

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Tietotekniikka

Tietoliikennetekniikka

INSINÖÖRITYÖ

LANGATTOMAT TIETOLIIKENNERATKAISUT MCASTINGIN TARPEISIIN

**Työn tekijä: Pietari Sarjakivi
Työn valvoja: Yliopettaja Janne Salonen
Työn ohjaaja: Teknologiajohtaja Jari Reinikainen**

Työ hyväksytty: __. __. 2007

**Janne Salonen
Yliopettaja**



ALKULAUSE

Tämä insinööriö tehtiin mCasting Oy:lle. Kiitän mahdollisuudesta tehdä insinööriöni yritykselle. Tämän lisäksi kiitän ohjauksesta erityisesti teknologiajohtaja Jari Reinikaista. Kiitoksen ansaitsevat myös mCastingin kehityspäällikkö Robin Währn sekä Noval Networksin järjestelmäasiantuntija Teemu Salmensuu arvokkaasta työstä tämän insinööriöön eteen.

Helsingissä 18.11.2007

Pietari Sarjakivi

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Pietari Sarjakivi	
Työn nimi: Langattomat tietoliikenne ratkaisut mCastingin tarpeisiin	
Päivämäärä: 18.11.2007	Sivumäärä: 37 s. + 16 liitettä
Koulutusohjelma: Tietotekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Tietoliikennetekniikka
Työn valvoja: Yliopettaja Janne Salonen	
Työn ohjaaja: Teknologijahtaja Jari Reinikainen	
<p>Tämä insinöörityö tehtiin mCasting Oy:lle. Työn tavoitteena oli löytää mCastingin tarpeita parhaiten vastaava langaton tietoliikenne ratkaisu kuluttajahintaisilta markkinoilta ja verrata sitä tällä hetkellä käytössä olevaan GPRS-tekniikkaan.</p> <p>Langattomalta tekniikalta vaaditaan erityisesti helppoa asennettavuutta sekä varmatuotettavuutta pitkällä aikavälillä. Lisäarvoa tuovat hyvät tietoliikenteelliset ominaisuudet, kuten matalat vasteajat ja suuri läpäisykyky. Myös hinnalla on merkittävä osuus tutkimuksessa, sillä tarvittavien yhteyksien määrä tuotantoverkossa lasketaan lähitulevaisuudessa sadoissa kappaleissa.</p> <p>Tutkimukseen valittiin markkinoiden hinta-laatu-suhteeltaan parhaat langattomat tekniikat: @450, HSDPA (3G) ja WiMAX. Jokaista tekniikkaa edustamaan valittiin kuluttajahintainen päätelaite, jolle suoritettiin erilaisia testauksia. Testaukset jaoteltiin kolmeen eri ryhmään ja jokaiselle testille annettiin mCastingin tarpeen mukainen painokerroin.</p> <p>Tietoliikennetestaukset suoritettiin Noval Networksin NetEye-järjestelmällä, joka soveltuu erityisen hyvin verkon toiminnankartoitukseen ja palvelunlaadun mittaamiseen. Tietoliikenteeltä vaadittavat laatumääräet sovellettiin ITU-T:n standardeista ja Noval Networkin suositusarvoista mCastingin tarpeeseen.</p> <p>Asennettavuuden testaus suoritettiin viidessä eri maantieteellisessä sijainnissa eri puolilla Suomea. Näitä sijainteja edustivat Vantaa, Helsinki, Turku, Joensuu ja Rautalampi. Testauksen perusteella arvioitiin asennettavuuden mahdolliset ongelmatilanteet ja niiden todennäköisyys.</p> <p>Tekniikan käytön hinta laskettiin testauksessa käytettävistä kokoonpanoista. Tämän perusteella jokainen tekniikka sai pisteensä suhteessa parhaaseen.</p> <p>Suuria eroja ei tutkimuksen tekniikoilla ole tietoliikenneominaisuuksissa. 3G:n ylivoimaisuus toimivuudessa ratkaisi tutkimuksen lopputuloksen HSDPA:n eduksi. @450-laajakaistan ja WiMAX:n hinta on myös korkea suhteessa niiden saavuttamiin tuloksiin. WiMAX, joka osoittautui parhaaksi tietoliikenneominaisuuksiensa puolesta, oli kaikista vaikein asentaa, eikä se toiminut läheskään jokaisessa testiympäristössä.</p>	
Avainsanat: mCasting, 3G, HSDPA, @450, Flash-OFDM, WiMAX, kilpailutus, vertailu, Noval Networks, NetEye, GPRS, EDGE, langaton tietoliikenne ratkaisu.	



ABSTRACT

Name: Pietari Sarjakivi	
Title: Wireless telecommunication systems for mCasting's needs	
Date: 18.11.2007	Number of pages: 37 pages + 16 attachments
Department: Technics	Study Programme: Telecommunication
Instructor: Principal Lecturer Janne Salonen	
Supervisor: Technologymanager Jari Reinikainen	
<p>This study for bachelor of engineering was made for mCasting Oy. The goal was to find matching wireless telecommunication solution to mCasting's needs from customer markets and compare it to GPRS-systems used at the moment.</p> <p>Requirements from wireless solution are ease of installation and reliability in a long run. Additional value is brought by good telecommunicational properties like low response times and great throughput. Price has also a markable part in the study because number of needed connections will be counted in hundreds in the near future.</p> <p>Wireless technologies were chosen to the study in order of their price-quality-relation. Included are: @450, HSDPA (3G) and WiMAX. Terminal equipment was chosen for every technology and different tests were made to them. Tests were divided into three groups and weighting to every test was given to match mCasting's needs.</p> <p>Telecommunication tests were processed with NetEye-system developed by Noval Networks which lends specially to network's activity survey and measuring quality of service. Required quality standards of telecommunication were adapted from standards of ITU-T and recommendational values of Noval Networks to match mCasting's needs.</p> <p>Test for ease of installation were processed in five different location in different sides of Finland. These locations were Vantaa, Helsinki, Turku, Joensuu and Rautalampi. Possible problems and their probabilities were estimated from the results of testings.</p> <p>Price of using the technologies were calculated from the used line-ups in tests. Every technology was given their points which were proportionated to cheapest line-up.</p> <p>In the study there was no big differences in telecommunicational properties. The transcendent in the workability of 3G resolves the conclusion of the study in the favor of HSDPA. The price of @450-wideband and WiMAX is also high compared to their results. WiMAX which turned out to best in telecommunicational properties was most difficult to install and it didn't work in every test environment.</p>	
Keywords: mCasting, 3G, HSDPA, @450, Flash-OFDM, WiMAX, competitioning, comparison, Noval Networks, NetEye, GPRS, EDGE, wireless telecommunication system.	

SISÄLLYS

ALKULAUSE	2
INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
LYHENTEET & KÄSITTEET	7
1 JOHDANTO	1
2 MCASTING JA SEN VAATIMUKSET TIETOLIIKENNEYHTEYKSILLE	1
2.1 mCasting yrityksenä.....	1
2.2 mCastingin käyttämän tekniikan kuvaus.....	2
2.3 Langattoman teknologian vaatimus.....	3
2.4 Langattomien yhteyksien valintakriteerit.....	5
3 LANGATTOMAT TEKNIIKAT	6
3.1 Nykyinen tekniikka: GPRS, lempinimeltään 2,5G.....	6
3.2 Haastaja 1: Flash-OFDM, eli @450.....	6
3.2.1 Yleiskatsaus @450-järjestelmään.....	6
3.2.2 @450-laajakaistan teoria.....	8
3.2.3 Käytännön kokemus asennuksesta.....	8
3.3 Haastaja 2: 3G:n uusin versio, HSDPA (lempinimeltään 3,5G).....	9
3.3.1 HSPA ja HSDPA yleisesti.....	9
3.3.2 HSDPA:n teoria.....	9
3.3.3 Käytännön kokemus asennuksesta.....	10
3.4 Haastaja 3: WiMAX.....	11
3.4.1 Yleiskatsaus WiMAX:iin.....	11
3.4.2 WiMAX:in teoria.....	12
3.4.3 Käytännön kokemus asennuksesta.....	13
4 TUTKIMUKSEN SISÄLTÄMÄT TESTIT	14
4.1 Yleiskatsaus tutkimuksen testeihin.....	14
4.2 Testiympäristön kuvaus.....	15
4.3 Tietoliikenneominaisuuksille tehtävät testaukset.....	18
4.3.1 Testi 1: Siirtotien laadun testaus UDP-protokollalla (UDP route quality).....	19
4.3.2 Testi 2: Linjan läpäisykyvyn mittaaminen TCP-protokollalla (Throughput).....	21
4.3.3 Testi 3: Yhteyden toiminta heikolla radiosignaalilla.....	22
4.3.4 Testi 4: Tekniikan luotettavuus.....	22
4.4 Asennettavuuden testaaminen ja arvionti.....	23
4.5 Kokoonpanon hinnoittelu.....	23

5 TESTIEN TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI	24
5.1 Tietoliikennetestit	25
5.2 Asennettavuuden arviointi	29
5.3 Haastajatekniikoiden hintavertailu	31
6 TUTKIMUKSEN LOPPUTULOS	33
6.1 Tekniikoiden tulokset	33
6.2 Nykyisen tekniikan vertailu kisan voittajaan	34
6.3 Uuteen tekniikkaan siirtymisen kustannusarvio	35
6.3.1 <i>Suora siirtyminen uuteen tekniikkaan kaikissa kohteissa</i>	36
6.3.2 <i>Vaiheittainen siirtyminen uuteen tekniikkaan kaikissa kohteissa</i>	36
6.3.3 <i>Siirtymä uuteen tekniikkaan vanhan tekniikan luonnollisen poistumisen kautta</i>	37
LÄHTEET	38

