. älypuhelimet tai tablet-laitteet, pääasiassa vain Android-laitteet. Tässä työssä ei perehdytä päätelaitteissa ns. navigaattoreihin. Paikkatietoisilla sovelluksilla tässä työssä tarkoitetaan mobiilisovelluksia joita on tarkoitus käyttää älypuhelimilla tai tablet-laitteilla. Mobiilisovelluskehittämisessä perehdytään Android-laitteisiin. Paikannusjärjestelmissä keskitytään vain vapaassa käytössä oleviin open-source tai avoimen lähdekoodin palveluihin.

2 MOBIILILAITTEIDEN PAIKANNUSJÄRJESTELMÄT

Mobiililaitteissa käytetään erilaisia paikannusjärjestelmiä ja useimmiten vielä yhtä aikaa paikannustarkkuuden parantamiseksi. Lähes kaikki mobiilit päätelaitteet sisältävät jo amerikkalaisten rakentaman satelliitteihin perustuvan GPS-paikannuksen. Vähän aikaa sitten Venäjä on saanut käyttöön oman satelliitteihin perustuvan paikannusjärjestelmänsä joka kantaa nimeä GLONASS. Se on myös nykyään vapaasti siviilikäytössä ja kattaa lähes koko maapallon. Vasta uusimmat matkapuhelimet ja paikannuslaitteet tukevat GLONASS järjestelmää. Kiinalaiset ovat myös käynnistäneet oman satelliittipaikannusjärjestelmän nimeltä COMPASS. Sen rakennustyöt ovat käynnissä ja siitä on laukaistu avaruuteen jo muutamia paikannussatelliitteja. Tämä järjestelmä ei kuitenkaan kata vielä koko maapalloa vaan ainoastaan Kaukoidän eli lähinnä Kiinan alueen. Euroopassa myös Euroopan avaruusjärjestö ESA on alkanut rakentaa omaa satelliittipaikannusjärjestelmää, joka kantaa nimeä GALILEO. Tämä järjestelmä ei tämän raportin kirjoitushetkellä vielä ole valmis eikä vapaassa käytössä. Osa satelliiteista on jo laukaistu maan kiertoradalle, mutta ei läheskään kaikki. Älypuhelimissa, joissa paikkatietoisia sovelluksia on lähinnä tarkoitus käyttää, käytetään paikannusmenetelminä myös verkkopohjaista paikannusta, jolla saadaan karkea paikannus maksimissaan n. 35 km:n säteellä tukiasemasta. Lisäksi käytössä on langattomien tukiasemiin perustuva karkea paikannusjärjestelmä. Näitä järjestelmiä rinnakkain käytettäessä saadaan mobiiliin päätelaitteen paikannus toimimaan jouhevasti ensin käyttäen karkeaa paikannusta alueen määrittämiseen, minkä jälkeen laite tarkentaa paikannustaan esimerkiksi GPS-järjestelmää käyttäen tai lähes kaikista matkapuhelimista löytyvää A-GPS-toimintoa apuna käyttäen.

2.1 GPS-järjestelmä

GPS-järjestelmä on Yhdysvaltojen puolustusvoimien 1970-luvulla aloittama satelliittipaikannusjärjestelmä. Sitä edelsivät Yhdysvaltain laivaston ja ilmavoimien omat paikannusjärjestelmät. Kiinnostus mahdolliseen satelliittipaikannusjärjestelmiin alkoi todennäköisesti Venäjän 1957 laukaisemasta ensimmäisestä satelliitista, joka lähetti yksinkertaista radiosignaalia maahan. Tutkijat huomasivat, että he voivat laskea satelliitin sijainnin radiosignaalin dobler-ilmion avulla. Siitä alkoi laivaston oman paikannusjärjestelmän kehitystyö. Tavoitteena oli luoda paikannusjärjestelmä sukellusveneille, jotka kantoivat mukanaan ydinohjuksia. Puolustusvoimat laukaisivat pian viisi satelliittia taivaalle, joilla sukellusveneiden paikannus voitiin laskea noin kerran tunnissa.

Myös Yhdysvaltain ilmavoimat ja armeija kehittivät 1960-luvulla omia paikannusjärjestelmiään. Vuonna 1973 Yhdysvaltain puolustusministeriö päätti yhdistää kaikkien eri aselajien kehitystyön yhdeksi monipalvelujärjestelmäksi, joka johti GPS-järjestelmän syntyyn samana vuonna. (GPS 2012.)

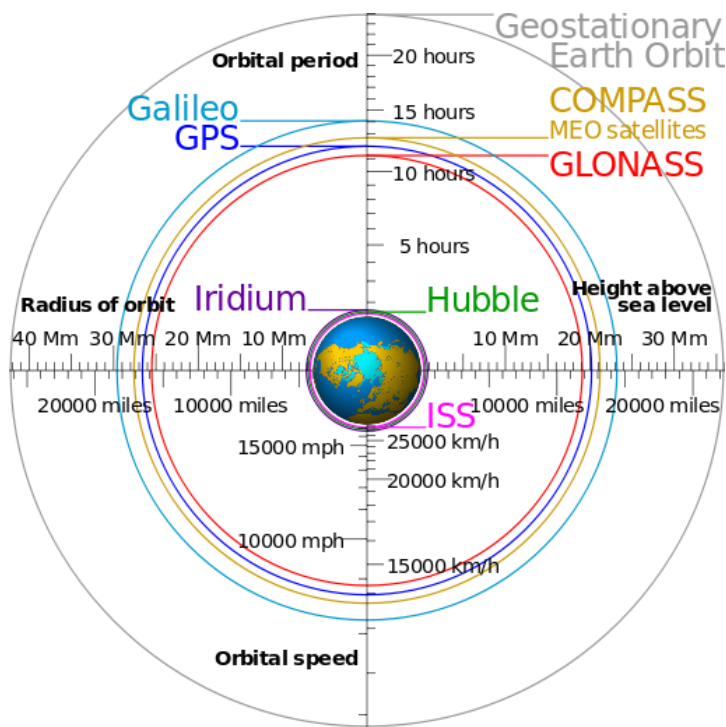
2.1.1 GPS-järjestelmän rakenne

GPS-järjestelmä koostuu kolmesta osasta, jotka ovat avaruus-, kontrolliverkko- ja käyttäjäosa. Käyttäjäosa koostuu vastaanottimista, joilla paikannus tehdään.

Avaruusosa on maan kiertoradalla olevat satelliitit ja kontrolliosia koostuu maassa sijaitsevista havainto- ja ohjausasemista. Avaruus- ja kontrolliosia ovat Yhdysvaltojen ilmavoimien (U.S. Air Force) hallinnassa. Kontrolliosia koostuu neljästä osasta

- Pää ohjausasema (MCS- Master Control Station)
- Vaihtoehtoinen ohjausasema
- Neljä maa-antenniasemaa
- Kuusi tarkkailuasemaa

Näiden vastuulla on tarkkailla satelliittien toimintakuntoa ja lentoratoja. Niitä sijaitsee ympäri maapalloa. MCS:llä on myös mahdollisuus käyttää U.S. Air Force:n satelliittien ohjausverkkoa (AFSCN) mahdollisen hallinnan lisätarpeen vuoksi. Lisäksi MCS:llä on mahdollisuus NGA:n (National Geospatial-Intelligence Agency) tarkkailuasemiin.



Kuva 1. Paikannussatelliittien lentoradat (GPS)

Avaruusosa koostuu kolmestakymmenestä (2012) maata n. 20 200 km korkeudella kiertävästä NAVSTAR-GPS-satelliitista (kuva 1), jotka ovat laukaistu 1989-2010. (GPS 2012.)

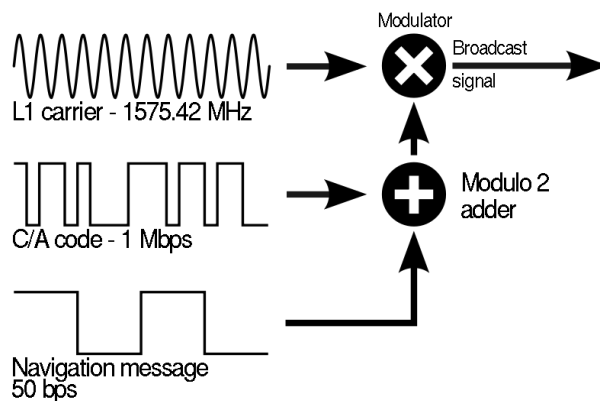
2.1.2 GPS-signaali

Satelliitit sisältävät tarkan atomikellon ja lähettävät Code division multiple access (CDMA) koodattua viestiä kaikki samalla taajuudella. Käytössä on

kaksi kantoaaltoa, jotka ovat L1 1575.42 MHz ($10.23 \text{ MHz} \times 154$) ja toinen L2 1227.60 MHz ($10.23 \text{ MHz} \times 120$). Viesti sisältää C/A- ja P-signaalit koodattuna. Coarse/Acquisition (C/A) signaali on tarkoitettu siviilikäyttöön ja on salaamaton. Precision (P) signaali on tarkoitettu sotilaskäyttöön ja on salattu. Salausmenetelmää ei ole julkaistu. P-signaali koostuu jokaiselle satelliitille omasta 1023-bittistä pitkästä PseudoRandom Noise (PRN) sekvenssistä, jota lähetetään 1023 Mbit/s ja se toistuu yhden millisekunnin välein. PRN-koodattu informaation on erittäin yksilöivää.

Tämän CDMA-tekniikan avulla jokaisen satelliitin signaali voidaan selvittää radioliikenteen taustamelusta, vaikka kaikki satelliitit lähettävät koordinaansa samalla taajuudella. Tämä tapahtuu vertaamalla ennalta tiedettyä signaalia (bittikuviota) taustakohinaan ja jos signaalia ei löydy muutetaan signaalin offsettia ja suoritetaan vertailu uudelleen. Tätä toistetaan kunnes signaali löytyy. Menetelmää kutsutaan asynkroniseksi CDMA-tekniikaksi. (GPS Signaalit 2012; CDMA 2012.)

GPS-tekniikassa koodatuissa signaaleissa on koodin sisään koodattua signaalia. C/A- ja P-koodi sisältävät moduloituna lisäksi navigointiviestin. Tämä viesti on koodattu 50 bit/s nopeudella C/A- ja P-signaaleihin (kuva 2).



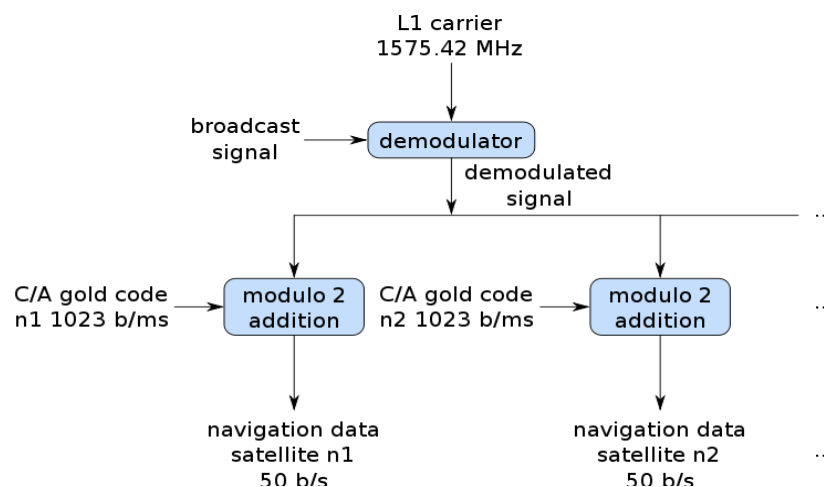
Kuva 2. C/A-signaalin modulointi (GPS Signaalit 2012)

Navigointiviesti koostuu 1500 bitin kokoisista kehyksistä, jotka ovat jaettu viiteen 300 bitin osaan ja ne lähetetään 50 bit/s. Tämä viesti sisältää GPS-vastaanottimen tarvitsemat tiedot satelliittien sijainneista kiertoradalla, GPS-kellon ja satelliittien karkean paikan ns. almanakkatietona (taulukko 1). Paikannuksen laskemiseen tärkeimmät tiedot ovat GPS-kello ja satelliittien tarkat sijainnit kiertoradalla. Jokainen alikehys sisältää kymmenen sanomaa, joista aina ensimmäisenä tulevat ”telemetry” ja ”handover” (Liite 1) sanomat, joista vastaanotin saa selville seuraavan kehyksen alkamisajankohdan vastaanottimen kelloon verrattuna. Toinen osa sisältää itse alikehyksen informaation.

Taulukko 1. GPS navigointiviestin kehysrakenne (GPS Signaalit 2012)

GPS message format		
Sub frames	Words	Description
1	1-2	Telemetry and handover words (TLM and HOW)
	3-10	Satellite clock, GPS time relationship
2/3	1-2	Telemetry and handover words (TLM and HOW)
	3-10	Ephemeris (precise satellite orbit)
4/5	1-2	Telemetry and handover words (TLM and HOW)
	3-10	Almanac component (satellite network synopsis, error correction)

Kun GPS-vastaanotin löytää yhden satelliitin lähettämän GPS-signaalin, se alkaa purkaa signaalia. Navigointiviestin purkamiseen käytetään jokaiselle satelliitille omaa ns. Gold-koodia, joka on binäärinen koodaustapa, jolla voidaan erottaa samalla taajuusalueella lähettävät laitteet toisistaan (kuva 3). Kun navigointisignaali on purettu ja navigointitiedon sisältämä lentoratainformaatio saatu ladattua, voidaan alkaa hakea muiden satelliittien signaalia. Kun vastaanotin on saanut useamman satelliitin signaalin, se voi alkaa laskea paikkaansa. (GPS Signaalit 2012.)