LYHENTEET & KÄSITTEET

3GPP	3rd Generation Partnership Project; Yhteistyöorganisaatio, jossa ovat mukana seuraavat standardointijärjestöt: ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA ja TTC. Luo 3:n sukupolven matkapuhelinjärjestelmien teknisiä määrittelyjä.
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line; Kuperisessa puhelinlinjassa toimiva tiedonsiirtotekniikka, joka versiossa 2 mahdollistaa jopa 24 Mbps latausnopeuden. Perustuu yleiseen OFDM-modulointiin.
EDGE	Enhanced Data rates for Global Evolution; Lempinimellä 2,75G tunnettu GPRS:n kehitetty versio, joka mahdollistaa tällä hetkellä noin kolminkertaisen siirtonopeuden GPRS:ään verrattuna.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute; Riippumaton ja voittoa tavoittelematon eurooppalainen standardointijärjestö. Vahvasti mukana GSM-standardien kehityksessä.
Flash-OFDM	Fast Low-latency Access with Seamless Handoff, Orthogonal Frequency Division Multiplexing; OFDM-modulointiin perustuva mobiili tiedonsiirtotekniikka, jota käytetään Digita @450-laajakaistassa.
GHz	Giga Hertz; Taajuuden yksikkö, joka kertoo värähtelyjen määrän sekunttia kohden. Sama kuin 10^9 Hz.
GPRS	General Packet Radio Service; GSM-verkossa toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtotekniikka, jota käytetään lähinnä mobiilissa tiedonsiirrossa.
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access; UMTS:n seuraaja, joka mahdollistaa jopa 14,4 Mbps latausnopeudet mobiiliverkossa.
IDU	In Door Unit; Nimitys, jota käyttämämme WiMAX:n päätelaitteen valmistaja käyttää radioyksiköstään.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers; Voittoa tavoittelematon kansainvälinen tekniikan alan järjestö, johon kuuluu 370 000 jäsentä ympäri maailmaa.
IP	Internet Protocol; Verkkotason protokolla, jonka päällä toimii siirtotason protokollat, kuten TCP ja UDP. Käytännössä koko internet toimii IP-protokollaa hyödyntäen.
ITU-T	International Telecommunication Union; Kansainvälinen televiestintäverkkoja ja -palveluita koordinoiva järjestö, joka on YK:n alainen.
kbps	Kilobit per second; Yksikkö, jolla mitataan tiedonsiirtonopeutta; 1024 kbps on yksi Mbps.
LED	Light-Emitting Diode eli hohtodiodi on puolijohdekomponentti, joka johtaa lähes monokromaattista valoa. Vähän sähköä kuluttava komponentti, jota käytetään merkkivaloina, videotauluissa, sekä hehkulampun korvikkeena.

Linux-kernel	Linux käyttöjärjestelmän alin taso, ”ydin”, joka sisältää kaikki käyttöjärjestelmän perusominaisuudet, kuten tuen eri komponenteille.
MAC-osoite	Media Access Control -osoite; Verkkolaitteen uniikki fyysinen osoite, jota ei pitäisi pystyä muuttamaan. Data-tason tiedonsiirrossa käytetään pelkästään MAC-osoitteita.
Mbps	Megabit per second; Yksikkö, jolla mitataan tiedonsiirtonopeutta. Yksi Mbps on 1024 kbps.
mHost	mCastingin palvelukeskuksessa sijaitseva julkaisujärjestelmä. Tiedotteen tekijät kirjautuvat mHostiin selainohjelmallaan ja hallitsevat sieltä käsin kaikkia kohteitaan.
MHz	Mega Hertz; Taajuuden yksikkö, joka kertoo värähtelyjen määrän sekunttia kohden. Sama kuin 10^6 Hz.
mServer	Jokaiseen antenniverkkoon asennettava Paikallispalvelin, joka muodostaa antenniverkkoon uuden TV-kanavan, Asukas-TV:n; mServer kommunikoi langattomasti palvelukeskukseen IP-verkon yli käyttäen OpenVPN-tunnelointia.
Neteye	Noval Networksin kehittämä verkonvalvontajärjestelmä. Valvoo verkosta muun muassa vasteaikoja, palveluita, portteja, IP-osoitteita, verkkosivujen sisältöä ja muita vastaavia palvelunlaatuun liittyviä tekijöitä.
NetEye Probe	NetEye-järjestelmän suorittamissa testeissä käytettävä etäpääte, jolle mittauksia tehdään.
ODFM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing; Nykyaikainen modulointitekniikka, joka käyttää tiedonsiirtoon lukuisia eri taajuuskanavia, niiden häiritsemättä toisiaan.
ODU	Out Door Unit; Nimitys, jota käytämme WiMAX:in päätelaitteen valmistaja käyttää antenniyksiköstään.
OpenVPN	Avoimen lähdekoodin tunnelointiprotokolla, jolla voidaan kytkeä jonkin muun verkon kone osaksi sisäverkkoa. Osaa pakata siirrettävän tiedon ja toimii myös verkko-osoitteen käännöksestä huolimatta UDP-protokollan portissa 1194.
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association, eli PC Card. Lähinnä kannettavien tietokoneiden laajennuskorttipaikan tyyppi.
PDA	Personal Digital Assistant eli kämmentietokone; Taskussa kulkeva tietokone, jota käytetään muistiinpanojen merkkäamisessä. Mikäli kämmentietokoneessa on internet-yhteys, voidaan sillä lukea sähköpostit, selata verkkosivuja tai lähettää Asukas-TV:een tiedotteita.
SMA-liitin	Koaksiaalikaapelin liitin, joka kehitettiin 1960-luvulla; Käytetään laajalti radiotaajuuskaapeliin liittämiseen, nykypäivän kuluttajatasoisessa langattomassa tiedonsiirrossa.
Tampuuri	Agenteq Solutionsin kehittämä kiinteistötietojen hallintajärjestelmä, jossa on mahdollista säilöä kaikki kiinteistöön liittyvät tiedot. Tampuurista käsin tiedot voidaan levittää eri jakelukanaville, kuten Asukas-TV:hen.

TCP	Transmission Control Protocol; Luotettava siirtotason protokolla, jota käyttää tietoverkkojen yleisimmät palvelut, kuten verkkosivut ja sähköposti.
TDMA	Time Division Multiple Access eli aikajakoinen kanavointi; Kanavan varaustekniikka, jota käytetään muun muassa GSM-tekniikassa.
UDP	User Datagram Protocol; Epäluotettava siirtotason protokolla, jota käytetään reaaliaikaisen multimedian siirrossa ja tiedostonjako sovellutuksissa.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System; 3G:n virallinen tekniikka, joka mahdollistaa 384 kbps siirtonopeuden.
USB	Universal Serial Bus; Sarjaväylä, jolla voidaan kytkeä tietokoneeseen erilaisia lisälaitteita lamputta ulkoiseen kovalevyyn ja äänikorttiin. USB2.0 mahdollistaa 480 Mbps siirtonopeuden.
VoIP	Voice over IP; Digitaalinen tapa siirtää puhetta pakettikytkentäisissä verkoissa. Vaatii verkolta hyvän palvelunlaadun toimiakseen.
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access; UMTS-verkon radiorajapinta, jolla määritellään muun muassa modulaatio.
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access; OFDM-modulaatioon pohjautuva järeä tiedonsiirtotekniikka, joka toimii 3,5 GHz:n taajuudella. Hyvän suorituskykynsä ansiosta pystyy korvaamaan kiinteän fyysisen linjan.
WLAN	Wireless Local Area Network; Langaton lähiverkko on IEEE:n standardi 802.11. Muutamia satoja metrejä kantava nopea tiedonsiirtotekniikka, joka on yleistynyt valtavasti.

1 JOHDANTO

Tämä insinööriyö käsittelee langattomia tietoliikenneyhteyksiä maamme johtavan Asukas- ja Remontti-TV-toimittajan, mCastingin tarpeiden kannalta. Tarpeet poikkeavat keskivertoyrityksen tarpeista lähinnä laitteistojen haastavien asennusolosuhteiden ja suurien laitemäärien puolesta.

Kasvavan tietomäärän ja multimedian mukanaan tuomat raskaat tiedostot pakottavat mCastingin kasvattamaan siirtokapasiteettiaan palvelimille. Tässä insinööriyössä tartutaan nimenomaan tähän tarpeeseen ja pyritään löytämään paras mahdollinen ratkaisu mCastingin tarpeisiin.

Tietoliikenneyhteyksien päivitys on osa suurempaa kokonaisuutta, jossa tuotetaan seuraava versio koko asiakaspään mServer-paikallispalvelinlaitteistosta. Uuden version on tarkoitus olla tuotantovalmiina vuoden 2007 aikana.

Tutkimuksen kohteeksi on valittu kolme erilaista langatonta tekniikkaa, joista jokainen on laajalti levinnyt ympäri Suomea. Tärkeinä kriteereinä alkukarsinnassa on ollut helppo asennettavuus ja kuluttajatasoinen hinta.

Tämä insinööriyö etenee tarvemäärittelylähtöisesti, joka tarkoittaa sitä, että ensin kappaleessa 2 kuvataan yritys ja sen tarpeet. Tarpeiden jälkeen esitellään kappaleessa 3 tarkoitukseen soveltuvat langattomat vaihtoehdot ja kuvataan ensivaikutelmaa tekniikasta ja laitteistosta. Esittelyiden jälkeen kappaleessa 4 kuvataan suoritettavat testaukset ja niiden painokertoimet. Kappaleessa 5 esitellään ja analysoidaan saadut testien tulokset. Lopuksi kuudennessa kappaleessa verrataan voittajaa nykyiseen tekniikkaan ja esitetään laskelmia erilaisista tavoista siirtymälle.

2 MCASTING JA SEN VAATIMUKSET TIETOLIIKENNEYHTEYKSILLE

2.1 mCasting yrityksenä

mCasting Oy on vuonna 2001 perustettu suomalainen kiinteistöliiketoimintaa tukeva teknologiayritys. Yritys tuottaa taloyhtiökohtaisia televisiokanavia kuten Asukas-TV:tä, Remontti-TV:tä ja Seniori-TV:tä. Kaikkien näiden tuotteiden taustalla on pohjimmiltaan sama tekniikka, jota muokataan asiakkaan ja ympäristön tarpeiden mukaiseksi.

mCastingin menetelmän kehittäminen alkoi vuonna 1998 Jari Reinikaisen tarpeesta esittää kiinteistönvalvontajärjestelmän tietoja televisiossa. Tämän jälkeen järjestelmä laajeni tiedotteisiin ja viesteihin. Vuonna 2001 menetelmän ympärille perustettiin mCasting, joka hyvin nopeasti patentoi menetelmän. Tällä hetkellä menetelmällä on Suomen patentti, jonka lisäksi Euroopan ja Amerikan patentit jonottavat vuoroaan. /1/

Asiakkaina mCastingilla on lähinnä suuria ja keskisuuria vuokratyöyhtiöitä. Juuri he hyötyvät eniten keskitetystä ja sähköisestä asukastiedottamisesta, sillä tässä tiedotusmuodossa on yhtä nopeaa tiedottaa yhdelle taloyhtiölle kuin tuhannelle. mCastingin suurimpia asiakkaita ovat Kruunuasunnot, NCC, VVO, Sato, YIT ja Espoon kaupunki. Suuret asiakkaat ovat yleensä myös pieniä innovatiivisempia ja sitä varten valmiita investoimaan uuteen viestintätapaan, josta ei kovin monella ole vielä kokemuksia.

Yrityksessä on yhdeksän työntekijää, joista kaksi myyjää ja seitsemän teknistä henkilöä. Näiden lisäksi yrityksen hallituksessa on muutama toimintaan aktiivisesti vaikuttava henkilö. Yrityksen tunnetuimpana neuvonantajana toimii VVO:n entinen konsernijohtaja rakennusneuvos Ben Grass.

mCastingin omistaa emoyhtiö Noval Networks Oy (50 %) ja yksityiset sijoittajat. Noval Networks on muutenkin tärkeä mCastingin kannalta muun muassa yhteisen konesalin takia. mCasting käyttää Noval Networksin NetEye-valvontajärjestelmästä räätälöityä versiota palvelun laadun valvontaan ja todentamiseen. Myös osa tämän tutkimuksen mittauksista on toteutettu samalla järjestelmällä.

2.2 mCastingin käyttämän tekniikan kuvaus

Asukas-TV ja Remontti-TV ovat taloyhtiökohtaisia tiedotuskanavia, joiden päätelaitteina toimivat tavalliset analogisella tai digitaalisella virittimellä varustetut televisiot.

mCastingin Asukas-TV- ja Remontti-TV-kanava luodaan taloyhtiön antenniverkon alkupäässä antenniverkkokohtaisesti mServeriksi kutsutulla laitteella, joka asennetaan kiinteistön antennijakamoon. mServerissä informaatiosta muodostetaan televisiokuva, joka moduloidaan parhaalle mahdolliselle va-paalle kanavapaikalle.

mServer käyttää tietoliikenneyhteyksinä lähinnä GSM-verkon GPRS-yhteyksiä. Myös EDGE:ä on käytetty joissain tapauksissa. Mikäli kiinteistössä on käytettävissä tietoliikenneyhteys esimerkiksi talotekniikalle, voidaan tietoliikenneyhteydet toteuttaa näistä liittymistä. Valitettavan usein taloyhtiöissä ei kuitenkaan ole mitään käyttökelpoista valmista tietoliikenneyhteyttä. Vaikka tietoliikenneyhteydet olisikin, niihin pitäisi liittyä toisella puolella taloa, joka tarkoittaa käytännössä pitkiä kaapelointeja, jotka ovat kalliita. Käytettävissä langattomissa yhteyksissä on etuna yleensä helppo asennettavuus ja pienet aloituskustannukset. Samalla vältetään pitkän kaapeloinnin rakentamiselta päätelaiteen ja olemassaolevan yhteyden välille.

mServer muodostaa tunneloidun yhteyden julkaisujärjestelmään, jolla se liittää itsensä mCastingin jakeluverkkoon. Tätä tunneloitua yhteyttä pitkin se varmistaa määräajoin sisältönsä ajanmukaisuuden ja tarvittaessa lataa uusimmat ilmoitukset tai poistaa vanhentuneet.

Ilmoituksen luominen tapahtuu selainpohjoisesti mHost-julkaisujärjestelmästä. Tiedottaja ottaa mistä päin maailmaa tahansa yhteyden mCastingin julkaisujärjestelmään omalla tietokoneellaan tai vaikka PDA-laitteellaan ja pääsee sitä kautta tiedottamaan omiin kohteisiinsa.

mHost-julkaisujärjestelmän suurin etu on sen keskitetty muoto. Tiedottajan ei tarvitse tehdä ilmoitusta kuin kerran, ja se leviää järjestelmän kautta kaikkiin haluttuihin kohteisiin. Keskitetyn julkaisujärjestelmän etuna on myös helppo huollettavuus sekä päivitettävyyys.

Yksi vaihtoehto sisällöntuotantoon on käyttää kolmannen osapuolen julkaisujärjestelmiä, kuten Agenteqin Tampuuri-kiinteistö tietojärjestelmää. Tähän ja muihin tietojärjestelmiin mCastingin järjestelmät tarjoavat mahdollisimman avoimet rajapinnat. Avoimien rajapintojen avulla voidaan Asukas-TV-järjestelmä liittää erilaisiin kiinteistöjen tietojärjestelmiin, kiinteistön omiin www-sivuihin tai esimerkiksi leikkipaikan valvontakameran näkymään. Järjestelmään syötetään tietoa muista järjestelmistä automaattisesti.

2.3 Langattoman teknologian vaatimus

Tekniikan kuvauksessa esiteltiin lyhyesti jo langattomuuden etuja. Lähtökohteisesti syy on asennustekninen, mutta myös liittymänhallinnan helppoudella

on oma osuutensa. Langattomien tekniikoiden mobiiliutta ei tarvita sen perinteisessä merkityksessä, vaan syynä on

- helpot asennukset. Mikäli käytetään langattomia tekniikoita, ei erillistä kaapelointia tarvita mahdollisesti vaikeisiin asennusolosuhteisiin, kuten hissien konehuoneeseen tai ulkovaraston ulkoseinälle. Samalla vältetään ylimääräisiltä ennakkoselvityksiltä ja olemassaolevien verkkojen verkkovalvojen tai yhteyshenkilöiden etsimiseltä.
- mahdollisuus toimia vain yhden operaattorin kanssa. mCastingille on helpompaa toimia vain yhden operaattorin kanssa, joihin se luottaa ja jonka liittymät on todenneet toimiviksi. Tällöin ei tarvitse käyttää kallista aikaa uuden kumppanuussuhteen aloittamiseen ja uuden operaattorin palveluiden testaamiseen, vaan painopiste voidaan pitää myynnissä ja kehittämisessä. Liittymien keskittäminen yhteen operaattoriin on vielä jopa kannattavaa, sillä riittävän isolla massalla saa yleensä määrällenusta liittymistä ja palveluista.
- yhtenäiset laitekonfiguraatiot. Laitteistojen ohjelmistopäivitysten kannalta on tärkeää, että mCastingilla ei ole useita erilaisia kokoonpanoja, vaan kaikkiin käy samat ohjelmistoversiot. Tällä tavoin säästyy aikaa ohjelmistopäivitys paketteja tehdessä ja huolimattomuudesta johtuvat väärän ohjelmistoversion asentamisen riski pienenee. Väärä ohjelmistoversio voi kaataa koko järjestelmän. Myös vikakorjaustilanteessa on helpompaa, että laitteistoversioita ei ole useita. Erilaisten laitteistoversioiden määrä on suoraan verrannollisia erilaisten vaihtokomponenttien määrään, joita korjaaja joutuu kantamaan mukanaan.
- asennusmahdollisuus syrjäseuduilla. Langattomilla yhteyksillä todennäköisempää saada toteutettua tietoliikenneyhteys paikoissa haja-asutusalueilla, kuten esimerkiksi varuskunta-alueiden läheisyydessä. mCastingin tuottama Asukas-TV näkyy jokaisella varuskunta-alueen läheisyydellä sijaitsevalla asuinalueella.

Mobiiluden tärkein etu on liittymien hallittavuus. Liittymiä voidaan tilata valmiiksi hyllyyn, josta niitä avataan tarpeen mukaan eri puolille Suomea tehtäviin asennuksiin. Tämä tarkoittaa myös, että kaikki liittymät voivat olla samaa tyyppiä ja samanhintaisia, joka helpottaa esimerkiksi vikakorjauksia ja antaa paremmat mahdollisuudet kilpailuttaa eri palveluntarjoajia.

2.4 Langattomien yhteyksien valintakriteerit

Tekniikoiden vertailuissa pitää aina olla valintakriteerit, joiden mukaan tutkitavat tekniikat laitetaan paremmuusjärjestykseen. Ilman kunnollisia kriteerejä saattaa tuloksiin vaikuttaa liian paljon päätelaitteiden ja myyjien antama positiivinen vaikutelma teknisten faktojen sijaan.

Tässä tutkimuksessa käytettävät valintakriteerit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään ominaisuuksiensa perusteella. Jokainen pääryhmä koostuu pienemmistä kokonaisuuksista, jotka pisteytetään erikseen. Alla on esitelty pääryhmät ja niiden painokertoimet, jotka yhdessä muodostavat koko tutkimuksen tuloksen (100 %).

1. Tietoliikenneominaisuudet, jotka pitävät sisällään yhteyden teknisen laadun tietoliikenteen kannalta. Tähän osa-alueeseen kuuluvat seuraavat testaukset:
 - siirtotien laadun testaus UDP-protokollalla (UDP route quality)
 - TCP-tiedonsiirron nopeustestaus (TCP throughput)
 - yhteyden toimiminen heikolla signaalinlaadulla
 - yhteyden luotettavuus.Painoarvoa tietoliikenneominaisuuksilla on koko tutkimuksessa 35 %.
2. Asennettavuus, eli se kuinka nopeasti ja vaivattomasti asentaja pystyy asentamaan yhteyden kaiken muun asennuksen lomassa. Vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa tarvittavat lisätarvikkeet, asennukseen kuluvat aika, tarvittavat ympäristön muutokset, esi-asennuksen helppous ja signaalin kuuluvuus. Painoarvoa asennettavuudella on koko tutkimuksessa 40 %.
3. Hinta, eli paljonko liittymän avaaminen ja käyttäminen tulee maksamaan asiakkaalle. Myös päätelaitteiden ja asennuskulujen hinta otetaan huomioon tässä vaiheessa. Painoarvoa hinnalla on koko tutkimuksessa 25 %.

Kaikki testit ja niissä erityisesti arvostettavat asiat käsitellään tarkemmin testaukseen painottuvassa luvussa 4.