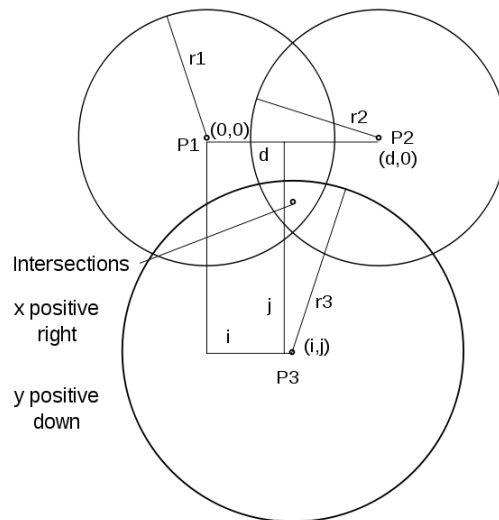
Kuva 3. GPS signaalin purkaminen (GPS 2012)

2.1.3 Paikannuksen laskeminen

Paikannuslaite joutuu laskemaan paikkansa kolmiulotteisessa koordinaatistossa. Piste lasketaan x, y, z koordinaatteina. Paikannin tarvitsee vielä laskutoimituksia varten aikatiedon. Laskutoimituksissa käytetyt suureet ovat $[x_i, y_i, z_i, t_i]$, jossa i on satelliitin numero. Paikannukseen tarvitaan neljä tai enemmän satelliittia, jotta kolmiulotteinen piste voidaan laskea. Ensimmäiset laskutoimitukset ovat signaalin kulkema matka. Oletuksena on, että signaali kulkee valonnopeudella. Tarkan matkan laskemiseen tarvitaan tarkka aika, jossa on otettava huomioon myös vastaanottimen sisäisen kellon virhe. $(t_r + b - t_i) * c$ (1) kaavalla lasketaan signaalin kulkema matka.

- t_r = signaalin vastaanottoaika
- b = vastaanottimen kellovirhe
- t_i = satelliitin aika
- c = valonnopeus

Kun signaalin kulkema matka on tiedossa, saadaan pisteen sijainti pallon pinnalla, jossa keskipisteenä on satelliitti (kuva 4).



Kuva 4. Paikannuksen kolmiulotteinen laskeminen (TRILATERATION 2012)

Paikannus lasketaan pseudoetäisyyden avulla:

$$p_i = \sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2 + (z - Z_i)^2} + c * (\Delta t - \Delta T) \quad (2),$$

jossa

- X, Y, Z ovat vastaanottimen paikka avaruudessa
- x, y, z ovat satelliittien paikka avaruudessa, joka saadaan lentoratatiesta laskemalla
- c on valonnopeus
- Δt on satelliitin kellovirhe jonka satelliitti ilmoittaa
- ΔT on vastaanottimen kellovirhe

Paikannustarkkuus riippuu pitkälti kellovirheistä, joita korjaamaan on myös olemassa omat metodinsa. Paikannustarkkuus lisääntyy, mitä enemmän ja toisistaan kauempana satelliitit ovat. (GPS 2012.)

2.2 A-GPS-järjestelmä

Assisted GPS (A-GPS) järjestelmä on matkapuhelimille suunniteltu järjestelmä, jossa matkapuhelin käyttää datayhteyden yli internetissä sijaitsevan palvelimen laskutehoa ja satelliittien lentoratatietoja hyväkseen nopeamman ja tarkemman paikannuksen saamiseksi.

A-GPS järjestelmässä on kaksi mahdollista toimintamallia.

- MSA (Mobile Station Assisted)
- MSB (Mobile Station Based)

MSA-toimintamallissa A-GPS-laite hakee palvelimelta referenssipaikan ja ajan, minkä jälkeen vastaanottaa satelliiteilta signaalin ja lähettää sen jälleen palvelimelle, joka suorittaa vaadittavat laskutoimitukset ja lähettää paikkatiedon matkapuhelimelle. Tämä toimintamalli toimii, jos laite pysyy paikallaan, eikä tarvitse sijaintitietoa koko ajan. Jos tätä sovellettaisiin matkapuhelimen ainoana paikannustapana, joutuisi laite siirtämään signaalitietoa ja laskutuloksia verkon yli jatkuvasti, mikä kuormittaisi laitteen akkua ja kuluttaisi mahdollista datan siirtokapasiteettiä turhaan.

MSB-toimintamallissa A-GPS-laite hakee palvelimelta satelliittien almanakkatiedot ja lentoratatiedot, mutta suorittaa paikannuksen laskemisen itsenäisesti. Tällä toimintatavalla saavutetaan nopea satelliittien signaalin lukitus. Täten laite saa paikkatiedon nopeasti ja todennäköisesti pystyy pitämään lukituksen satelliittien signaaliin omatoimisesti. Tämä vaatii laitteelta suurempaa laskutehoa, mutta nykyisten matkapuhelimien suoritus-teho on tähän toimintaan vähintäänkin riittävä. (A-GPS 2012.)

2.3 GLONASS

GLONASS on Venäjän puolustusministeriön hanke, jossa Venäjä rakentaa oman satelliittipaikannusjärjestelmän. Järjestelmä valmistui käyttökuntoon vuonna 2011 ja kattaa nykyään koko maapallon. GLONASS on rakennettu täysin venäläisvaroin. Sen rakentaminen, laukaisu ja hallinta ovat täysin venäläisten hallinnassa. Järjestelmä on samankaltainen GPS-järjestelmän kanssa, mutta erojakin löytyy.

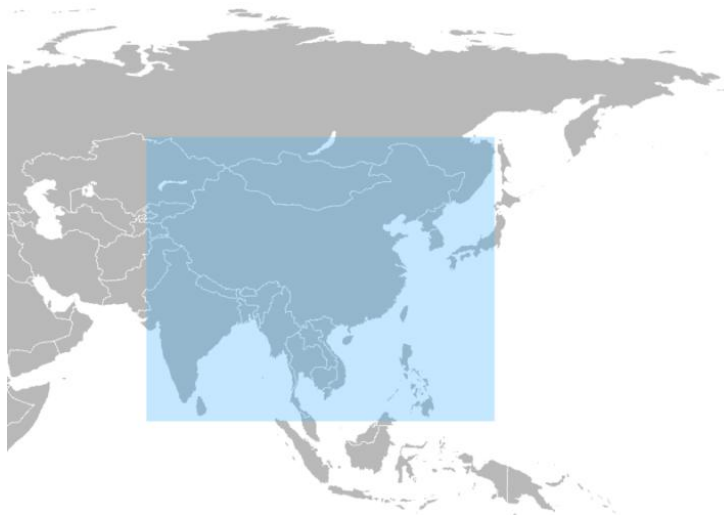
GLONASS-järjestelmässä signaali moduloidaan FDMA-tekniikalla GPS-järjestelmän CDMA-tekniikkaan verraten. Kuitenkin Venäjällä on suunnitelmassa GLONASS satelliittien uusi kehitysversio, jossa aletaan käyttää CDMA-tekniikkaa signaalin modulointiin. Yksi testisatelliitti on jo laukaistu, jossa CDMA-tekniikka on käytössä. FDMA-tekniikassa kaikilla näkyvissä olevilla satelliiteilla on käytössään oma kantoaalto. Signaali eroaa myös GPS:n signaalista moduloinnillaan. Signaalin erilainen modulointi ja satelliittien erilainen lentorata antaa GLONASS-järjestelmälle marginaalisesti paremman paikannustarkkuuden, vaikkakin satelliitteja on vähemmän kuin GPS-järjestelmässä. Tällä hetkellä satelliitteja on 24 kappaletta. Ne kiertävät maata n. 19 100 kilometrin korkeudella. Satelliittien lentorata on 64,8° päiväntasaajaan nähden, kun taas GPS-satelliittien lentorata on 55°. (GLONASS n.d.; GLONASS Wiki 2012.)

Uudet päätelaitteet osaavat käyttää GPS- ja GLONASS-järjestelmää rinnakkain, jolloin ne saavuttavat huomattavasti tarkemman paikannuksen, etenkin kaupunkialueiden ns. urbaaneissa kanjoneissa korkeiden rakennusten välisillä kaduilla. Parhailaan näkyvissä voi olla GPS-järjestelmän 12 satelliittia ja GLONASS-järjestelmän 10 satelliittia, yhteensä siis parhailaan 22 satelliittia. Tämä on mahdollista vain tietyillä hetkillä optimioloissa. Näillä asetelmilla voidaan saada paikannustarkkuudeksi tavallisilla käsilaitteilla jopa muutaman kymmenen sentin paikannustarkkuus.

2.4 GALILEO JA COMPASS

Molemmat järjestelmät ovat vielä keskeneräisiä, eivätkä ne kata koko maapallon aluetta.

COMPASS on kiinalaisten rakentama järjestelmä ja se koostuu muutamasta geostationaalisella radalla, sekä muutamalla HEO (High Earth Orbit n.36 000 km) ja MEO (Medium Earth Orbit 21 500 km) radalla olevasta satelliitista. Täten järjestelmä ei kata koko maapalloa, eikä ole käytettävissä Kaukoidän alueen ulkopuolella (kuva 5). Euroopassa ja Amerikassa myytävät paikannuslaitteet eivät tue COMPASS-järjestelmää. (COMPASS 2013.)



Kuva 5. COMPASS satelliittien peittoalue (COMPASS 2013)

GALILEO on eurooppalainen järjestelmä, jonka rakennustyöt ovat vielä pahasti kesken. Järjestelmän rakentaminen tulee maksamaan EU:lle joidenkin arvioiden mukaan 5 miljardia euroa. Järjestelmä on testausvaiheessa ja kiertoradalla on 3 toimintakuntoista satelliittia. Kun järjestelmä valmistuu, pitäisi satelliitteja olla 30. GALILEO-järjestelmän suunnittelu on valmis ja valmistuttuaan se olisi tarkin satelliittipaikannusjärjestelmä (taulukko 2). Järjestelmässä käytetään GPS-järjestelmästä tuttua CDMA-tekniikkaa, kuitenkin huomattavasti monimutkaisemmalla moduloinnilla. GALILEO käyttää myös useampaa kantoaaltoa signaalin lähettämiseen. Järjestelmän palveluihin kuuluu avoin-, kaupallinen, Safety of Life- ja PRS- (Public Regulated Service) signaalit. Näistä avoimessa signaalissa on mahdollisuus käyttää jopa kolmea eri signaalia ionosfääriseen virheen

korjaamiseksi. Järjestelmä tulee kattamaan koko maapallon. (ESA n.d.; GOS 2012.)

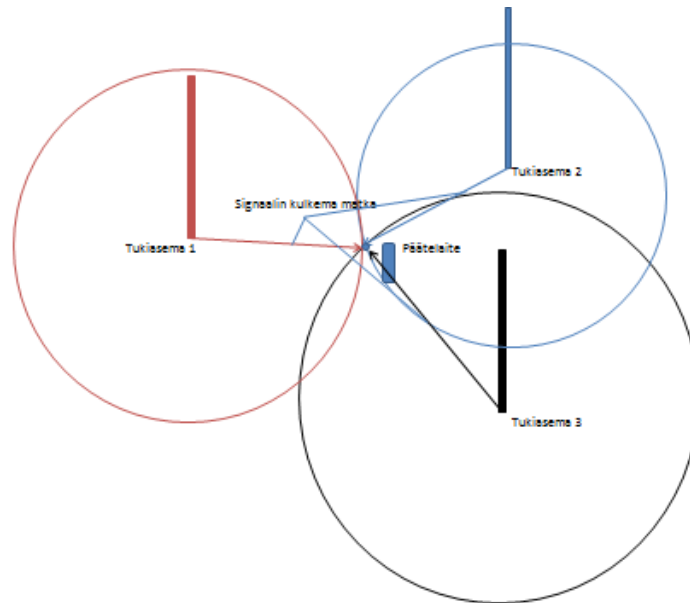
Taulukko 2. GALILEO vapaan signaalin tarkkuudet (GOS 2012)

	Galileo Open Service (positioning & timing)	
	Single Frequency (SF)	Dual Frequency (DF)
Coverage	Global	
Accuracy (95%)	Horizontal: 15 m	Horizontal: 4m
	Vertical: 35 m	Vertical: 8m
Availability	99.8 %	
Timing Accuracy wrt UTC/TAI	N/A	30 ns
Ionospheric Correction	Based on SF Model	Based on DF Measurements
Integrity	No	

2.5 Verkkoperusteinen paikannus.

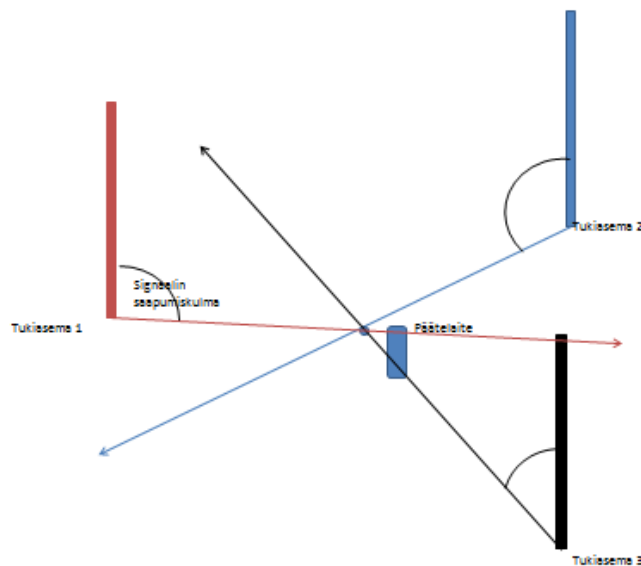
Verkkoperusteinen paikannus voi saavuttaa paikannustarkkuuden kymmenissä metreissä käytettävissä olevasta tekniikasta riippuen. Heikoimmillaan verkkoperusteinen paikannus on maaseudulla jossa matkapuhelinverkon tukiasemien tiheys on pienimmillään. Jos matkapuhelin esimerkiksi kuulee vain yhden tukiaseman, paikannustarkkuus voi olla jopa 2*35 km mikä on GSM-järjestelmän solun maksimi kuuluvuussäde. Parhailaan päästään kymmeneen metriin tai jopa alle.