3 LANGATTOMAT TEKNIIKAT

3.1 Nykyinen tekniikka: GPRS, lempinimeltään 2,5G

Tätä tutkimusta tehdessä mCasting käytti pääosin Elisan tarjoamaa GPRS-yhteyttä langattomassa tiedonsiirrossaan. GPRS tulee sanoista General Packet Radio Service ja tarjoittaa GSM-verkossa toimivaa pakettikytkentäistä tiedonsiirtopalvelua, joka toimii Euroopassa 900 ja 1800 Mhz:in taajuusalueilla. Alunperin saksalaisten tarpeiden perusteella kehitetty pakettikytkentäinen tiedonsiirtoväylä mahdollistaa teoriassa jopa 80 kbps latausnopeuden. Tämän mobiiliin datasiirtoon tarkoitettun siirtotekniikan standardoi aikoinaan European Telecommunications Standards Institute (ETSI), mutta nykyään sen kehitystä ylläpitää 3rd Generation Partnership Project (3GPP). /2./

Suomessa tämä 2,5G:ksi kutsuttu tekniikka on otettu laajalti käyttöön vuonna 2001, jolloin jo kaikilla sen aikaisilla operaattoreilla oli tarjota oma GPRS:ä tukeva GSM-verkko. Nykyään nämä verkot ovat laajentuneet koko Suomen kattaviksi. /2./

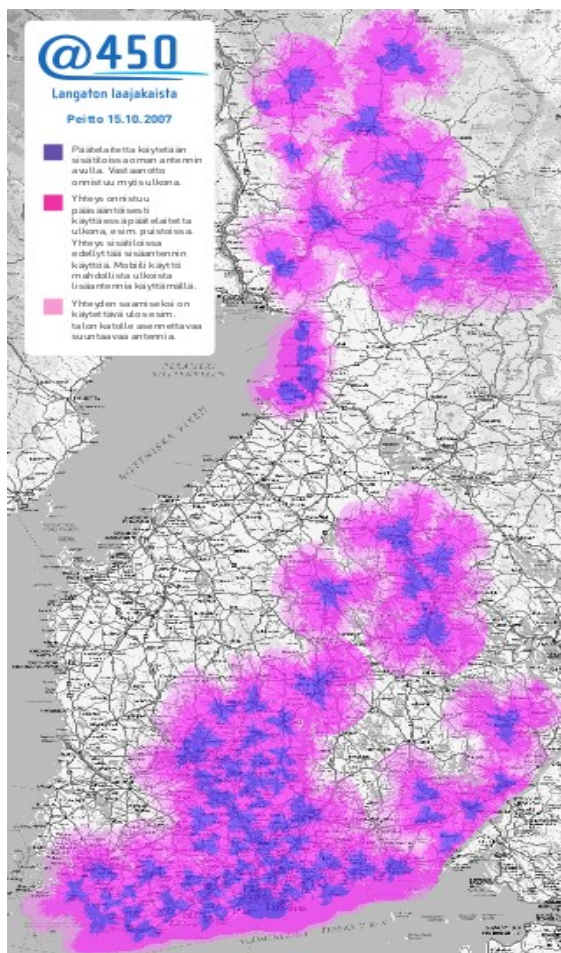
Datasiirto perustuu GSM-tekniikassakin käytettävään aikajakoiseen kanavointiin (Time Division Multiple Access, TDMA), jossa jokainen siirrettävä data tai puhepaketti saa oman aikavälinsä siirtotiestä. Näissä aikaväleissä voidaan siirtää tietty määrä dataa sekuntia kohden. GPRS:n eri versiot osaavat käyttää eri määrän aikavälejä siirtotien ruuhkaisuudesta riippuen. Mikäli siirtotielä on ruuhkaa, priorisoidaan puhe aina datasiirtoa korkeammalle, joten ylikuormitettuun tukiasemaan yhdistettynä GPRS-datayhteys ei saavuta maksimaalista siirtonopeuttaan. Erona GPRS-datalla on GSM-dataan sen kyky olla käyttämättä kaistaa, mikäli ei sitä tarvitse. Toisin sanoen se ei varaa aikavälejä turhaan. Tätä varten useat operaattori tarjosivat jo vuosia sitten GPRS-datasiirtoa kiinteällä kuukausihinnalla. /2./

3.2 Haastaja 1: Flash-OFDM, eli @450

3.2.1 Yleiskatsaus @450-järjestelmään

Valtioneuvosto myönsi Digitalle 22.6.2005 luvan vanhaan NMT:n erikoiskäyttöön tarkoitettuun 450 Mhz:in taajuuteen, josta moni oli kiinnostunut. Digita aloitti verkon rakentamisen kolmessa vaiheessa tavoitteenaan kattaa koko Suomi. Ensimmäinen vaihe sisältäen Helsinki-Turku-Tampere-akselin

ja ison osan Lappia, valmistui helmikuussa 2007. Seuraavat vaiheet valmistuvat noin vuoden välein siten, että toisessa vaiheessa koko Itä-Suomi tulee katetuksi ja kolmannessa vaiheessa loput Suomesta. Kuvasta 1 näkee peittoalueen tilanteen 15.10.2007 /3./



Kuva 1. @450-laajakaistan peittoalue 15.10.2007 /4/

Digitan rakentamaa Flash-OFDM-pohjaista verkkoa kutsutaan Suomessa @450-laajakaistaksi ja siihen tekniikan tuottaa Qualcomm (aiemmin Flarion). Operaattoreita verkossa on useita, joista Telia-Sonera ja Fujitsu-Siemens ovat tunnetuimmat. Jokainen operaattori vuokraa verkkoa Digitalta ja jälleenyttö sitä kuluttajille tai yrityksille. /4./

Flash-OFDM:n ensimmäisiä käyttäjämaita oli Slovakia, jossa paikallinen T-Mobile Slovakia toteutti 450 MHz:n taajuudella toimivan verkon vuonna 2005. Tämän jälkeen operaattoreita on noussut muihinkin maihin, esimerkiksi Tanskaan, jossa paikallinen Butler Networks testaa verkkoa 870 MHz:n taajuudella. /5./

@450-laajakaista on ensisijaisesti tarkoitettu tietoliikenneyhteydeksi haja-asutusseutujen asukkaille, mutta myös mobiiliuteen on panostettu. Esimerkiksi Helsingin kaupungin liikennelaitos (HKL) tarjoaa matkustajilleen muutamissa linja-autoissa WLAN-verkkoa, jonka yhteys ulkomaailmaan on toteutettu @450-laajakaistalla /6/.

3.2.2 @450-laajakaistan teoria

Matalalla 450 Mhz:n taajuudella on helppo rakentaa kattavia verkkoja, minkä takia @450-laajakaista soveltuu haja-asutusalueille. Matalilla taajuuksilla ilmakehän vaimennus on pienempi kuin korkeilla taajuuksilla. Myös käytettävä lähetysteho voi olla suurempi.

Alunperin Flarionin kehittämä Fast Low-latency Access with Seamless Hand-off, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Flash-OFDM) -tekniikka mahdollistaa 450 MHz:n taajuudella teoriassa 2,7 Mbps lataus- ja 780 kbps lähetysnopeuden, mutta käytäntö on osoittanut Digitan testauksissa latauksen maksimaalisen nopeuden olevan 1 Mbps ja lähetysnopeuden 520 kbps:n luokkaa. Flash-OFDM perustuu OFDM-modulaatioon ja tarjoaa lyhyellä vasteajalla toteutetun pakettikytkentäisen dataverkon myös mobiiliin käyttöön. /7./

3.2.3 Käytännön kokemus asennuksesta

Ohjelmiston kannalta asennus on hyvin yksinkertainen. Qualcommin päätelaitteessa on sekä USB- että ethernet-liitännät. Laitteeseen on valmistajan mukaan USB-ajurit Linuxillekin, mutta tässä tapauksessa ethernet on parempi ratkaisu liitännän toteuttamiseen /8/.

Qualcomm Wireless Desktop Modem päätelaitteessa on edessä seitsemän LED-valoa, joista neljä kuvaa signaalin laatua. Tämä helpottaa asennusta kenttäolosuhteissa. Kolme muuta ovat virtavalvo, ethernet-liitännän valo sekä USB-liitännän valo. Laitteeseen voi myös kytkeä akun, mutta siitä ei ole apua kiinteissä asennuksissa.

Radiosignaali on melko vaikea saada hyväksi. Sisätiloissa signaalin voimakkuus on toisen palkin kohdalla Helsingin keskustassa. Tarvittaessa laitteeseen voidaan kytkeä ulkoinen antenni vahvistamaan signaalia. Laite voidaan myös sijoittaa paikkaan, jossa 450 MHz taajuinen signaali kuuluu paremmin, koska ethernet-kaapelointia pitkin välimatka voi olla jopa 100 metriä.

3.3 Haastaja 2: 3G:n uusin versio, HSDPA (lempinimeltään 3,5G)

3.3.1 HSPA ja HSDPA yleisesti

Kolmannen sukupolven matkapuhelintekniikkaa, 3G:tä on lähdetty WCDMA- ja UMTS-standardien jälkeen kehittämään vielä eteenpäin. Tuloksena on saatu tekniikka nimeltä High Speed Packet Access (HSPA). Tätä tekniikkaa pidetään niin isona kehitysaskelena neljättä sukupolvea kohti, että sitä kutsutaan lempinimellä 3,5G. HSPA ei itsessään ole levinnyt Suomessa, mutta sen johdannaista High Speed Downlink Packet Accessia (HSDPA) on tarjolla laajalti. Toisin kuin HSPA, HSDPA:n painopiste on lähinnä latausnopeuden kasvattamisessa. Tämän takia juuri HSDPA on tässä tutkimuksessa valittu edustamaan 3G-tekniikoita. /9./

Matkapuhelintekniikan standardointiorganisaatio 3GPP määritteli 5. julkaisussaan vuonna 2003 ominaisuudet High Speed Downlink Packet Access -tekniikalle, joka mahdollistaa nopean datasiirron tukiasemalta päätelaitteeseen päin mobiiliverkossa /10/. Nykyinen versio tekniikasta mahdollistaa jopa 14,4 Mbps latausnopeuden, vaikkakin todellisuudessa suomalaisten operaattorien mahdollistamat nopeudet ovat vain neljäsosa tästä, eli 3,6 Mbps. Kaikki suomalaiset operaattorit ovat alkaneet tarjota tänä vuonna (2007) HSDPA-yhteyksiä, poikkeuksena Elisa Oyj, jolla oli jo vuonna 2006 tarjolla 1,8 Mbps nopeuksista yhteyttä ja nykyään 3,6 Mbps. /9./

Vahvuutena HSDPA-tekniikassa on sen alaspäin skaalautuvuus, eli mahdollisuus hyödyntää vanhemmalla UMTS- ja GSM-tekniikalla varustettuja tukiasemia niiden omilla nopeuksillaan, jos HSDPA-tukiasemia ei ole saatavilla. Tämä laajentaa aluetta, jolla HSDPA-tekniikalla varustetut päätelaitteet saavat edes jonkilaisen datayhteyden luotua.

3.3.2 HSDPA:n teoria

Tekniikassa on kolme edistysaskelta verrattuna tavalliseen UMTS:in käyttämään WCDMA-tekniikkaan:

- Hybrid Automatic Repeat-request (HARQ) lisää tiedon kulun varmuutta. Tekniikassa lähetetään paketit uudestaan erilaisella koodauksella. Mikäli toinenkin paketti on rikki, voidaan alkuperäinen tieto saada ehjänä perille yhdistämällä kaksi erilailla koodattua pakettia.

- Fast Packet Scheduling -tekniikka tarkoittaa, että jokainen päätelaite tutkii downlink-kanavan signaalin laatua 2 ms välein. Tämän jälkeen kaikkien kesken jaettu radiokanava jaetaan siten, että parhaan signaalin laadun omaava saa eniten downlink-kaistaa.
- Adaptive Modulation and Coding on tekniikka, jossa modulaatio muuttuu sekä datanopeuden että signaalin laadun mukaan käyttäjäkohtaisesti. Taulokossa 1 näkyvät kaikki käytettävät modulaatiot ja kanavien lukumäärät sekä niihin assosioidut siirtonopeudet. /9./

Taulukko 1. Adaptive Modulation and Coding -tekniikan valintataulukko /9/

Kategoria	Kanavien lkm	Modulaatio	Max. siirtokapasiteetti / Mbps
1	5	QPSK ja 16-QAM	1.2
2	5	QPSK ja 16-QAM	1.2
3	5	QPSK ja 16-QAM	1.8
4	5	QPSK ja 16-QAM	1.8
5	5	QPSK ja 16-QAM	3.6
6	5	QPSK ja 16-QAM	3.6
7	10	QPSK ja 16-QAM	7.3
8	10	QPSK ja 16-QAM	7.3
9	15	QPSK ja 16-QAM	10.2
10	15	QPSK ja 16-QAM	14.4
11	5	vain QPSK	0.9
12	5	vain QPSK	1.8

HSDPA käyttää samoja taajuuksia UMTS:n kanssa. Nämä taajuudet ovat tukiaseman suuntaan 1885 - 2025 MHz ja 2110 - 2200MHz päätelaitteen suuntaan. /9./

3.3.3 Käytännön kokemus asennuksesta

Internetin hakukoneilla löytyi yksi ethernet-liitännäinen HSDPA:ta tukeva 3G-modeemi. Laitteen maahantuoja Microdata Finland Oy kuitenkin kertoi laitteen käyttävän samaa Sierran piirisarjaa kuin Zadako 3G+ -modeemi, johon on valmistajan sivuilla ajurit /11/. Tarkemman ominaisuuksien tutkiskelun jälkeen päädyttiin lopulta kyseiseen USB-liitännäiseen Zadako 3G+ -modeemiin edullisemman hinnan vuoksi.

Modeemi on rakennettu kännykän muotoisiin kuoriin, josta löytyy liitännät C-luokan pienelle USB:lle ja ulkoiselle virtalähteelle. Irrotettava antenni on kytketty SMA-liittimellä laitteeseen. Irrotettava antenni mahdollistaa asennuksen vaikeammassakin olosuhteissa, joskin parempaan lopputulokseen päästään kasvattamalla USB-johdon mittaa tarpeen mukaan.

Uusimmat Linux-kernelit tunnistavat modeemin heti kytkettäessä, joten valmistajan ajureita ei tarvitse asentaa erikseen. Piirisarjan valmistaja tukee Linuxin käyttäjiä hyvin ja tarjoaa hyvät dokumentaatiot ja kaikki tarvittavat ohjelmat. Tosin valmistajan sivuilta ladattavat yhdeydenottokomentosarjat eivät toimineet operaattoriasetusten muuttamisen jälkeen. Yhteydenottokomentosarjojen korjaamisen jälkeen kaikki toimi hyvin.

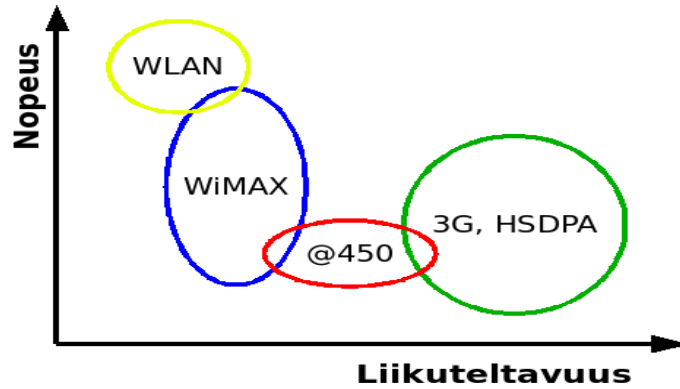
3.4 Haastaja 3: WiMAX

3.4.1 Yleiskatsaus WiMAX:iin

Worldwide Interoperability for Microwave Access, eli WiMAX on IEEE:n 802.16 standardiin perustuva tekniikka, jonka kehityksestä vastaa WiMAX forum, johon kuuluu suuria laitevalmistajia, kuten Ericsson, Motorola, Nokia ja Nortel Networks ja lähes 420 pienempää yritystä. Ensimmäinen standardi julkaistiin vuonna 2001, jonka jälkeen tekniikka on jatkanut kehittymistään. /12./

WiMAX-tekniikkaa tarjoaa raskaimman tiedonsiirtokapasiteetin tähän tutkimukseen. Sen teoreettinen maksimi on 75 Mbps tukiasemaa kohden, joten kapasiteettia ainakin riittää mCastingin tarkoituksiin. Suuren kapasiteettinsa ja pienen kulkuaikaviiveen ansiosta WiMAX:a tarjotaan yksityiskäytön lisäksi myös yritysten varayhteydeksi. Pääosin WiMAX on tarkoitettu haja-asutus-alueille, sillä sen teoreettinen kantama on optimaalisissa olosuhteissa lähes viisikymmentä kilometriä suoralla näköyhteydellä. Käytännössä kantama on kolmenkymmenen kilometrin luokkaa suoralla ja alle kahden kymmenen kilometrin luokkaa epäsuoralla näköyhteydellä, sillä WiMAX:n käyttämällä 3,5 GHz:n taajuudella alkavat sääolosuhteetkin vaikuttamaan noin pitkällä yhteysväliillä. /12./

Suuren, mutta solun kesken jaetun siirtokapasiteettinsa takia WiMAX:a on rinnastettu usein WLAN:iin. Kuva 2 selittää väitettä osoittamalla WiMAX:n olevan WLAN:n ja todellisten mobiilitekniikoiden välimuoto.



Kuva 2. WiMAX:in rinnastus mobiiliteknikoihin ja WLAN:iin

Suomessa ensimmäiset palveluntarjoajat ilmestyivät vuonna 2005, jonka jälkeen luku on kasvanut huomattavasti. Tällä hetkellä palveluntarjoajia on 15 kappaletta. Jokainen näistä on itsenäinen, mikä tarkoittaa asiakkaalle, että tämä ei voi liikkua operaattorien välillä hyödyntäen kaikkia useamman operaattorin tukiasemia. Operaattorit ovat yleensä aluekohtaisia, jonka takia testit päästiin suorittamaan vain pääkaupunkiseudun alueella. /12./

WiMAX:a käytetään muun muassa Yhdysvalloissa, jossa paikallinen teleoperaattori Sprint Nextel kasvattaa verkkoaan, joka tulee vuoteen 2010 mennessä kattamaan 125 miljoonan käyttäjän tarpeet. Myös Tokiossa, Japanissa, on ollut WiMAX-verkko käytössä vuodesta 2005 asti. /12./

3.4.2 WiMAX:in teoria

WiMAX tarjoaa huiman 75 Mbps kapasiteetin tukiasemaa kohden. Tämän kapasiteetin operaattori voi jakaa joko useamman asiakkaan kesken tai omistaa sen kokonaisuudessaan yhdelle päätelaitteelle. Käytännössä tällä kapasiteetilla saa 1 - 75 asiakasta sektoria kohden nykyisin tarjottavilla nopeusvaihtoehdoilla. /12./

Jokainen tukiasema toimii omalla taajuudellaan, joten samaan mastoon voidaan kiinnittää useita tukiasemia, niiden sotkematta toisiaan. Tällä tavoin saadaan kasvatettua alueen kapasiteettiä ja maksimoitua asiakkaiden lukumäärä.

Alunperin IEEE:n 802.16 standardi määritteli taajuusalueeksi 10 - 66 GHz, mutta näillä taajuuksilla kantomatka lyhenee, etenkin epäsuoralla näköyhtey-

dellä. 802.16 perustui OFDM-modulaatioon. Vuonna 2003 julkaistu 802.16a lisäsi 2 - 11 GHz:n taajuudet standardiin. Nykyään hallitsevan SOFDM (Scalable OFDM) pohjainen 802.16e standardin taajuusalue on 2 - 6 GHz ja se osaa valita dynaamisesti käytettävän modulaatiotekniikan. Vaihtoehtoisia tekniikoita ovat:

- 64 Quadrature amplitude modulation (64 QAM).
- 16 Quadrature amplitude modulation (16 QAM).
- Quadrature phase-shift keying (QPSK). /12./

Taulukossa 2 on esitetty modulaation vaikutus kanavan kaistanleveyteen. Mitä lähempänä tukiasemaa ollaan, sitä kehittyneempää modulaatiota voidaan käyttää ja samalla saavutetaan parempi modulaatio-koodaus-suhde.