Kaupunkialueilla, missä puhelimen kuuluvuusalueella on useita tukiasemia, voidaan käyttää samanlaista laskentamenetelmää kuin GPS-järjestelmissä. Tekniikka on nimeltään Time Of Arrival (TOA) (kuva 6). Silloin verrataan signaalin kulkuaikaa eri tukiasemista puhelimeen ja lasketaan matkapuhelimen etäisyys tukiasemasta. Kun tukiasemien tarkka paikka on tiedossa, voidaan kolmiomittauksella laskea puhelimen suhteellinen paikka tukiasemiin nähden ja siten selvittää puhelimen sijainti. Laskennan tarkkuus on riippuvainen samoista tekijöistä, kuin GPS-järjestelmässä eli signaalin vääristyminen, signaalin heijastumat ja kellorvirheet. Tukiasemien kellot ovat usein GPS-kelloon synkronoituja ja siten riittävän tarkkoja, mutta matkapuhelinten kellot eivät saavuta samanlaista tarkkuutta. Tämä matkapuhelinten kellorvirhe aiheuttaa suurimman virheen paikannukseen. Tätä virhettä voidaan vähentää käyttämällä 3G-verkkoja, jotka käyttävät signaalin siirrossa synkronoitua tiedonsiirtoa tai erillistä paikannuspalvelinta, joka hoitaa paikannuksen laskennan.



Kuva 6. Verkkoerustainen paikannus TOA menetelmällä

Käytettävissä on mahdollisesti myös tukiaseman antennin vastaanottaman signaalin saapumiskulman, Angle Of Attack (AOA) arviointiin perustuva paikannus (kuva 7). Tässä tukiasema havaitsee suhteellisen kulman, josta matkapuhelimen signaali saapuu. Kun käytettävissä on kolme tai useampia tukiasemia, signaalien saapumiskulmien vektorien leikkauspiste on signaalin lähtöpiste. Tällä paikannustavalla voidaan saavuttaa n. 50 metrin paikannustarkkuus.



Kuva 7. Verkkoerustainen paikannus AOA menetelmällä

Verkkoperusteinen paikannus on tietenkin käytettävissä vain alueilla, jossa matkapuhelinverkko toimii. Verkkoerusteinen paikannus ei käytä puhelimen maksullisia palveluita, kuten datasiirtoa, vaan perustuu yksinkertaisesti tukiaseman ja puhelimen välisen signaalin etäisyyden arviointiin.

Käytettävästä tekniikasta riippuen paikannuksen laskennan suorittaa joko puhelin tai tukiasemien paikannusjärjestelmä. Puhelimessa laskenta pitää suorittaa ohjelmallisesti. Laskentaan matkapuhelimessa ei ole laitetukea. (MPT n.d.)

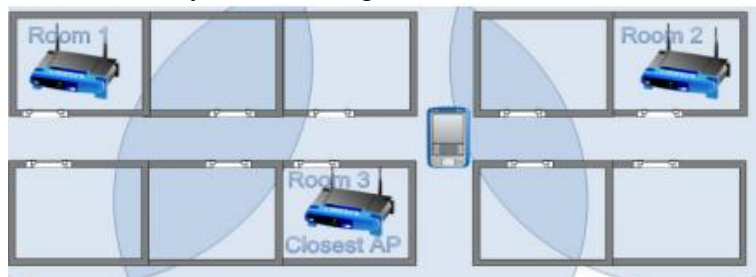
2.6 WiFi paikannus.

Langattomien lähiverkkojen käyttö paikannuksessa on mahdollista kaupunkialueilla ja sisätiloissa. Tämä tietenkin vaatii toimiakseen WiFi-verkon. Verkon tukiasemien paikka pitää olla tiedossa, jotta paikannus voi toimia. Tekniikka paikannukseen on samanlainen kuin verkkoperusteisessa paikannuksessa. Tukiasemien toimintasäteet ovat huomattavasti pienempiä kuin GSM-tekniikassa, joten paikannustarkkuuskin on parempi, kuitenkin puhutaan kymmenistä metreistä. Tarvittava paikannustarkkuus on kuitenkin yleensä vain huonetasolla. Heikoin paikannustarkkuus saavutetaan yksittäisen tukiaseman toiminta-alueella, jossa ei ole käytettävissä muita tukiasemia. Tällöin paikannustarkkuus on sama kuin tukiaseman kuuluvuusalue, joka voi suurimmillaan olla n. 100 metriä.

WiFi-positioning system (WPS), eli WiFi-paikannusjärjestelmä voidaan toteuttaa kolmella eri tekniikalla. Kaikilla tekniikoilla yhteistä on kuitenkin se, että WiFi-verkot on kartoitettava kyseisellä alueella ja paikannus tapahtuu erillisellä serverillä tai serverin avustuksella. Tämä järjestelmä ei toimi itsenäisesti, kuten esimerkiksi GPS.

2.6.1 Solun tunniste

Tekniikka perustuu tukiasemien lähettämään solun tunnisteeseen (Cell ID), joka sisältää tukiaseman Media Access Control (MAC) osoitteen, joka on jokaisella päätelaitteella ja tukiasemalla uniikki. Tällä osoitteella voidaan identifioida jokainen tukiasema. Tämä järjestelmä toimii samalla tavalla kuin GSM-tukiasemiin perustuva paikannus ja paikannusta varten tulee kartoittaa alue, jossa paikannus toimii. Kartoituksen tarkoitus on hakea tukiasemien kuuluvuusalueet (kuva 8). Paikannustarkkuutta voidaan parantaa tekniikalla, jossa puhelin ilmoittaa paikannusserverille mitkä tukiasemat ovat sen nähtävissä. Näistä serveri voi rajata puhelimen sijainnin tarkemmin, koska vain tietyt tukiasemat ovat näkyvissä yhtä aikaa tietyllä alueella. Tämän tekniikan paikannustarkkuus riippuu hyvin paljon tukiasemien tiheydestä. (Ching, Teh, Li & Rizos 2010, 180-182.)



Kuva 8. Solun tunnisteeseen perustuva paikannus (Ching ym., 2010, 180)

2.6.2 Kolmiomittaus

Tämä tekniikka on samanlainen, kuin GSM-paikannuksessa AOA-menetelmä, jossa tiedossa on tukiaseman sijainti sekä puhelimelta saapuvan signaalin saapumiskulma suhteessa pohjoiseen. Tämä tekniikka kuitenkin tarvitsee toimiakseen tukiasemaan suunta-antennin ja tekniikan, joka ilmoittaa signaalin saapumiskulman. Kolmiomittaus ei ole realistinen vaihtoehto, kun etsitään kustannustehokasta WiFi-verkkotekniikkaa.

2.6.3 Trilateraatio

Tämä tekniikka on samanlainen kuin GSM-paikannuksen TOA. Tekniikka perustuu signaalin kulku-aikaan. Tällä tekniikalla ei kuitenkaan saavuteta kovin suurta tarkkuutta, johtuen useista signaalin etenemiseen vaikuttavista tekijöistä. Toinen vaihtoehto olisi mitata signaalin voimakkuutta, mutta signaalin vaimenemiseen vaikuttavat sisätiloissa useat tekijät.

2.6.4 Signaalin sormenjälki

Tämä tekniikka perustuu signaalin sormenjäljen kartoittamiseen. Tällä tarkoitetaan signaalin voimakkuuden kartoittamista eri alueilla. Kun signaali vaimenee rakennuksessa olevien esteiden vuoksi, signaalin voimakkuus vaihtelee alueittain. Kun kartoitetaan, minkälainen signaali on missäkin, voidaan luoda sormenjälki signaalista. Kun puhelin pyytää paikannusserveriltä paikkatietoa, antaa se tukiaseman signaalista sormenjäljen serverille, joka vertaa sitä kartoitettuun sormenjälkiaineistoon. Tämän tekniikan suurimmat paikannusvirheet tulevat signaalin muutoksista tiloissa tapahtuvista muutoksista, kuten esimerkiksi ihmisistä ja puhelimen suunnan muutoksista tukiasemaan nähden. Ihmiset vaimentavat signaalia voimakkaasti, mikä muuttaa signaalin sormenjälkeä huomattavasti. Tämä aiheuttaa sormenjäljen vääristymistä, joka vaikuttaa paikannustarkkuuteen. (Ching ym. 181–182.)

2.6.5 Tietoturva

WPS-järjestelmän käyttöön sisältyy tietoturvan uhka. Kaikki WiFi-laitteet omaavat uniikin MAC-osoitteen. Tämä osoite on WiFi tekniikassa aina salaamattomassa muodossa, vaikka tukiaseman liikenne olisikin suojattu. WiFi-tekniikan käyttämä kehysrakenne on määrätty Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) standardissa 802.11. Tässä kehysrakenteessa on määrätty, että kehyksen otsikko on aina salaamattomassa muodossa. Otsikko sisältää aina kohde- ja lähettävän laitteen MAC-osoitteen. Tämän tarkoituksena on ollut varmistaa tekniikan varma toiminta. Otsikon jälkeen tulee kehyksen kuormaus, joka voidaan tarvittaessa salata. Viimeisenä kehyksessä tulee tarkistussumma. Koska MAC-osoite on aina näkyvissä, voidaan puhelimen sijainti saada selville myös sivullisen toimesta yksinkertaisesti kuuntelemalla WiFi liikennettä. Jos tätä informaatiota tallennetaan ja yhdistetään johonkin muuhun yksityiseen tietoon, kehittyy tästä informaatiosta tietoturvalain vastainen rekisteri. Tämä tulee ot-

taa huomioon, kun WPS-tekniikkaa kehitetään. (Cavoukian & Cameron 2011, 1–16.)

3 PAIKKATIETOJEN KÄYTTÖ MOBIILISOVELLUKSISSA

Paikkatieto käsitetään usein pelkkänä paikannuksena ja laitteen fyysisen sijainnin selvittämisenä. Paikkatieto kuitenkin pitää sisällään paljon muutaakin. On olemassa paljon paikkatietoiseksi luokiteltavaa materiaalia ja järjestelmiä kuten karttoja, koordinaatioita, paikannusjärjestelmiä sekä dataa. Useat karttamateriaalit, paikannusjärjestelmät ja data käyttävät toisistaan poikkeavia koordinaatioita, nämä joudutaan usein muuntamaan päätelaitteessa tai sovelluksessa paikkatietoisen materiaalin kanssa yhteensopivaan muotoon.

3.1 Kartat

Paikkatietoisessa sovelluksessa tulee usein tarve esittää paikkatiedon ohella kartta. Kartta on helpoin noutaa mobiiliin paikkatietoiseen sovellukseen verkon yli käyttäen matkapuhelimen Internet-yhteyttä.

Paikkatietoisessa palvelussa käytettävää karttamateriaalia tarjoavat esimerkiksi Google, Microsoft ja Nokia. Nokia on nimennyt palvelunsa here-palveluksi. Näissä palveluissa käytetään palveluntarjoajan tuottamaa sovellusrajapintaa Application Interface (API). API:a käyttäen voidaan luoda sovelluksia nettisivuille ja puhelimiin. Esimerkiksi Google tarjoaa rajapintaa Androidille, iOS:lle, ja Javalle. Microsoft tarjoaa omaa Bing Maps API:a Windows, Windows Phone, Silverlight ja Java ympäristöihin. Here maps API:t löytyvät nyt Windows Phone sekä Java- ja Qt-ympäristöille. Android API on kehitteillä. Näitä API-rajapintoja käytettäessä ei sovelluskehittäjän tarvitse miettiä koordinaatioita, vaan API:t toimivat suoraan laitteiden paikannusjärjestelmien kanssa. Verkkosivuille sovellusta kehitettäessä ei ole yleensä käytettävissä paikannusjärjestelmiä, joten yleensä niiden toimintaa ei tarvitse ajatella. (BING API n.d.; GMAPS API 2013; HERE n.d.; HERE API n.d.)

Toinen tapa käyttää karttamateriaalia, joka voi olla käytännössä mitä tahansa. Tässä työssä MML:n julkaisemaa maastokartta-aineistoa. Tämän tavan API on karttapalvelin, jossa materiaali sijaitsee. Karttapalvelimelta materiaali noudetaan kulmapisteiden koordinaattien avulla. Kartan haku on yksinkertaisin ns. Web Map Service (WMS) menetelmällä, jossa päätelaitteessa oleva sovellus pyytää karttapalvelimelta karttaa kuvana. Karttapalvelin luo kuvat rasterimuotoisesta datasta ja lähettää pyynnön mukaisilla tiedoilla kuvan käyttäjän sovellukseen. Käytössä on yhä edelleenkin vanhempaa tekniikkaa olevat Web Map Tile Service (WMTS) tai Tile Map Server (TMS) rajapintaa käyttävät palvelimet. Nämä palvelimet palauttavat kyselyn parametrien avulla yksittäisen ns. tile kuvan. Tile kuvan luo WMS, joten WMTS-systeemi on vain välikätenä luotaessa karttakuvaa. WMS-data pyydetään HTML osoitteen parametreina, jotka ovat määriteltä Open Geospatial Consortium (OGC) standardissa WMS-järjestelmistä. (Vehkaperä 2009; WMSSTRD n.d.)