Taulukko 2. Kaistanleveyden vaikutus modulaatioon /12/

Kanavan kaistanleveys	Modulointi-koodaus-suhde						
	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16QAM 1/2	16QAM 3/4	64QAM 1/2	64QAM 2/3	64QAM 3/4
1.25 MHz	1.04	1.56	2.08	3.12	3.12	4.16	4.68
1.75 MHz	1.45	2.18	2.91	4.36	4.36	5.82	6.55
3.50 MHz	2.91	4.36	5.82	8.73	8.73	11.64	13.09
5.00 MHz	4.16	6.23	8.32	12.47	12.47	16.62	18.70
7.00 MHz	5.82	8.73	11.64	17.45	17.45	23.27	26.18
10.00 MHz	8.31	12.47	16.62	24.94	24.94	33.25	37.40
20.00 MHz	16.62	24.94	33.25	49.87	49.87	65.49	74.81

<-- Kauempana tukiasemasta Lähempänä tukiasemaa -->

Käytettävät taajuudet jakautuvat maantieteellisen sijainnin mukaan siten, että Yhdysvalloissa käytetään 2,5 ja 5,8 GHz:n taajuuksia, kun taas Euroopassa käytetään 3,5 GHz:n taajuutta. /12./

3.4.3 Käytännön kokemus asennuksesta

WiMAX-laitteisto kantaa ehdottomasti testin vaikeimmin asennettavan tekniikan titteliä. Se vaatii suoran näköyhteyden radioyksikön ja tukiaseman välille, mikäli välimatka on yli 10 km. Ullanlinnassa ei yhteyttä saatu toimaan ollenkaan, vaikka matka tukiasemalle on reilusti alle maksimin. Myös mCastingin toimistolla oli ongelmia asennuksen suhteen, sillä WiMAX-tukiasemat ovat suuntaavia ja päätelaitteen tulee valita oikea, noin 3,5 GHz:n taajuus, jota tukiasemakeskuksen kyseiseen suuntaan osoittava

antenni käyttää. Päätelaitte pitää myös rekisteröidä tukiasemalle käyttämään oikeita taajuuksia. Yhteyden tarjoaja, Suomicom, oli tehnyt aloituskonfiguraatioissaan virheen ja liittänyt mCastingin päätelaitteen väärään tukiasemaan.

Kun yhteys tukiaseman ja Alcatelin valmistaman päätelaitteen välille saatiin, ei enää palvelimen liittäminen Alcatelin Ethernet-liityntään ja sen kautta yhteyden muodostaminen tuottanut mitään ongelmia.

4 TUTKIMUKSEN SISÄLTÄMÄT TESTIT

4.1 Yleiskatsaus tutkimuksen testeihin

Palveluntasovaatimukset ja niiden ohjeelliset mittaus- ja soveltamistavat on määriteltä ITU-T standardeissa Y.1540/Y.1541 /13/. Kaikkia mittaustapoja ITU-T ei ole vielä lyönyt lukkoon, eli niiden mittaustavat voivat tulla muuttumaan tutkimus- ja kehitystyön edetessä.

Täysin tilastoihin perustuvaa arviointia on vaikea toteuttaa kaikissa tutkimuksen osissa, sillä kaikkia testattavia elementtejä ei voida mitata riittävän kattavasti matemaattisesti. Tämä tarkoittaa, että joissain testeissä on ihminen arvioimassa testattavan tekniikan suoriutumista. Tämä luo riskin epäteoreettisille pisteytyksille. Virhemarginaalia pienentää testin erikoistuminen mCasting Oy:n tarpeisiin, sillä näin tarvelähtöisessä testaamisessa voidaan helposti rajata ulos epäoleelliset tekijät ja keskittyä vain mCasting Oy:tä kiinnostaviin tekijöihin.

Taulukko 3. Tutkimuksen maksimipisteet ja testien painokertoimet

Langattomat tietoliikennetkaisu mCasting Oy:n tarkoituksiin				
Testi	Maksimipisteet	@450	3G	WiMAX
Siirtotien laatu	10			
Linjan läpäisykyky	15			
Heikon signaalin toimivuus	5			
Tekniikan luotettavuus	5			
Asennukseen kuluva aika	15			
Tarvittavat ympäristönmuutokset	15			
Lisätarvikkeiden hinta	5			
Esiasennus	5			
Päätelaitteiden hinta	5			
Aloituskustannukset	5			
Kuukausikustannukset	10			
Asennuskustannukset	5			
YHTEENSÄ:	100			

Taulokosta 3 näkee tutkimuksen testien painokertoimet yhteenvetona. Jokainen testi on eritelty tarkemmin muissa tämän kappaleen alaluvuissa.

4.2 Testiympäristön kuvaus

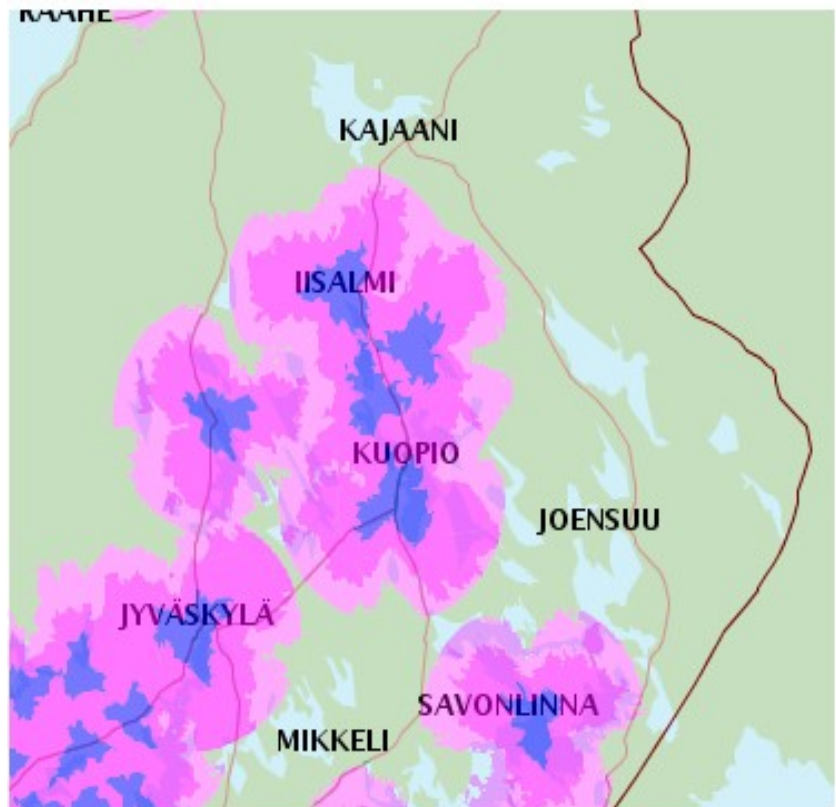
Erilaisia testausympäristöjä pyrittiin saamaan tutkimukseen mahdollisimman monta, kuitenkin niin, että ne voisivat olla todellisia asennuskohteita mCastingin järjestelmille. Testauskohteet on valittu sattumanvaraisesti. Yhteyksien toimivuutta alueella ei ole tarkistettu ennen testausta.

Kaikkiaan testit tehtiin viidessä eri sijainnissa:

1. mCastingin toimistolla Businesspark Plazassa, Vantaan Äyritiellä. Olosuhteet ovat kaikin puolin hyvät, joskin valtavat toimisto- ja liiketilat ympärillä saattavat vaikuttaa signaalin laatuun:
 - @450-signaalin laatu on kiitettävä (4/4) kahdeksankerroksisen talon ylimmäisessä kerroksessa. Alimmassa kerroksessa yhteys ei toimi ollenkaan.
 - 3G-signaalin laatu on kiitettävä joka puolella taloa. HSDPA-nopeuksia tuetaan alueella.
 - WiMAX kuuluu vain yhdellä Businessparkin kolmen talon katoisella, vaikka näkyvyys Pasilan radiotornin tukiasemalle on hyvä.
2. Helsingin keskustassa, Ullanlinnassa. Ullanlinnassa esimerkiksi GSM-verkko on kovalla koetuksella ruuhka-aikoihin. Myös suuret talot sekä sokkeloiset kadut vaikuttavat signaalin kuuluvuuteen:
 - @450-signaalin laatu pomppii välttävän ja tyydyttävän välillä (1-2/4) kuusikerroksisen talon toisessa kerroksessa.
 - 3G-signaalin laatu kiitettävä lähes joka puolella taloa. Tosin muutamassa nurkassa on niin sanottu ”kuollut piste”, jossa yhteys laskee GSM: kaksitaajuustason EDGE-siirtonopeuksiin. HDSPA-nopeuksia tuetaan alueella.
 - WiMAX-yhtettä ei pystytty muodostamaan kohteessa, vaikka toisen kerroksen huoneistossa on ikkuna tukiasemaan päin. Suoraa näköyhteyttä ei ole noin kolmen kilometrin päässä sijaitsevaan Pasilan radiotorniin.

3. Turun keskustan, Suomen viidenneksi suurimman kaupungin langattomat yhteydet ovat hyvällä mallilla:
 - @450-signaalin laatu vaihtelee välttävän ja tyydyttävän välillä (1-2/4) kuusikerroksisen talon neljännessä kerroksessa.
 - 3G-signaalin laatu kiitettävä joka puolella taloa. HSDPA-nopeuksia tuetaan alueella.
 - WiMAX-yhtettä ei päästy testaamaan, sillä tekniikalla ei ole vielä yhtään valtakunnan laajuista operaattoria. Testissämme ollut WiMAX-yhteys toimii vain pääkaupunkiseudun alueella.

4. Joensuussa, Noljakan kaupunginosassa, kolmikerroksisen kerrostalon ylimmäisessä kerroksessa saatiin seuraavat tulokset:
 - @450-yhteys ei toimi ollenkaan Joensuun alueella. Kuva 3 osoittaa, kuinka verkko ei peitä Joensuun aluetta.



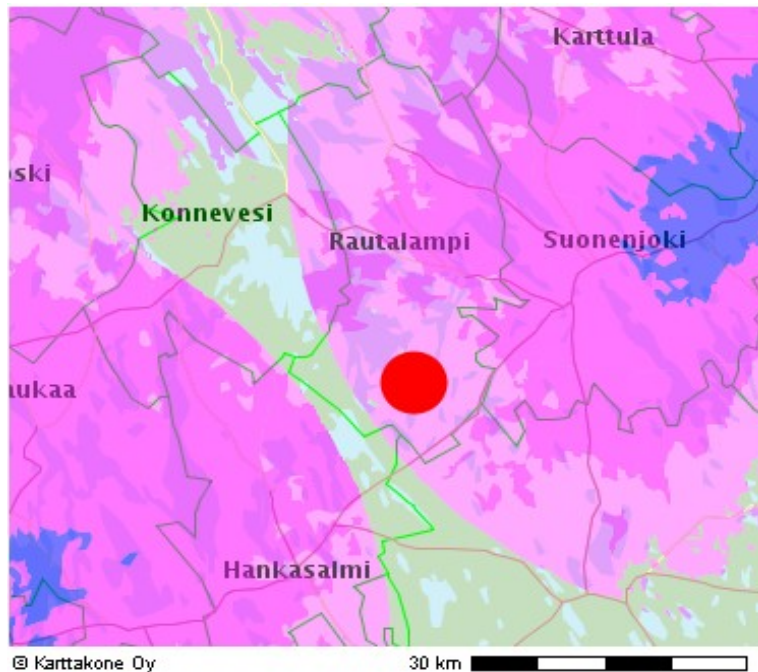
© Karttakone Oy

100 km

Kuva 3: @450-yhteyden toimivuus Joensuun alueella /4/

- 3G toimii alueella, mutta siitä ei saatu mittaustuloksia.

- WiMAX-yhtettä ei päästy testaamaan, sillä tekniikalla ei ole vielä yhtään valtakunnan laajuista operaattoria. Tutkimuksessa mukana ollut WiMAX-yhteys toimii vain pääkaupunkiseudun alueella.
5. Myhinpää, Rautalampi. Maantieteellisesti Itä- ja Keski-Suomen läänien rajoilla sijaitseva pieni 200 asukkaan kylä, joka on kallioisella ja mäkisellä maaperällä:
- @450-yhteys pitäisi Digitan antamien tietojen mukaan toimia Myhinpäässä. Testien mukaan signaali on niin heikko, että testilaitteisto ei pystynyt datayhteyttä muodostamaan alueella. Kuva 4 osoittaa, kuinka rajamailla yhteyden toimivuus on Myhinpäässä.



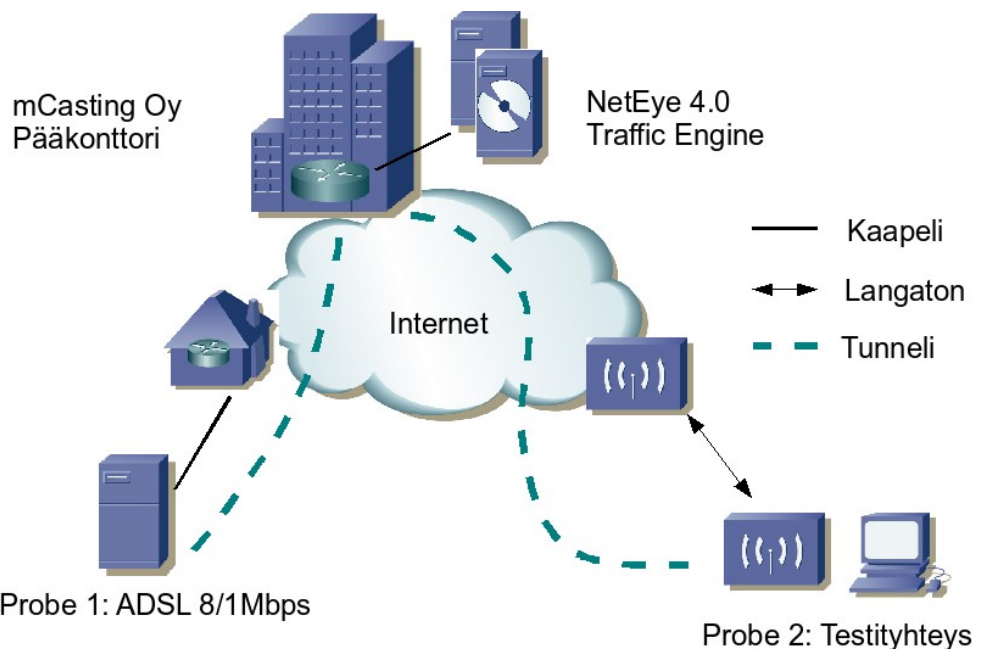
Kuva 4: @450-yhteyden toimivuus Myhinpäässä /4/

- 3G-yhteyttä ei alueella ole ollenkaan. Testilaitteisto onnistui muodostamaan kaksitaajuisen GSM-yhteyden, joka mahdollistaa EDGE-tasoisen siirtonopeuden.
- WiMAX-yhteys on ainut tapa saada laajakaistayhteys Myhinpäähän. Testiyhteys ei toimi ollenkaan kyseisellä alueella, mutta kohteeseen on asennettu täysin samalla laitteistolla rakennettu yhteys, jonka palveluntarjoajana on Netsor. Netsor on pieni paikallinen operaattori, joka tarjoaa lähikylille WiMAX-yhteyksiä.

4.3 Tietoliikenneominaisuuksille tehtävät testaukset

Tietoliikennetestaukset on toteutettu Noval Networksin NetEye-verkonvalvontajärjestelmän Traffic Engine -liitännäisellä, joka on tarkoitettu tietoliikenneverkkojen laadun testaamiseen.

Kuvassa 5 on esitetty, kuinka testaukset tehtiin mCastingin tuotantoverkon valvontaan erikoistuneella NetEye-serverillä siten, että mittaukset suoritettiin kahden eri NetEye Proben välillä. Käytössä olleet Probe-laitteet on muokattu tätä tutkimusta varten kevyiksi ja helposti liikulttaviksi asentamalla Probe-ohjelmisto kannettaviin tietokoneisiin, joissa pyörii Debian jakeluun perustuva Linux-ytiminen käyttöjärjestelmä. Testaus suoritettiin OpenVPN-tunnelin läpi, jotta tulokseksi saataisiin mahdollisimman tarkka kuva.



Kuva 5: Testausten kytkentä

Toinen probeista on asennettu kiinteästi Soneran tarjoamaan 8/1 Mbps ADSL-yhteyteen ja toisella ajetaan testejä eri maantieteellisissä sijainneissa testattaville yhteyksillä. Testien ajaksi molemmat linjat on tyhjennetty pohjaliikenteeltä ja kaikki ylimääräiset palvelut on poistettu käytöstä. Testattavien linjojen epäsymmetrisyyden takia ne ajetaan molempiin suuntiin Probe-laitteiden välillä. mCastingin tarpeiden kannalta lataussuunta (downlink) on tärkeämpi kuin lähetysuunta (uplink), sillä datavirta on pääosin palvelukeskuksesta mServereille päin. Tämän takia tutkimuksen testeissä painotetaan enemmän lataussuunnan suorituskykyyn.

Testien tarkkuuteen vaikuttaa yksittäisen testauksen kesto. Testiaikaa rajoittamalla saavutetaan mahdollisuus testata samaa tekniikkaa useammassa sijainnissa ja tätä kautta kartoittaa paremmin toimivuutta eri asennusolosuhteissa. Juuri tätä varten tämän tutkimuksen testiaika on rajoitettu yhteen tuntiin testiä kohden.

Tietoliikenneominaisuuksien painoarvo koko tutkimuksessa on 35 %.

4.3.1 Testi 1: Siirtotien laadun testaus UDP-protokollalla (UDP route quality)

UDP (User Datagram Protocol) -protokollan päällä tehtävää reitin laadun testausta käytetään laajalti esimerkiksi Voice over IP (VoIP) -valmiuksien kartoitusten yhteydessä. Testissä käytetään UDP-protokollaa, sillä se ei sisällä siirron aikana rikkoutuneiden pakettien uudelleenlähetysominaisuutta, kuten TCP-protokolla. Tulokseksi saadaan todellinen pakettihävikki ja maksimaalinen siirtonopeus.

Myös monet todelliset sovellukset käyttävät UDP-protokollaa. Syitä ”epäluotettavan” protokollan käyttöön on yleensä kolme:

- Luotettavuudelle ei ole tarvetta, kuten esimerkiksi reaaliaikaisia TV- ja äänilähetyksiä tehdessä. Ketään ei haittaa, vaikka kuvasta tai äänestä katoaisi osa sekunnin murto-osaksi.
- Tiedon uudelleenlähetys on toteutettu sovellustasolla, jolloin sitä ei tarvitse toteuttaa kahta kertaa.
- Suurimman mahdollisen siirtonopeuden tavoittelu. Koska UDP-paketteja ei lähetetä uudelleen OSI-mallin siirtotasolla (layer 4. Transport), saadaan maksimoitua siirettävän datan määrä.

Reitin laadunmittaus antaa hyvän yleiskuvan tietoliikenneyhteyden laadusta, ja juuri tätä varten reitin laaduntestaus on otettu mukaan tutkimukseen. mCasting ei tällä hetkellä hyödy korkealaatuisen linjan luomisesta mahdollisuuksista, sillä palvelimille ei vielä lähetetä reaaliaikaista materiaalia. Tulevaisuudessa asia on varmasti toisin.

Tunnin mittaisessa testissä lähetetään UDP-paketteja jatkuvalla syötöllä noin kerran sekunnissa (50/min). Pakettien kulkuajasta voidaan päätellä seuraavat merkittävät linjan laadulliset tekijät:

- Viive (IP packet transfer delay, IPTD), eli kuinka kauan 1500 tavun mittaisien pakettien yksisuuntainen siirto kestää lähteestä kohteeseen. Viipeeseen huomioidaan sekä ehjät että rikkiinäiset paketit. Palvelunlaatumäärittelyissä ei tarkkailla yksittäisten yhteyksien viipeitä, vaan tällöin lasketaan halutun mittaisen ajanjakson yksisuuntaisten viipeiden aritmeettinen keskiarvo. Pohjakuormaa saa viipeen mittauksen aikana olla enintään 50 % yhteyden nimellisarvosta. Testien mittalaite NetEye käyttää viipeestä nimeä kulkuaikaviive (Round Trip Time, RTT).
- Viipeen vaihtelu (IP delay variation, IPDV, jitter), eli kuinka paljon mitauspaketin viipeen arvo muuttuu mittauksen aikana. Mitä pienempi viipeen vaihtelu on, sitä tasalaatuisempi linja on. Tasalaatuisuus on tärkeää reaaliaikaisissa lähetyksissä, kuten esimerkiksi nettiradiokanavan kuuntelun ja TV-kuvan katselun kannalta.