TMS-palvelun eduksi pitää laskea mahdollisuus luoda tehdyistä hauista paikallinen välimuistitiedosto, jolloin sovellus hakee kyseiset kartat suoraan laitteen omasta välimuistista ja vähentää datan turhaa hakemista.

WMS-palveluissa tätä ei ole mahdollista käyttää. WMS- ja TMS-palveluissa on kuitenkin mahdollisuus käyttää välimuistitoimintaa serverin puolella.

3.2 Maanmittauslaitoksen vapautettu kartta-aineisto.

Maanmittauslaitos (MML) vapautti tuottamansa kartta-aineiston Euroopan komission INSPIRE-direktiivin pakottamana ja hallituksen päätöksellä. INSPIRE-direktiivi määrää jäsenmaansa vapauttamaan verovaroin tuotetun materiaalin, tässä tapauksessa MML:n kartta-aineiston, kansalaistensa vapaaseen käyttöön. MML:n omat sopimusehdot ovat INSPIRE-direktiivin mukaiset ja vapauttavat digitaalisen ladattavan materiaalin käyttöoikeuden ja jakeluoikeuden melko vapaasti käytettäväksi (Neuvoston direktiivi 2007 / 2 / EC; MML lisenssi 2012.)

Koko maan kattava kartta-aineisto on vapaasti ladattavissa MML:n verkkopalveluiden kautta. Esimerkiksi maastokartat ovat rasterimuodossa. Rasterimuodossa oleva data tarkoittaa käytännössä kuvainformaatiota. Rasteridatan lisäksi MML:n palvelimilta löytyy vektoridataan perustuva informaatiota, joista yleisin on mahdollisesti rajainformaatio tai korkeuskäyrät. WMS-palvelimet käyttävät rasteridataa yhdistäen sitä vektoridatan kanssa luodakseen yhdistettyä informaatiota. Vektoridatan yhdistäminen WMS-järjestelmässä on vapaaehtoista. WMS-järjestelmällä voidaan myös esittää mahdollisesti pelkkää vektoridataa. (MMLMAT n.d.)

MML:n julkaisema kartta-aineisto toimitetaan GeoTIFF-kuvina, joissa Suomi on jaoteltu useisiin osiin, joista kukin kattaa 24 km x 48 km alueen mittakaavassa 1/50 000. Tiedostojen koot saattavat kasvaa yli 30 Mt, joten ne ovat sellaisenaan melkein käyttökelvottomia. Useat päätelaitteet, joilla tämmöistä karttamateriaalia haluttaisiin käyttää, ovat pieniä niin kooltaan kuin suorituskyvyltään. Tämmöisen kuvan näyttämiseen tarvitaan käyttömuistia (Random-Access Memory RAM) enemmän, kuin mitä tiedoston fyysinen koko on levyllä. Monissa laitteissa RAM-muistin määrä on huomattavan rajallinen. Vasta nykyiset älypuhelimet sisältävät RAM-muistia riittävästi näin suurten kuvatiedostojen näyttämiseen. Niissäkin kuitenkin muistia käytetään useiden sovellusten ajamiseen samanaikaisesti. 1/50 000 maastokarttarasterin kuvien yhteenlaskettu koko levyllä on Windows resurssienhallinnan mukaan 9,04 Gt, joten materiaalimäärän hallintaan pitää käyttää jonkinlaista työkalua. Tähän työhön sopii hyvin karttapalvelin.

3.3 Karttapalvelin

Karttapalvelin on sovellus joka luo käyttäjän sovelluksen kyselyn mukaan tietystä pisteestä kartan. Käyttäjän sovellus voi olla esim. Web-sivu, mobiilisovellus tai jokin muu mahdollinen sovellus joka näyttää karttakuvia. Tähän työhön käytetään avoimen lähdekoodin sovelluksia, jotka ovat vapaasti ladattavissa ja käytettävissä.

Apache on httpd-palvelin, joka hoitaa html-sivujen käsittelyt. MapServer on palvelinsovellus, joka käyttää palvelimen datavarastossa olevaa kartta-

materiaalia palvelukseen käyttäjän sovellusta. MapCache on MapServerin laajennus, joka varastoi välimuistiin vanhoja karttakuvia ja lisää puuttuvat osat välimuistissa oleviin kuviin keventääkseen MapServerin työtä. TinyOWS on MapServerin laajennus, joka lisää karttapalvelimeen Open Geospatial Consortium Web Feature Service (OGC WFS-T) spesifikaation toiminnot. Web Feature Service (WFS) toiminnot antavat karttapalvelimelle lisää käytettävyyttä. Karttapalvelin toimii vain yksisuuntaisesti tuottaen karttakuvaa. WFS-palvelu lisää karttapalvelimelle kaksisuuntaisuuden, jonka avulla voidaan käsitellä geograafisia toimintoja. Geograafisia toimintoja voidaan käyttää esim. maanviljelyspalstojen raportoinneissa. WFS-palveluita ei käsitellä tässä työssä tarkemmin.

3.3.1 Karttapalvelimen asennus.

Karttapalvelimena käytetään avoimen lähdekoodin MapServer sovellusta. MapServer on NASA:n ja Minnesotan yliopiston yhteistyössä kehittämä palvelinsovellus karttapalvelimiin. Sovelluksesta on versiot useille eri käyttöjärjestelmille, mutta tässä työssä sovellus asennetaan Debian Linux käyttöjärjestelmään.

3.3.2 Ohjelmien asennus

Lisäkirjastojen asennus suoritetaan kunkin projektin lähdekoodeista, jotta saadaan viimeisimmät jakelut. Ainoana erona GD, joka asennetaan apt-get komennolla koska libgd-sivusto ei ole käytettävissä tätä kirjoitettaessa. Tämä aiheuttaa hankaluuksia libgd:n käyttöön, koska emme voi vaikuttaa libgd:n asennukseen ennen ohjelman kääntämistä.

Asennus lähdekoodeista tapahtuu yksinkertaisimmillaan viidellä komennolla, jotka tulee suorittaa su-oikeuksilla. Tässä tapauksessa Debianissa helpointa käyttää root-terminaalia.

- paketin purku `tar -xvzf paketinimi.tar.gz`
- siirytään purettuun kansioon `cd paketinimi`
- aloitetaan paketin asennus komennolla `./configure`
- sen jälkeen aloitetaan paketin kääntäminen komennolla `make`
- kääntämisen jälkeen annetaan lopuksi komento `make install`, joka suorittaa loput asetuksien asennukset.

3.3.3 Apache web palvelimen asennus

Ennen MapServerin asennusta tulee olla asennettuna Apache-palvelin ja siitä suositellaan nykyään asentamaan 2.x versio. Apachen asennus voidaan suorittaa helpoiten `apt-get install apache2`-komennolla.

Asennuksen voi suorittaa myös suoraan lähdekoodista. Ennen httpd:n eli web-palvelimen asennusta tulee olla asennettuna Apache Portable Runtime (APR) ja APR-util sovellukset, jotka saa ladattua suoraan Apache Projectin verkkosivuilta. APR-asennus menee tavalliseen tapaan `./configure`, `make`- ja `make install`-komennoilla. APR-util asennus ei välttämättä mene

suoraan vaan voi vaatia `./configure`-komenttoon lisäyksen APR-asennuksen kansioista. Komento tapahtuu antamalla komennon perään lisäys `--with-apr=PATH`, jossa PATH on APR:n asennuskansion polku.

Tämän jälkeen voidaan asentaa Apache web-palvelin. Asennuspaketin voi ladata samalta sivulta kuin APR- ja APR-util paketit. Pakettien asennuksen jälkeen Apachen asennuksen pitäisi mennä suoraviivaisesti normaalia asennusmenettelyä käyttäen.

3.3.4 MapServer

Seuraavat MapServerin tarvitsemat laajennukset (External Libraries) tulee asentaa Linux-käyttöjärjestelmään ennen MapServerin asennusta.

- libpng, png-kuvien käsittely palvelimella. Pitäisi olla asennettuna oletuksena järjestelmään. Version oltava vähintään 1.2.7. Kirjoitushetkellä suositeltava versio 1.2.12
- freetype, TrueType-fonttien piirto. Version tulee olla 2.x tai suurempi. Vaatimuksena GD:n toiminnalle
- GD: libgd, MapServerin kuvien käsittely. Version tulee olla 2.0.28 tai suurempi, 2.0.29 kaarevien tekstien tarpeeseen esim. teidennimet, 2.0.34 jos käytetään antialiasing toimintoa.
- Zlib, häviötön pakkauksenhallinta. Pitäisi olla asennettuna oletuksena järjestelmään. Kirjoitushetkellä viimeisin versio 1.2.1.

Seuraavia laajennuksia suositellaan asennettavaksi. Nämä laajennukset liittyvät MapServerille laajennettun tuen mm. WFS, eri karttaprojektioille, vektori-, rasteri- sekä kehittyneelle grafiikalle.

- libproj, useiden karttaprojektioiden tuki MapServerille. Vaaditaan versio 4.4.6 tai suurempi.
- libcurl, OGC Web Feature Service, Web Map Service, Web Coverage Service (WFS/WMS/WCS) asiakas- ja palvelintuet. Vaaditaan versio 7.10 tai suurempi.
- OGR, tuki vähintään 18 eri vektoriformaatille.
- GDAL, tuki vähintään 42 eri rasteriformaatille.
- AGG, (Anti-Grain Geometry) kehittynyt vektorigrafiikan esitysjärjestelmä. Ei tarvitse asentaa kun käytössä on MapServerin versio 5.6 tai suurempi

MapServer tukee näiden lisäksi useita eri järjestelmiä ja toimintoja. Niitä varten on MapServerin dokumentoinnissa useita eri laajennuksia. Tässä työssä niitä ei käytetä, joten niitä ei tarvitse asentaa.

MapServerin asennuksen aikana huomasi, että seuraavat paketit tulee olla asennettuna, ennen kuin MapServerin konfiguraatio menee läpi.

- Perl Compatible Regular Expressions (PCRE) kirjasto, `libpcre`.
- GIF-kuvien käsittelyä varten pitää asentaa `libgif-dev` paketti
- JPEG-kuvien käsittelyä varten pitää asentaa `libjpeg-dev` paketti

- Postgresql, Tietokantaohjelmisto asennetaan ennen PostGIS asennusta.
- PostGIS-asennus normaalisti lähdekoodista.

Joidenkin sovellusten asentamisessa joudutaan käyttämään konfiguroinnissa lisämääreitä, joilla konfigurointi saadaan tuettua joihinkin lisäkirjastoihin, sovelluksen niitä vaatiessa.

PostgreSQL-asennuksessa saattaa törmätä virheeseen, joka johtuu readline kirjaston puuttumisesta. Asennuksen voi suorittaa ilman readline-laajennusta `./configure`-komennon ajamalla lisäyksellä `—without-readline`. PostgreSQL-asennuksen voi suorittaa myös `apt-get`-toimintoa käyttäen, silloin kuitenkin asentuu PostgreSQL-sovelluksen versio 8.4, jonka kyllä pitäisi riittää asennusohjeiden mukaan. MapServerin asennuspaketin saa MapServer projektin verkkosivuilta.

OGR-asennuksen dokumentointisivusto suosittelee asentamaan FWTools kitin, joka sisältää mm. OGR- ja GDAL-sovellukset. Suositeltavaa olisi asentaa ensin FWTools ja sen jälkeen asennetaan GDAL, jotta siitä saadaan asennettua viimeisin versio.

GDAL-asennuksessa voi törmätä virheilmoitukseen kääntäjän käynnistyessä. Tämä saattaa johtua siitä, että GDAL-asennuksessa vaadittavaa `g++`-kääntäjää ei ole asennettu. GDAL-asennusta varten tulee ensin asentaa `g++`-kääntäjä. Se onnistuu helpoiten `apt-get install g++`-komennolla.

Tätä työtä varten asennetaan MapServer suite 12.11, joka sisältää MapServerin lisäksi MapCache- ja TinyOWS-laajennukset. MapServerin konfiguraatiota varten löytyy MapServerin dokumentoinnista laajat ohjeet ja esimerkki skripti asennusta varten. Tämä skripti ei kuitenkaan toimi suoraan kuin harvoissa tapauksissa. Käyttäjän tulee osata muokata skripti senhetkiseen sovellukseen ja asennettujen laajennusten mukaisesti. Tämän järjestelmään ei tulla asentamaan WFS-palveluita, joten ne tulee poistaa skriptistä.

MapServer konfiguraatiota ajaessa törmäsin virheeseen Oracle Spatial: `libclntsh.so` tiedoston puuttumisesta. Oracle Spatialia ei tarvitse käyttää, koska postGIS on asennettuna. Tämän jälkeen, kun sain MapServerin konfiguroinnin ajettua läpi, konfiguroinnin raporttia tutkiessani huomasin, että TrueType-fonttien tuki ei ole käänntynyt GD:n-käännöksessä. Kuitenkin FreeType on asentunut oikein. Tässä työssä ei käytetä tekstifontteja, joten voimme sivuuttaa kyseisen ongelman.

Tämän jälkeen voidaan ajaa MapServerin käännös ja asennus komennoilla `make` ja `make install`. Näiden jälkeen testataan serverin toiminta antamalla komento `./mapserv`, jonka tulisi antaa vastauksena `” This script can only be used to decode form results and should be initiated as a CGI process via a httpd server.”`

Seuraavaksi asetetaan MapServerin suoritustiedoston symbolinen linkitys Apache-serverin polkuihin. Se tapahtuu syöttämällä komentokehoteessa

linkityskomento ”ln -s /lähdekansio/ /kohdekansio/”. Tässä tapauksessa linkitetään MapServerin kansio, jonka asennusohjelma kertoo asennuksen lopussa, Apache-serverin cgi-bin-kansioon. Jos Apache ja MapServer ovat asennettu oletuskansioihin, on komento ”ln -s /usr/local/bin/mapserv /usr/lib/cgi-bin/mapserv”. Tämä tekee Apachen cgi-bin-kansioon alikansion, joka on /mapserv. Toiminnan voi testata syöttämällä serverin nettiselaimen osoitteen ”http://localhost/cgi-bin/mapserv”, jonka tulisi antaa vastaukseksi: “No query information to decode. QUERY_STRING is set, but empty.”. Tämän tarkoittaa, että MapServer on asentunut ja linkitetty oikein ja voidaan alkaa konfiguroimaan MapServeriä. (MAPSRV UNIX n.d.; MAPSRV COMP n.d.)

3.3.5 MapServerin konfigurointi.

MapServerin konfigurointi tapahtuu luomalla konfigurointitiedosto (MAPFILE) johonkin serverin kansioon. Kansion sijainti ei ole tärkeä, koska sen sijainti joudutaan syöttämään testiajon aikana suoraan selaimen osoitekenttään ja normaalikäytössä se uudelleenohjataan web-palvelimella oikeaan paikkaan. Konfigurointitiedoston voi nimetä vapaasti, kuitenkin ilman skandinaavisia kirjaimia. Skandinaavisten käyttöä tulee välttää, koska sovellusta ajetaan web-ympäristössä. Konfigurointitiedoston tulee olla päätteeltään ”.map”, jotta MapServer osaa lukea sen. Mapfile sisältää kaiken informaation, miten MapServerin tulee toimia. Se sisältää informaation käytetyistä karttaprojektioista, missä lähdemateriaali sijaitsee, missä formaatissa se on, minkä kokoinen kuva siitä piirretään, jne.

Testikäyttöä varten otin maanmittauslaitoksen vapautetusta karttamateriaalista yhden kuvan, joka on Janakkalan alueelta. Kuvatiedosto on ns. GeoTIFF, jossa kuvan sisällön lisäksi kerrotaan kuvan nurkkapisteiden sijainti tietyssä koordinaatistossa. MML käyttää julkaistussa materiaalissa koordinaatistona EPSG:3067, joka on suomen kansallinen koordinaatistojärjestelmä ETRS89 / ETRS-TM35FIN.

Mapfilen sisältö on melko vapaasti muokattavissa, se on muodoltaan puhtas tekstitiedosto, jonka muotoilu muistuttaa xml muotoa. Se alkaa merkijonolla MAP ja päättyy merkkeihin END. MapServer lukee mapfilen järjestyksessä ylhäältä alaspäin. Jokainen rakenteen osa alkaa määrittelyllä rakenteesta ja loppuu merkkeihin END. Rakenteessa määritellään kuvan piirtämiseen tarvittavat tiedot, kuten kuvan koko selaimessa ja kuvan pakkausformaatti. Oletuksena kuva piirretään Portable Network Graphics (.png) muodossa. Serverin testaamista varten tekemässäni mapfilessä on määrittely seuraavat asiat:

- Projektio, lähdemateriaalin käyttämä koordinaatisto. Määritellään omassa osassaan, joka alkaa otsikolla PROJECTION ja päättyy END
- NAME, Mapfilen nimi.
- STATUS, tarkoittaa onko kyseinen osa mapfilestä käytössä.
- SIZE, piirrettävän kuvan koko

- EXTENT, lähdemateriaalista haettavan alueen koordinaatit kahtena kulmapisteenä, minx miny ja maxx ja maxy. Tällä rajataan piirrettävä alue.
- IMAGECOLOR, karttakuvan pohjaväri. Oletuksena valkoinen (255 255 255).
- CCONFIG ”MS_ERRORFILE”, virheilmoitusten log- tiedoston sijaintipolku.
- kerrokset, määritellään piirrettävälle kuvalle kerrokset. Määrittely alkaa otsikolla LAYER ja päättyy END.

Projektion määrittely tapahtuu omassa osassaan. Projektion määrittely aloitetaan otsikolla PROJECTION. Sen jälkeen tulee kyseisen projektion tiedot:

- proj, projektio tässä tapauksessa ”proj=utm”
- zone, projektion käyttämä alue, tässä tapauksessa ”zone=35”
- ellps, käytettävä ellipsoidi, tässä tapauksessa ”ellps=GRS80”
- units, käytettävä mittayksikkö, tässä tapauksessa ”units=m”
- no_defs, varmistetaan, että ei käytetä projektioiden default parametrejä tätä mapfileä käsiteltäessä

Osio päättyy merkkeihin END, jonka jälkeen alkaa muut määrittelyt.

Kerrosten määrittely tapahtuu myös omassa osassaan, joka alkaa otsikolla LAYER. Sen jälkeen määritellään kerroksen ominaisuudet:

- NAME, kerroksen nimi, joka tulee määritellä kuvahakua tehtäessä
- STATUS, määrittely onko kyseinen kerros piirrettävissä.
- DATA, lähdemateriaalin sijainti suorana polkuna.
- TYPE, minkä tyyppistä lähdemateriaali on. Tässä tapauksessa MML materiaali on RASTER tyyppistä.

Osio päättyy merkkeihin END. Tämän jälkeen voidaan määritellä uusia kerroksia. Kerrosten määrää ei ole rajoitettu MapServer version 5 jälkeen. Ennen sitä rajoitus on ollut 200, joskin se on ollut muutettavissa.

Näillä tiedoilla MapServer saadaan tuottamaan lähdetiedostosta kuva, jonka koko on murto-osa alkuperäisen kuvan koosta. MML:n materiaalissa GeoTIFF-kuvan koko voi ylittää jopa 30 Mt, jota olisi mahdotonta käsitellä web-sovelluksissa tai mobiililaitteissa. (MAPFILE n.d.; RASTER 2007.)

3.3.6 MapServer käyttöönoton ongelmat

MapServeriä asentaessani törmäsin useisiin ongelmiin. Monen laajennuksen asennuksen kanssa joutui muuttamaan konfiguroinnin parametreja, jotta asennus saatiin suoritettua. Se kuinka parametreja piti muuttaa, selviää asennuksen antamista virheilmoituksista. Monesti asennuksen virheilmoitus saattoi johtua siitä, että jokin muu laajennus oli asennettava ennen ky-

seistä laajennusta. Joitakin tarvittavia laajennuksia ei löytynyt lähdekoodina ja ne jouduttiin asentamaan aptituden avulla. Tämä hankaloitti asennusprosessia, koska kaikkein helpointa olisi ollut ladata tarvittavien laajennusten lähdekoodit yhteen paikkaan ja asentaa ne tarvittavassa järjestyksessä kääntämällä lähdekoodista suoraan. Nyt prosessi hieman katkesi, kun oli käytettävä esim. aptitueda joidenkin pakettien etsimiseen ja asentukseen.

MapServerin konfiguroinnin kanssa täytyi ensin tutkia, miten MapServer halutaan asentaa ja mitä laajennuksia käyttöjärjestelmään on asennettu. Joidenkin asennusten polut eivät löytäneet MapServerin konfiguroinnissa automaattisesti, joten se piti syöttää käsin konfiguroinnin optioista. MapServerin lopullinen konfigurointi kuitenkin meni kohtalaisen suoraviivaisesti.

Käyttöänoton yhteydessä törmäsin vakavaan ongelmaan, joka esti MapServerin toiminnan kokonaan. MapServer löysi lahdemateriaalin hyvin, mutta ei pystynyt luomaan tulostetta verkkosivulle. Tämän aiheutti versioristiriita libpng-laajennuksen määrittelyissä MapServerin konfiguroinnin yhteydessä.

Testasin kuvan luontia root-komentokehoteessa img2shp-ohjelman avulla ajamalla komennon debug-tasolla 5, joka listaa kaikki tapahtumat komennon edetessä. Siinä img2shp-ohjelmalle syötetään lähdetiedoston polku, polku johon ohjelman luoma kuva kirjoitetaan ja annetaan debug taso jolla ohjelma halutaan ajaa. img2shp-ohjelma, jolla MapServer luo kuvan. Img2shp-ohjelmaa voidaan ohjata komentokehoteessa. Tällä tavoin voidaan rajata vika pelkästään kuvan muodostukseen, eikä esim. MapServerin konfigurointivirheeseen. Img2shp tuotti virheilmoituksen libpng laajennuksen versioristiriidasta, jossa ilmoitettiin img2shp-sovelluksen olevan käännetty uudempaa libpng-laajennuksen versiota vasten, kuin käytössä oleva versio on.

Virheilmoitus johtui siitä, että olin kääntänyt käyttöjärjestelmään uuden version libpng laajennuksesta ja se asennus ei poistanut vanhaa asennusta. Yritin korjata tilanteen poistamalla uuden asennuksen ja suorittamalla MapServerin konfiguroinnin, käännöksen ja asennuksen uudelleen, mutta se ei korjannut tilannetta. Viimein huomasin asentaa libpng-laajennuksen uuden version uudestaan ja lisätä MapServer asennuksen konfigurointiin lisäyksen `"—with-png=/asennuksen/polku"` johon määrittelin uuden libpng laajennuksen suoran polun. Sen jälkeen kuvanmuodostus toimi.

Uuden libpng-laajennuksen asennuksen jälkeen oli jäänyt käyttöjärjestelmään vanhan asennuksen tiedostoja. MapServerin käännöstyökalu on hakenut joitain tiedostoja käyttöjärjestelmästä suoralla hakotoiminnolla ja törmännyt vanhaan tiedostoon ennen uutta. Konfigurointisuoritus oli kuitenkin törmännyt uudempaan tiedostoon ajoa suoritettaessa. Tämä korjaantui kun konfigurointiin määriteltiin tarkka polku josta tiedostot löytyvät. (MAPSRV COMP n.d.)

3.3.7 Karttamateriaalin käyttöönotto MapServerille

Karttamateriaalia ei tässä käytössä tarvitse muuntaa mitenkään. Karttamateriaalin saa MML:n latauspalvelusta tai yksittäisiltä toimijoilta kuten Kapsi-Kartat, jotka ylläpitävät karttamateriaalia omilla servereillään. Karttamateriaali tulee kansiorakenteessa, joihin Suomen alue on jaettu. MapServer ei osaa käsitellä tämän tyyppistä kansiorakennetta useine eri alikansioineen. MapServerille voidaan luoda tietokanta kansiorakenteesta, jonka mukaan se hakee tarvittavat tiedot piirrettävästä alueesta.

Tietokanta on rakenteeltaan ”tileindex”. Tileindex voidaan muodostaa automaattisesti FWTools-sovelluspakettiin kuuluvalla ”gdaltindex”-sovelluksella. Gdaltindex ei myöskään osaa suoraan käsitellä monimutkaista kansiorakennetta, mutta tämä rajoite voidaan kiertää linux-ympäristössä käyttämällä komentokehoteessa ”find” komennon monipuolisia käsky-laajennuksia. Find komentoon voidaan lisätä execute-optiolla gdaltindex-komento ajettavaksi kaikkiin löydettyihin tietyn tyyppisiin tiedostoihin.

MapServerin mapfile tiedostoon muutetaan piirrettäväksi kerrokseksi DATA polun tilalle TILEINDEX. Sen lisäksi pitää kertoa TILEITEM, joka määritellään gdaltindex komennossa.

3.3.8 Karttapalvelimen jatkokehitys

Tästä eteenpäin karttapalvelimen toimintaa voidaan alkaa laajentaa. Tämä tarkoittaa sitä, että palvelimen ympärille lisätään tarvittavia laajennuksia käyttötarkoitusten mukaan. Nämä laajennukset vaikuttavat karttapalvelimen suorituskykyyn mahdollisiin palveluihin. Suorituskykyä ja myös palveluita lisääviä osia ovat esim. MapServerSuite paketissa olevat TinyOWS ja MapCache. MapCache keventää MapServerin kuormaa ja lisää toiminnan TMS-palvelulle. TinyOWS puolestaan lisää MapServeriin WFS-toiminnot.

Karttapalvelimen laajentaminen kannattaa aloittaa MapCache-järjestelmän lisäämisellä. Tämä järjestelmä tuo paljon hyötyjä ja hyödyllisiä lisäpalveluita MapServeriin. Niiden avulla voidaan alkaa tuottaa erilaisia karttapalveluita, kuten esim. kuntien ulkoilupalveluiden karttoja, yhdistämällä MML:n karttamateriaaliin ulkoilureittejä, laavuja jne. Sen jälkeen on vain tehtävä sovellus tai web-sivu, jossa tätä materiaalia käytetään hyödyksi.

3.4 Koordinaatit

GPS-laitteet ilmoittavat sijaintinsa WGS84-muodossa asteina ja asteiden desimaaleina pituus- ja leveysasteina pallon pohjoisella tai eteläisellä puoliskolla, sekä keskimeridiaanin itäisellä tai läntisellä puolella. Suomi sijaitsee pallon pohjoisella (N) puoliskolla, sekä keskimeridiaanin itäisellä (E) puoliskolla.

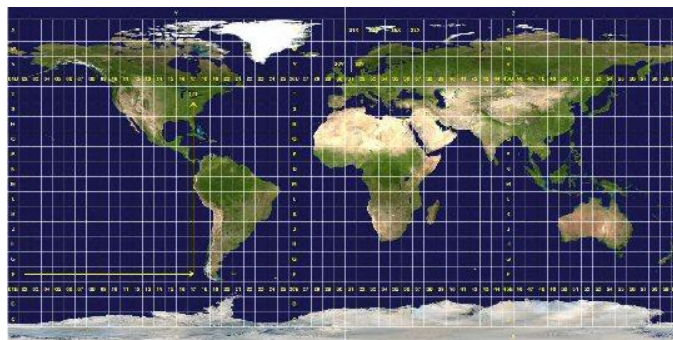
Suomen maastokartta-aineistossa on ortoilmakuvat, maastotietokanta sekä maastokartat vektori- ja rasteriversiot. Maanmittauslaitoksen julkaisema kartta-aineisto on kuitenkin GPS-laitteille suoraan yhteensopimattomassa ETRS-TM35FIN-tasokoordinaatistossa. ETRS-TM35FIN-koordinaatisto on Suomeen sovitettu muunnos UTM-standardin ETRS-89-koordinaatistojärjestelmän muunnos tasokoordinaatistosta, joka koostuu projektiotasoista. Projektiotasot leikkaavat maapallon pintaa. Oikeamittaiset leikkausviivat sijaitsevat n. 180 km:n etäisyydellä keskimeridiaanista itään ja länteen. Keskimeridiaanilla itäkoordinaatin arvo on 500 000 m, näin itäkoordinaatti ei koskaan ole negatiivinen. Järjestelmä mahdollistaa yksikäsitteisen tunnuksen ja koordinaattien esityksen kaikilla kaistoilla.

Suomi sijaitsee leveytensä puolesta kolmella eri kaistalla 34-36 ja Suomessa on päätetty ottaa käyttöön standardista poikkeava koordinaattien esitystapa jossa käytetään yhtä projektiotasoa joka on keskimäinen eli 35. Suomen koordinaattien esitystavassa siis venytetään projektiotaso 35 koko Suomen levyiseksi. Keskimeridiaanina suomessa käytetään meridiaania 27° . Tasokoordinaatiston esitystapa siis poikkeaa huomattavasti WGS89-ellipsoidin koordinaatistosta. (ETRS n.d.; UTM 2013.)

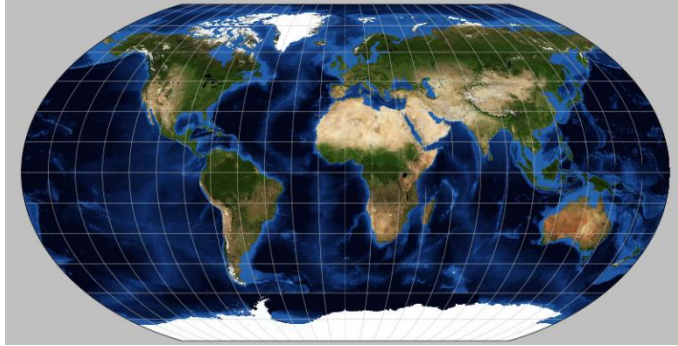
3.4.1 Koordinaatiston muunnos

Jotta suomalainen kartta-aineisto olisi helposti käytettävissä käsilaitteissa, täytyy koordinaattien esitystapojen välille luoda muunnos koordinaatistosta toiseen.

Tasokoodinaattien (UTM) esitystapa (Kuva 9.) poikkeaa ellipsoidista (Kuva 10.) (WGS84) usealla tavalla, ensinnäkin kuten nimikin asian ilmoittaa UTM-koordinaatisto on esitetty tasaisella pinnalla, kun taas WGS-koordinaatisto on esitetty geodeettisen ellipsoidin pinnalla.



Kuva 9. Tasokoordinaatisto (UTM 2013)



Kuva 10. Ellipsoidi (GOTHOS 2013)

Koordinaatit joudutaan muuttamaan kolmessa suunnassa. Ellipsoidista tasoon muutettaessa reunat oikaistaan tasoon, karttakoordinaatiston pystylinja joudutaan oikaisemaan ja mittakaava joudutaan muuttamaan. Muunnos tapahtuu seuraavanlaisilla kaavoilla.

Ensin joudutaan laskemaan apusuureita.

$$n = \frac{1}{2F - 1}, \quad A = \frac{a}{1 + n} \sum_{j=0}^2 \left\{ \prod_{k=1}^j \left(\frac{3n}{2k} - n \right) \right\}^2, \quad (3)$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{5}{16}n^3, \quad \alpha_2 = \frac{13}{48}n^2 - \frac{3}{5}n^3, \quad \alpha_3 = \frac{61}{240}n^3, \quad (4)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{37}{96}n^3, \quad \beta_2 = \frac{1}{48}n^2 + \frac{1}{15}n^3, \quad \beta_3 = \frac{17}{480}n^3, \quad (5)$$

$$\delta_1 = 2n - \frac{2}{3}n^2 - 2n^3, \quad \delta_2 = \frac{7}{3}n^2 - \frac{8}{5}n^3, \quad \delta_3 = \frac{56}{15}n^3. \quad (6)$$

leveys- ja pituusasteista (φ, λ) to UTM-koordinaatteihin (E, N) Väliarvojen lasku.

$$t = \sinh \left(\tanh^{-1} \sin \varphi - \frac{2\sqrt{n}}{1+n} \tanh^{-1} \left(\frac{2\sqrt{n}}{1+n} \sin \varphi \right) \right), \quad (7)$$

$$\xi' = \tan^{-1} \left(\frac{t}{\cos(\lambda - \lambda_0)} \right), \quad \eta' = \tanh^{-1} \left(\frac{\sin(\lambda - \lambda_0)}{\sqrt{1 + t^2}} \right), \quad (8)$$

$$\sigma = 1 + \sum_{k=1}^3 2k\alpha_k \cos 2k\xi' \cosh 2k\eta', \quad \tau = \sum_{k=1}^3 2k\alpha_k \sin 2k\xi' \sinh 2k\eta'. \quad (9)$$

Lopulliset kaavat:

$$E = E_0 + k_0 A \left(\eta' + \sum_{k=1}^3 \alpha_k \cos 2k\xi' \sinh 2k\eta' \right), \quad (10)$$

$$N = N_0 + k_0 A \left(\xi' + \sum_{k=1}^3 \alpha_k \sin 2k\xi' \cosh 2k\eta' \right), \quad (11)$$

$$k = \frac{k_0 A}{a} \sqrt{\left\{ 1 + \left(\frac{1-n}{1+n} \tan \varphi \right)^2 \right\} \frac{\sigma^2 + \tau^2}{t^2 + \cos^2(\lambda - \lambda_0)}}, \quad (12)$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{\tau \sqrt{1+t^2} + \sigma t \tan(\lambda - \lambda_0)}{\sigma \sqrt{1+t^2} - \tau t \tan(\lambda - \lambda_0)} \right). \quad (13)$$

Näiden kaavojen käsittely ohjelmallisesti ei ole kovin hankalaa. Laskutoimituksiin käytettävät ohjelmien matemaattiset kirjastot ovat standardeja math- kirjastoja. (UTM 2013.)

3.4.2 Koordinaattien muunnos ohjelmallisesti Android sovelluksella

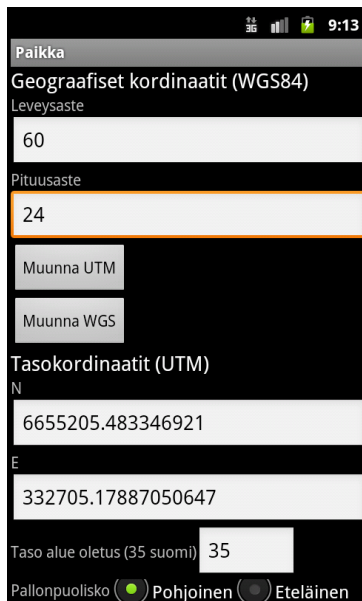
Sovellus on kehitetty Android-kehitysokalulla Eclipse. Laskukaavojen pohja on otettu java-script muodossa sivuston <http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html> lähdekoodista. Sivuston copyright sallii sivuston kaiken materiaalin käytön omiin tarkoituksiin ja sovelluskehitykseen, Koodi on muutettu javascriptistä Androidille. Ja muutettu olio-ohjelmointimuotoon jossa laskutoimitukset tehdään omassa luokassaan. (Taylor n.d.)

3.4.3 Käyttöliittymä.

Käyttöliittymä on hyvin karkea, (Kuva 11; Kuva 12.) koska tarkoitus ei ole tehdä kaupallista sovellusta.



Kuva 11. Paikannuksen haku.



Kuva 12. Koordinaatiston muunnos.

3.4.4 Toiminta.

Ohjelma hakee paikkatiedon location manageriltä ja tuo sen käyttöliittymään näkyviin. Käyttöliittymän napilla ”Muunna UTM” tiedot siirtyvät seuraavaan näkymään, jossa itse muunnin on. Painamalla ”Muunna UTM” laite tekee koordinaattimuutoksen WGS-muodosta UTM-tasokoordinaatistoon. Muunninosaa sovelluksesta voidaan käyttää kaikilla ja kaikilla eri alueilla muuntamaan koordinaatit UTM <-> WGS.

WGS > UTM tarvitsee vain tietää alue, jonka projektiossa ja se millä pallonpuoliskolla kyseinen koordinaatti sijaitsee. Toisinpäin laskettaessa se ilmoittaa itse puoliskon ja projektion.

3.4.5 Koodinaattien muunnos WMS-palvelimella.

Kun käytetään WMS-palvelinta, ei päätelaitteessa tarvitse suorittaa koordinaatiston muunnosta. Päätelaite suorittaa karttakyselyn suoraan WGS84-koordinaateilla ja WMS-palvelin suorittaa koordinaattien muuntamisen suoraan, ilman käyttäjälle näkyvää viivettä tai häiriötä. WMS-palvelimen käyttöönottovaiheessa määritellään karttamateriaalin käyttämä koordinaatisto ja WMS-palvelimen mahdollistamat palvelut. Kun päätelaite lähettää pyynnön WMS-palvelimelle, kysely sisältää tiedon, missä muodossa kyselyn koordinaatit esitetään. Jos koordinaatisto poikkeaa WMS-palvelimen mahdollistamista palveluista, vastaa palvelin päätelaitteelle virheilmoituksella. Kun WMS-palvelimen asetukset on muokattu oikein, palvelin suorittaa koordinaatistojen muutokset automaattisesti.

MML:n maastokartta-aineistoa varten on jo harrastelijavoimin rakennettu valmiita ja toimivia karttapalvelimia. Yksi näistä on kartat.kapsi.fi, joka tarjoaa WMS- ja TMS-palveluita erilaisissa sovelluksissa käytettäväksi.

3.5 Paikkatiedot ja niiden käyttötarkoitus

Paikkatiedon hyödyntäminen on nykyisten puhelimien ja navigaattoreiden ansiosta räjähdysmäisesti kasvanut. Käyttötarkoituksia on ammattikäyttöä, navigointiin sekä harrastuskäyttöön. Ammattikäytöllä voidaan tarkoittaa useita eri käyttötarkoituksia esim:

- Ajoneuvojen paikannus
- Ajopäiväkirja
- Kartoitus
- Geologinen tutkimus
- Navigointi

Harrastuskäytössä esim:

- Navigointi
- Karttajärjestelmät
- Geokätköily

Käyttötarkoituksia on rajaton määrä. Niissä on käytännössä vain mielikuvitus rajana. Kaikkia palveluita kuitenkin yhdistää paikannus ja paikkatieto.

Kaikissa paikkatietoisisissa järjestelmissä voidaan käyttää pelkkää paikkatietoa tai paikkatiedon ja karttajärjestelmien yhdistelmää. Paikkatieto itsessään on moneen käyttötarkoitukseen turhaa sinällään, se sisältää vain koordinaatteja, korkeusinformaatiota ja aikainformaatiota. Kun paikkatieto yhdistetään toiseen paikkatietoiseen materiaaliin ja lisätään siihen käyttöliittymä, saadaan paikkatietoinen palvelu.

4 PAIKKATIETOINEN MOBIILIPALVELU

Paikkatietoisien palvelun kehittäminen mobiililaitteelle aloitetaan valitsemalla alusta, jolle sovellus kehitetään. Tähän työhön on otettu esimerkiksi Android alusta, joka on avoimen lähdekoodin ja java-ohjelmointikielen vuoksi houkuttelevin alusta, ainakin omasta mielestäni, sovelluskehitystä varten. Sovelluskehittäjän tulee tietää useita asioita käytettävästä alustasta, jotta hän voi tehokkaasti hyödyntää laitteiston tekniikkaa sovelluksessaan.

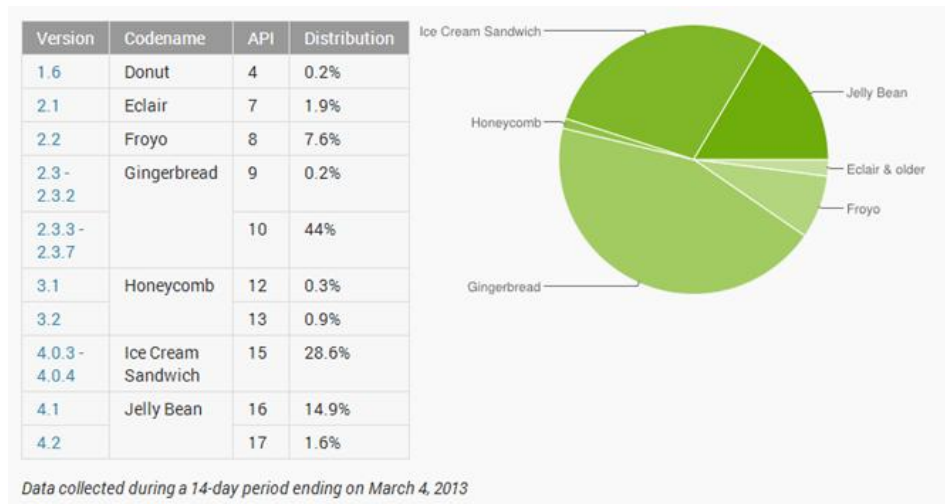
4.1 Kehittämistavoitteet ja sovelluksen tarkoitus

Tavoitteena olisi kehittää sovellus, joka pystyy määrittelemään puhelimen sijainnin käyttäen jotakin paikannusmenetelmää ja näyttää kartan WMS- tai TMS-palvelua käyttäen. Tässä työssä itse sovellusta ei kehitetä, mutta kuitenkin perehdytään siihen, mitä työkaluja tarvitaan mobiilipalvelun kehittämiseksi, sekä mitä laitteelta vaaditaan, jotta paikkatietoista palvelua voidaan käyttää.

4.2 Laitteisto ja sen vaatimukset

Nykyisten Android-laitteiden suorituskyky riittää melkein kaikissa laitteissa pyörittämään tämän tapaista sovellusta. Androidin muistinhallinta mahdollistaa hieman raskaammankin sovelluksen käyttämisen siirtämällä osan aktiivisista sovelluksista taustalle, kun raskaampi ohjelma pyörii päällimmäisenä. Aivan vanhimpia päätelaitteita ei kuitenkaan ole enää järkevää ottaa mukaan sovellusta suunniteltaessa.

Android-käyttöjärjestelmän huonona puolena pitää ottaa huomioon käyttöjärjestelmäversioiden valtava määrä, frakmentoituminen. Android-käyttöjärjestelmän versiot, jotka ovat yhä enemmistönä, ovat melko vanhoja. (Kuva 13.) Tämä johtuu useimmiten laitevalmistajien haluttomuudesta päivittää, usein edullisimpia, päätelaitteitaan uusilla käyttöjärjestelmäversioilla. Toinen tekijä on uusien käyttöjärjestelmien kovemmat laitevaatimukset. Vanhat päätelaitteet eivät edes kykenisi pyörittämään uusia käyttöjärjestelmäversioita. Tämä kuitenkin johtuu usein siitä, että laitevalmistajat kuorruttavat Android-käyttöjärjestelmän omilla käyttöliittymillä (User Interface, UI) ja näiden laitevaatimukset ovat yleensä huomattavasti raskaampia kuin Googlen Androidille itse suunnittelema ja Nexus-laitteissa käytettävä käyttöliittymä, ns. Vanilla Android.



Kuva 13. Android versioiden fraktoituminen helmikuussa 2013 (ANDROID VERS 2013)

Kuten kuvassa 13 näkee androidin versiot 2.3-2.3.7 sovellusrajapinnat API 9-10 kattavat melkein puolet laitekannasta. Android-versiota 2.3.x ei onneksi juurikaan kukaan laitevalmistajista enää käytä. Laitekanta kuitenkin uusiutuu hitaasti ja näin myös vanhojen Android-järjestelmäversioiden määrä pysyy melko suurena.

Tämä vaikuttaa sovelluskehittämiseen niin, että sovelluskehittäjän tulee valita minimi API-versio, jonka varaan sovellus kehitetään. Mitä pienempi API-versio on käytössä, sitä vähemmän voidaan tukea uusien käyttöjärjestelmien uusia ominaisuuksia. Toinen vaihtoehto on luoda ohjelmasta useampia versioita, jotka tukevat myös vanhempia API-versioita.

4.3 Kehittämissympäristö

Androidin ehkä yleisin sovelluskehitysohjelma on Eclipse. Eclipse on Eclipse-järjestön julkaisema kehitysohjelma javalle. Androidin ohjelmointikieli on eräänlainen versio javasta. Kielen syntaksi on käytännössä sama kuin javassa ja sen oppiminen on melko suoraviivaista, varsinkin jos on ohjelmoinut javalla aikaisemmin. Eclipse-kehitysohjelmalle saa Android-kehityspaketin, joka laajentaa Eclipsen Android-kehitysohjelmuksi.

Eclipsen huonona puolena täytyy pitää käyttöliittymän kehitysohjelmaa. On varmasti olemassa tehokkaampiakin kehitysympäristöjä, joilla käyttöliittymien teko olisi helpompaa. Microsoftin VisualStudio-kehitysympäristö WindowsPhonelle ja Silverlight-selainlaajennuksille on huomattavasti monipuolisempi käyttöliittymän suunnitteluun ja kehitykseen.

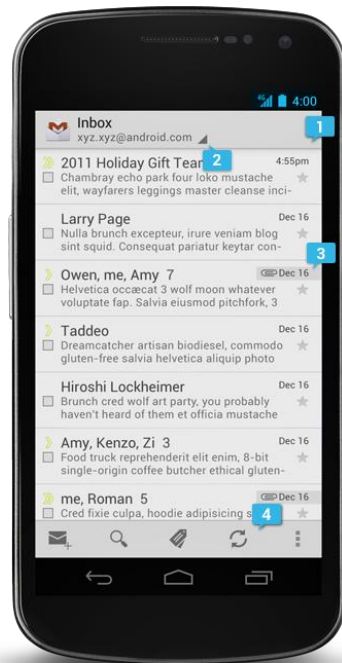
4.4 Käyttöliittymä

Google julkaisee suosituksia ja ohjeita Android-sovellusten käyttöliittymän suunnittelua ja kehitystä varten. Googlen suositusten mukaisesti teh-

tyä käyttöliittymää kutsutaan HOLO-Design-käyttöliittymäksi. Siinä määritellään käyttöliittymän asetellut, ylä- ja alapalkkien painikkeiden toiminnot, sekä ilmoituspalkkien toiminnot yms.

Perussovelluksen käyttöliittymä koostuu neljästä pääosasta (Kuva 14.):

- Main Action Bar (1), palkki jossa näytetään yleisimmät kontrollit.
- View Control (2), Main Action Bar palkin osa, jolla hallitaan sovelluksen eri näkymiä.
- Content Area (3), alue jossa sovelluksen pääosan tieto esitetään.
- Split Action Bar (4), Action Bar laajennus, jossa voidaan esittää lisää kontrolleja, jotka eivät mahdu Main Action Bar osaan.



Kuva 14. Tyypillinen sovelluksen asetellu, mallina Gmail sovellus (UI DESIGN 2013)

Näillä ohjeilla Google yrittää saada sovelluskehittäjät luomaan sovelluksista yhtenäisen näköisiä ja käytettävyydeltään helppokäyttöisiä. Sovelluksen käyttöliittymää suunniteltaessa kannattaa käydä läpi, mitä Google Android-sovellusten käyttöliittymiltä toivoo. Näin saa sovelluksen käyttöliittymästä yksinkertaisilla ohjeilla helpon käyttää, sekä selkeän.

Nämä Googlen antamat ohjeet ovat kuitenkin vain suosituksia. Usein sovelluskehittäjät tekevät käyttöliittymät omalla tavallaan, mutta näistä tulee usein kuitenkin melko vaikeaselkoisia. Monesti onkin kyse sovelluksesta, josta on versioita muillekin käyttöjärjestelmille, kuten iOS ja WindowsPhone. On kuitenkin sovelluskehittäjiä, jotka ovat osanneet käyttöliittymänsä suunnitella ja toteuttaa mallikkaasti myös ilman HOLO-Design-asettelua. Onneksi kuitenkin useimmat aktiiviset sovelluskehittäjät ovat alkaneet siirtyä sovellustensa kehityksessä HOLO-design-käyttöliittymiin. Tämä tekee Android-sovelluksista yhtenäisemmän näköisen järjestelmän kanssa. (UI DESIGN 2013.)

5 YHTEENVETO

Paikkatietoisia palveluita on syntynyt uskomattomia määriä sen jälkeen, kun GPS-järjestelmän häirintä poistettiin ja paikannustarkkuus kasvoi. Hyvä esimerkki on geokätköily, jossa GPS-järjestelmää käytetään modernissa aarteenetsinnässä. Kätköilijän on tarkoitus löytää toisten kätköilijöiden maastoon piilottamia kätköjä. Kätköt on listattu nettisivuilla ja niissä on ilmoitettu kätkön sijainti GPS-koordinaatteina. Kun kätköilijä löytää kätkön hän kirjaa siinä olevaan logivihkoon nimimerkkinsä ja kuittaa nettisivulle kätkön löydetyksi. Geokätköilyn voi tiivistää yhteen lauseeseen jossa mukana ripaus itseironiaa. ”I use multi-million dollar satellites to find tupperware in the woods...Whats your hobby??” Tämä kuitenkin summaa hienosti sen, miten paikkatieteiset palvelut ovat kehittyneet, kun tarjolla on tarkkoja paikannusmenetelmiä.

5.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Tässä työssä on käyty läpi useimmat mobiililaitteiden paikannusjärjestelmät ja niiden toiminta. Saadussa informaatiossa on paljon sellaista, mikä ei avaudu lukijalle kovinkaan helposti. Lukijan tulee ymmärtää perusasiat signaaleista, niiden käsittelystä sekä erilaisten paikannusjärjestelmien toimintaperiaatteista. Lukija voi kuitenkin saada paljon informaatiota paikannusjärjestelmistä yhdestä paikasta.

Karttapalvelimen asennukseen tämä raportti antaa perusteet. Tästä eteenpäin pitää lukijan pystyä jatkamaan ja jalostamaan karttapalvelimen asennusta omien käyttötarpeidensa mukaan.

Sovelluskehittämisestä tässä raportissa raapaistaan vain hieman pintaa. Käytännössä tämä tarkoittaa vain Android-järjestelmään keskittymistä. Tämä kuitenkin vain siksi, että Android on käyttöjärjestelmänä ainoa avoimen lähdekoodin järjestelmä ja todennäköisesti tulee kasvamaan suurimmaksi mobiililaitteiden käyttöjärjestelmäksi. Tässä ei pystytä perehtymään sovelluksen kehittämiseen kokonaisuudessaan. Voin vain antaa apuja siihen, mitä alkaessaan Android-sovellusta kehittää, kannattaa ottaa huomioon ja mitä käyttöliittymää suunnitellessaan kannattaa huomioida.

5.2 Keskeiset tulokset

Paikannusjärjestelmät ovat kehittyneet ja kehittyvät tulevina vuosina huomattavalla tavalla. Päätelaitteiden määrä on räjähdysmäisessä kasvussa nykyisten ja tulevien älypuhelimien kasvun ansiosta. Paikannusjärjestelmät kuitenkin perustuvat hyvin pitkälti GPS-järjestelmän aloittamalle kehitykselle satelliittipaikannukseen. Yhdysvaltojen lisäksi satelliittipaikannusta kehittävät Eurooppa, Venäjä ja Kiina. Näistä Venäjä on ainoa, jolla on lähes koko maapallon kattava järjestelmä Yhdysvaltojen lisäksi. Euroopalla on järjestelmä standardisoitu ja testausvaiheessa. Kiina on keskittynyt ainoastaan oman maansa alueen kattamiseen. Kun Eurooppa saa oman järjestelmänsä toimintaan, on kuluttajilla käytettävissään kolme toisistaan riippumatonta paikannusjärjestelmää. Tämä tarkoittaa kuluttajien paikannusta

entisestään ja johtaa todennäköisesti vielä tarkempien paikkatietoisten palveluiden kehittämiseen.

Paikkatietoinen palvelu ei ole kovinkaan hyödyllinen ilman kunnollista karttamateriaalia. Tämä ongelma kuitenkin on parantumaan päin, kiitos EU:n INSPIRE-direktiivin. Tämä vapauttaa kaiken verovaroin tuotetun materiaalin vapaaseen käyttöön. Tämän materiaalin hyötykäyttöä varten on kuitenkin rakennettava palvelimet. Karttapalvelimen asennus ei ole kuitenkaan ihan yksinkertainen toimenpide. Karttapalvelinta asennettaessa joudutaan laajentamaan palvelimen käyttöjärjestelmää melko paljon erilaisten kuvankäsittelytekniikoiden, karttaprojektoiden ja -materiaalien vuoksi. Kukin karttapalvelin pitää räätälöidä eri käyttötarkoitusten mukaan. Kaikki kuitenkin alkaa MapServerin asennuksesta.

Useimmat meistä käyttäjistä eivät tule ajatelleeksi, kuinka paljon työtä ja rahaa vaaditaan, meille nyt jo itsestään selvän paikkatietoisen tuottamiseen. Tekniikka kehittyy koko ajan ja päätelaitteiden, sekä sen mukana uusien käyttäjien, määrä on hurjassa kasvussa. Tämä tuo mukanaan huolen käyttäjien yksityisyydestä. Mitä tapahtuu kun kaikkien käyttäjien sijainti tiedetään? Kenellä on oikeus hallita tällaista tietoa? Mihin tätä tietoa oikein käytetään? On paljon vastaamattomia kysymyksiä koskien paikannusta ja paikkatietoa. Palvelut kehittyvät, mutta kukaan ei tunnu ajattelevan mihin tämä kehitys oikein johtaa.

5.3 Jatkotoimenpiteet

Tästä eteenpäin voisi työtä kehittää karttapalvelimen laajentamisella TMS- ja WMS-laajennuksilla. Optimoida MapServerin toimintaa ja lisätä MapServerin taa tietokantapalveluita. MapServer tämän työn jälkeen on vasta alkutekijöissään.

Seuraavaksi voisi kehittää Androidille toimivan sovelluksen, joka käyttäisi MapServerin palveluita. Sellaisia palveluita kuitenkin on jo Androidille valtavia määriä, joista olen omaan käyttööni huomannut parhaaksi Locus Pro sovelluksen.

LÄHTEET

- A-GPS 2012. Assisted GPS. Wikipedia. Viitattu joulukuu 2012.
http://en.wikipedia.org/wiki/Assisted_GPS
- Android UI DESING 2013 Android UI. Android Developer. Viitattu Maaliskuu 2013
<http://developer.android.com/design/get-started/ui-overview.html>
- ANDROID VERS 2013. Android versioiden jakautuminen. Android Police. Viitattu Maaliskuu 2013
<http://www.androidpolice.com/2013/03/05/android-platform-numbers-for-february-13-are-in-gingerbread-down-to-44-2-ics-down-to-28-6-and-jelly-bean-up-to-16-5/>
- BING API n.d. Bing Maps. Microsoft. Viitattu Tammikuu 2013
<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd877180.aspx>
- Cavoukian, A. & Cameron, K. 2011 Wi-Fi Positioning Systems: Beware of Unintended Consequences
Issues Involving the Unforeseen Uses of Pre-existing Architecture. Ontario, Canada: Information and Privacy Commissioner.
- Ching, W., Teh, R. J., Li, B. & Rizos, C. 2010. Uniwide WiFi Based Positioning System
978-1-4244-7776-0/\$26.00 © 2010 IEEE
- GOTHOS n.d. Common Map Projection Definitions. Gothos. Viitattu Tammikuu 2013.
<http://gothos.info/2011/04/common-map-projection-definitions/>
- ESA n.d. Galileo. European Space Agency. Viitattu Tammikuu 2013.
http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Third_Galileo_satellite_begins_transmitting_navigation_signal
- ETRS n.d. ETRS-TM35FIN. Maanmittauslaitos. Viitattu Tammikuu 2013
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/tasokoordinaatitot/etrs-tm35fin>
- GALILEO 2012. Galileo (satellite navigation). Wikipedia. Viitattu Joulukuu 2012
[http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_\(satellite_navigation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation))
- COMPASS 2013. Beidou Navigation Satellite System. Wikipedia. Viitattu Tammikuu 2013.
http://en.wikipedia.org/wiki/Compass_navigation_system#Global_system_.28BeiDou-2_or_Compass_navigation_system.29
- GLONASS Wiki 2012. GLONASS. Wikipedia. Viitattu joulukuu 2012.
<http://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>

GLONASS n.d. Guide. Federal Space Agency. Viitattu Joulukuu 2012.
<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/guide/potrfaq.php>

GMAPS API 2013. Google Maps API. Google Developers. Viitattu Tam-
mikuu 2013
<https://developers.google.com/maps/mobile-apps>

CMDA 2012. Code division multiple access. Wikipedia. Viitattu Joulukuu
2012.
http://en.wikipedia.org/wiki/Code_division_multiple_access

GOS 2012. Galileo Open Service. European Space Agency. Viitattu
Tammikuu 2013.
[http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_Open_Service_\(OS\)](http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_Open_Service_(OS))

GPS 2012. Global Positioning System. Wikipedia. Viitattu Joulukuu 2012.
http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

GPS Signaalit 2012. GPS signals. Wikipedia. Viitattu Joulukuu 2012.
http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_signals

HERE API n.d. Native APIs. Nokia Viitattu Tammikuu 2013
<http://developer.here.net/web/guest/native-apis>

HERE n.d. News. Nokia. Viitattu Tammikuu 2013
<http://here.com/news>

MAPFILE n.d. Mapfile. MapServer. Viitattu Tammikuu 2013
<http://mapserver.org/mapfile/index.html>

MAPSRV COMP. n.d. Compiling MapServer. MapServer. Viitattu Tam-
mikuu 2012 <http://trac.osgeo.org/mapserver/wiki/MapServerCompilation>

MAPSRV UNIX n.d. Compiling on Unix. MapServer. Viitattu Tammiku
2013 <http://mapserver.org/installation/unix.html>

MMLMAT n.d. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Maanmittauslaitos.
Viitattu Tammikuu 2013
[http://www.maanmittauslaitos.fi/aineistot-
palvelut/latauspalvelut/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu](http://www.maanmittauslaitos.fi/aineistot-palvelut/latauspalvelut/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu)

MML lisenssi 2012. Lisenssi. Maanmittauslaitos. Viitattu Tammikuu 2013
http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501

MPT n.d. Mobile Positioning Techniques. Etutorials. Viitattu Tammikuu
2013.
[http://etutorials.org/Mobile+devices/mobile+wireless+design/Part+Four+
Beyond+Enterprise+Data/Chapter+17+Location+
Based+Services/Mobile+Positioning+Techniques/](http://etutorials.org/Mobile+devices/mobile+wireless+design/Part+Four+Beyond+Enterprise+Data/Chapter+17+Location+Based+Services/Mobile+Positioning+Techniques/)

Neuvoston direktiivi 2007 / 2 / EC. Directive 2007 / 2 / EC (INSPIRE). EUR-Lex. Viitattu Tammikuu 2013

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32007L0002:EN:NOT>

RASTER 2007. Raster Data. MapServer. Viitattu Tammikuu 2013

<http://mapserver.org/input/raster.html>

Taylor, C. n.d. Geographic/UTM Coordinate Converter. Viitattu Tammikuu 2013

<http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html>

TRILATERATION 2012. Trilateration. Wikipedia. Viitattu Joulukuu

2012. <http://en.wikipedia.org/wiki/Trilateration>

Vehkaperä, H. 2009. Mitä ovat WMS, WFS, WCS - ja mihin niitä tarvitaan? Paikkatietoikkuna. Viitattu Tammikuu 2013

http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/pos_2_2009_mita-ovat-wms-wfs-wcs

WMSSTRD n.d. Web Map Service. Open Geospatial Consortium. Viitattu

Tammikuu 2013 <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

UTM 2013. Universal Transverse Mercator coordinate system. Wikipedia.

Viitattu Tammikuu 2013

http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system

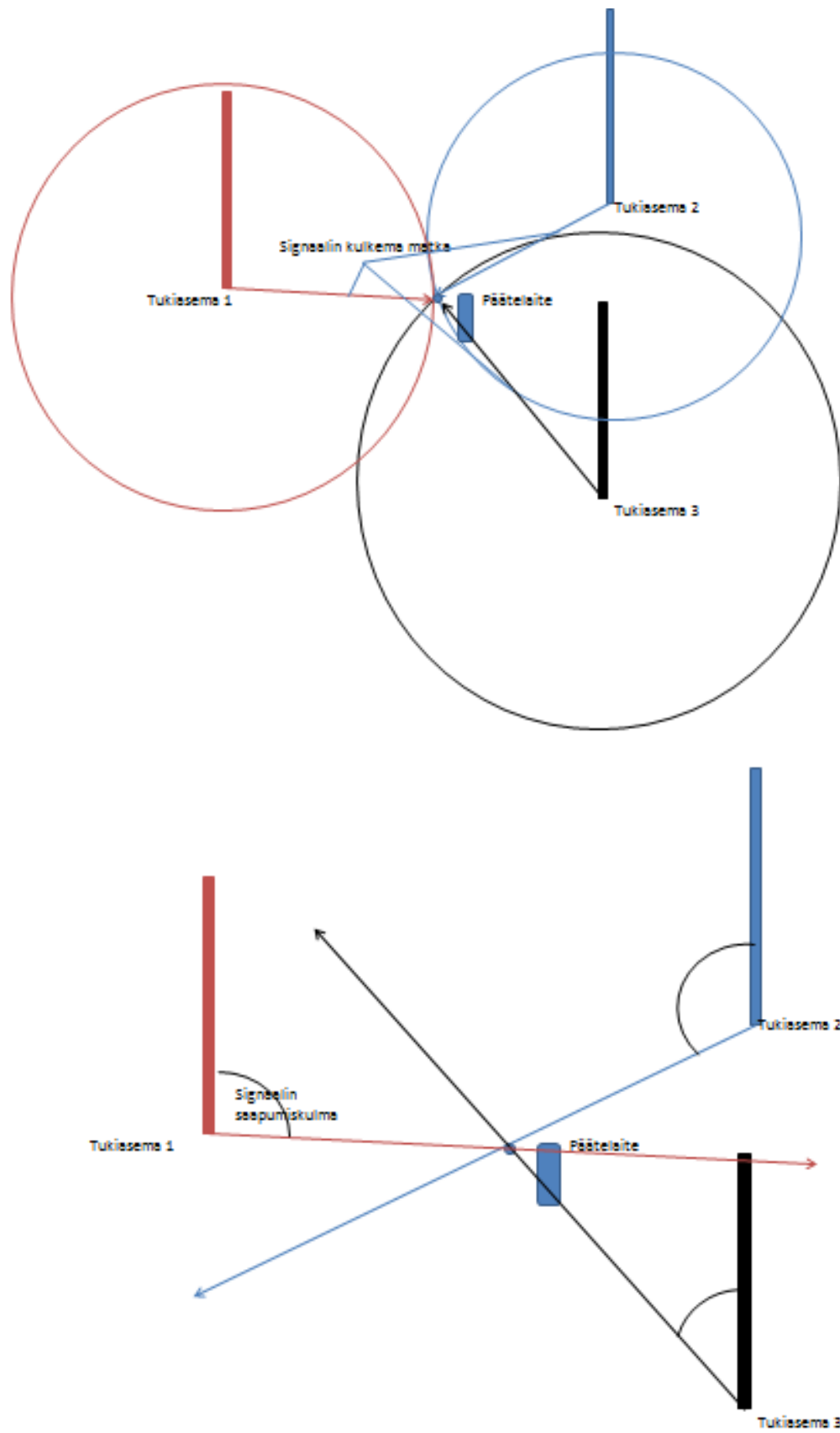
GPS-navigointiviestin alikehysten sisältö.

Subframe #	Page #	Name	Word #	Bits	Scale	Signed
1	all	Week Number	3	1-10	1:1	No
1	all	CA or P On L2	3	11,12	1:1	No
1	all	URA Index	3	13-16	1:1	No
1	all	SV_Health	3	17-22	1:1	No
1	all	IODC(MSB)	3	23,24	1:1	No
1	all	L2Pdata flag	4	1	1:1	No
1	all	ResW4	4	2-24	N/A	N/A
1	all	ResW5	5	1-24	N/A	N/A
1	all	ResW6	6	1-24	N/A	N/A
1	all	ResW7	7	1-16	N/A	N/A
1	all	TGD	7	17-24	2 [^] -31	Yes
1	all	IODC (LSB)	8	1-8	1:1	No
1	all	TOC	8	9-24	2 [^] 4	No
1	all	AF2	9	1-8	2 [^] -55	Yes
1	all	AF1	9	9-24	2 [^] -43	Yes
1	all	AF0	10	1-22	2 [^] -31	Yes

Subframe #	Page #	Name	Word #	Bits	Scale	Signed
2	all	IODE	3	1-8	1:1	No
2	all	CRS	3	9-24	2 [^] -5	Yes
2	all	Delta N	4	1-16	2 [^] -43	Yes
2	all	M0 (MSB)	4	17-24	2 [^] -31	Yes
2	all	M0 (LSB)	5	1-24		
2	all	CUC	6	1-16	2 [^] -29	Yes
2	all	e (MSB)	6	17-24	2 [^] -33	No
2	all	e (LSB)	7	1-24		
2	all	CUS	8	1-16	2 [^] -29	Yes
2	all	root A (MSB)	8	17-24	2 [^] -19	No
2	all	root A (LSB)	9	1-24		
2	all	TOE	10	1-16	2 [^] 4	No
2	all	FitInt	10	17	1:1	No
2	all	AODO	10	18-22	900	No

Subframe #	Page #	Name	Word #	Bits	Scale	Signed
3	all	CIC	3	1-16	2 [^] -29	Yes
3	all	Omega 0 (MSB)	3	17-24	2 [^] -31	Yes
3	all	Omega 0 (LSB)	4	1-24		
3	all	CIS	5	1-16	2 [^] -29	Yes
3	all	i0 (MSB)	5	17-24	2 [^] -31	Yes
3	all	i0 (LSB)	6	1-24		
3	all	CRC	7	1-16	2 [^] -5	Yes
3	all	Omega (MSB)	7	17-24	2 [^] -31	Yes
3	all	Omega (LSB)	8	1-24		
3	all	Omega Dot	9	1-24	2 [^] -43	Yes
3	all	IODE	10	1-8	1:1	No
3	all	IDOT	10	9-22	2 [^] -43	Yes

Verkkoperusteinen paikannus



MapServerin testauksessa käytetty MAP-file

```
MAP
PROJECTION
    "proj=utm"
    "zone=35"
    "ellps=GRS80"
    "units=m"
    "no_defs"
END
NAME "sample"
STATUS ON
SIZE 600 400
EXTENT 356000.000 6738000.000 404000.000 6762000.000
#50199.4814 6582464.0358 761274.6247 7799839.8902 #Suomen alue!

IMAGECOLOR 255 255 255

CONFIG "MS_ERRORFILE" "/var/log/ms_error.log"
#
# Start of web interface definition
#
WEB
IMAGEPATH "/tmp/"
IMAGEURL "./tmp/"
TEMPLATE "/tmp/ol.html"
END
#
# Start of layer definitions
#
LAYER
    NAME "Finland"
    STATUS ON
    TYPE RASTER
    TILEINDEX "/home/jperttula/Finland.shp"
    TILEITEM "Finland"
END # LAYER

END # MAP
```