Arvo lasketaan kaavalla 1:

$$IPDV = IPTD_{MAX} - IPTD_{MIN} \quad (1)$$

jossa $IPTD_{MAX}$ on IPTD:lle mitattu maksimiarvo riittävän lyhyellä aikavälillä ja $IPTD_{MIN}$ on IPTD:lle mitattu minimiarvo vastaavalla aikavälillä.

- Pakettihäviösuhde (IP packet Loss Ratio, IPLR), eli kuinka monta pakettia häviää matkalla suhteessa lähetettyihin paketteihin. Tämä arvo on todella oleellinen siirtonopeuden kannalta, sillä kadonneet paketit joudutaan lähettämään uudestaan, jotta datasiirto onnistuisi. Yleensä suuri pakettihävikki heijastelee huonosta siirtotiestä, mikä langattomissa siirtojärjestelmissä tarkoittaa heikkoa yhteyttä tukiaseman ja päätelaitteen välillä. Toisin sanottuna signaalin laatu on heikko.

Yhteyksien epäsymmetrisyyden takia on kaikki mittaukset suoritettava molempiin suuntiin. Vaikka molemmat mittaukset kuormittavat siirtotietä vain vähän pienen pakettikoon ansiosta, suoritetaan molemmat tunninmittaiset testaukset eri aikaan.

Kyseessä on vertailu, jonka tarkoituksena on löytää parhaiten mCastingin käyttöön sopiva yhteys. Tämän takia jokaiseen testiin on määritelty minimiar-

vo, joka jokaisen testattavan tekniikan pitää ylittää. Raja-arvon ylittäjistä paras saa täydet pisteet testistä ja muut saavat pisteensä suhteessa parhaaseen tulokseen. Raja-arvot on määritelty seuraaviksi:

- Kulkuaikaviive: 400 ms
- Viipeen vaihtelu: 100 ms
- Pakettihävikki: 2.0 %.

Painoarvo reitin laadun mittauksella on koko tutkimuksessa kannalta 10 %.

4.3.2 Testi 2: Linjan läpäisykyvyn mittaus TCP-protokollalla (Throughput)

Linjan läpäisykyky on mCastingin kannalta oleellisin tietoliikenneominaisuus tällä hetkellä. Suuri läpäisykyky mahdollistaa videomateriaalin nopeamman lataamisen palvelimelle, josta se lähetetään verkkoon.

Läpäisykykyä mitataan lähettämällä mahdollisimman monta TCP-pakettia tietyllä aikavälillä. Näiden pakettien lukumäärästä lasketaan siirtonopeus, jota voidaan verrata eri palveluluokille määriteltyihin raja-arvoihin. Läpäisykyvyn laskemisessa verrataan lähetetyn datan määrän suhdetta vastaanotto-päässä käytettyyn aikaan.

Palveluluokkiin vertaaminen ja sitä kautta teoreettisen maksiminopeuden saavuttaminen ei näissä testeissä ole pääasia, vaan testituloksia verrataan lähinnä keskenään siten, että paras saa täydet pisteet ja muut saavat sen prosenttiosuuden, jonka saavuttavat voittajan tulokseen verrattuna.

Yhteyksien epäsymmetrisyyden takia testejä pyöritetään tunnin ajan siten, että linjalla siirretään minuutin ajan dataa langattomasta verkosta kiinteään verkkoon päin, jonka jälkeen suunta vaihtuu minuutiksi ja niin edelleen.

Koska yhteydet on tyhjennetty pohjakuormasta testien ajaksi, ei erillistä pohjakuorman mittausta tarvitse tehdä. Jos pohjakuormaa olisi, tulisi se mitata yhdyskäytäväreitittimen interface-statistiikasta SNMP-kyselyillä. /14./

Painoarvoa linjan läpäisykyvyllä on koko tutkimuksessa yhteensä 15 %.

4.3.3 Testi 3: Yhteyden toiminta heikolla radiosignaalilla

Testissä vertaillaan reitinlaadun ja läpäisykyvyn eroavaisuuksia eri maantieteellisillä alueilla. Testit tehdään kaikissa viidessä erilaisessa olosuhteessa ja asennuspaikassa. Lähtöoletuksena on, että voittajaksi valittavan tietoliikenne-ratkaisun tulee toimia lähes joka paikassa. Arvosteluasteikko on jyrkkä toimimattomuuden osalta, sillä tutkimuksessa haetaan nimenomaan yhtä tiettyä ratkaisua jokaiseen tilanteeseen.

Painoarvoa tällä osuudella on koko tutkimuksessa yhteensä 5 %.

4.3.4 Testi 4: Tekniikan luotettavuus

Palveluntasolle on ITU-T:ssä tarkat laatumääritykset. Niiden mukaan käytettävyyttä mitataan kuukauden erissä ja tulokseksi saadaan käytettävyys T_{av} siten, että palvelun yhteenlaskettu alhaallaoloaika vähennetään ideaalisesta käytettävyysarvosta (100 %). Tälle arvolle asetetaan tietyt tavoitteet, joiden täytyessä voidaan todeta palvelun toimivan. Käytettävyys mitataan niin sanotusti päästä-päähän-tekniikalla eli verkon toiminnallisten osien yli. /13./

Merkittäviä eroja ei tietoliikenne-ratkaisujen välisissä luotettavuuksissa ole, sillä yhteyden luotettavuus riippuu ennenkaikkea operaattorista ja päätelaitteista, eikä suinkaan käytettävästä tekniikasta. Toisin sanottuna käytettävyyden testauksessa ei saataisi todellista kuvaa tekniikan toimivuudesta. Myöskään alle puolen vuoden testauksella tuskin saavutetaan eroja tekniikoille. Näin ollen luotettavuuden arvosanaan vaikuttavat seuraavat asiat:

- radiokanavan toimivuus
- operaattorit ja niiden tarjoamien verkkojen kattavuus
- päätelaitteiden valmistajat, niiden lukumäärä ja käytettävät piirisarjat
- tekniikan yleinen tukeminen maailmalla, eli kuinka pysyvä tekniikasta tulee vai onko kyseessä vain ohimenevä tekniikka.

Painoarvoa tekniikan luotettavuuden on koko tutkimuksessa yhteensä 5 %.

4.4 Asennettavuuden testaaminen ja arvionti

Asennettavuus tarkoittaa sitä, kuinka helposti asentaja pystyy asentamaan yhteyden toimintavalmiiksi. Mikäli yhteyttä ei saatu toimimaan jollain testatuista alueista, menettää tekniikka kyseisen alueen pisteet kokonaan. Arvio tehdään seuraavin perustein:

- Kuinka kauan asentajalla kesti yhdeyden toimintakuntoon saattaminen? Nopein asennus saa täydet pisteet ja muut saavat pisteensä suhteessa nopeimpaan asennukseen. Painoarvo koko tutkimuksessa 15 %.
- Tarvittavat ympäristön muutokset eli kuinka paljon asentaja joutuu esimerkiksi poraamaan reikiä seinään antennin läpivientiä varten, jotta signaali kuuluisi riittävällä tasolla tai täytyykö laitteelle asentaa erillinen kaappi sen ison koon takia. Painoarvo koko tutkimuksessa 15 %.
- Asennuksen lisätarvikkeiden hinta. Niiden asentamiseen ja noutamiseen kuluva aika on huomioitu ensimmäisessä kohdassa ja isommat hankinnat luetellaan jo asennusympäristön muutoksiin, joten painoarvo koko tutkimuksessa on vain 5 %.
- Esiasennuksen helppous eli kuinka iso työ täytyy toimistolla tehdä, jotta asentaja pystyy asentaman yhteyden muun järjestelmän lomassa todellisessa asennuskohteessa. Painoarvo koko tutkimuksessa on 5 %.

Arviot tehdään mahdollisuuksien mukaan jokaisessa viidessä testikohteessa ja niiden perusteella annetaan vain yhden pisteet testattavaa tekniikkaa kohden. Arvionti tapahtuu oman tuntuman mukaan, joten se ei välttämättä ole täysin tieteellisesti todistettavissa, joskin pisteytykset on hyvin perusteltu.

Painoarvoa asennettavuudella on koko tutkimuksessa yhteensä 40 %.

4.5 Kokoonpanon hinnoittelu

Raha on aina tärkeä tekijä, kun mietitään ratkaisua, jota tullaan asentamaan satoihin kohteisiin. Tutkimukseen on valittu vain kuluttajahintaisia langattomia yhteyksiä, joten suuria eroja ei hinnassa ole luvassa. Jokainen testikokoonpano saa arvion hinnastaan siten, että halvin kokoonpano saa täydet pisteet ja muut saavat pisteensä suhteessa halvimpaan. Arvioon vaikuttavat seuraavat tekijät:

- päätelaitteen hinta eli paljonko päätelaite maksaa kaupasta ostettuna. (painoarvo koko tutkimuksessa 5 %)
- aloituskustannukset eli paljonko operaattori veloittaa yhteyden avaamisesta. (painoarvo koko tutkimuksessa 5 %)
- kuukausimaksu eli paljonko käytöstä joudutaan maksamaan kuukautta kohden. (painoarvo koko tutkimuksessa 10 %)
- asennuksen kulut, joihin vaikuttaa muun muassa ulkopuolisen asentajan tarve ja aluekohtaisten konfiguraatioiden tarve. (painoarvo koko tutkimuksen kannalta 5 %).

Painoarvoa hinnalla on koko tutkimuksessa yhteensä 25 %.

5 TESTIEN TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

Tässä kappaleessa käsitellään testien tulokset tutkimuksen pääryhmissä pisteytyksen avulla. Testien maksimipiste-arvot on suhteutettu testien painoarvoihin kappaleiden 3 ja 4 mukaan siten, että tutkimuksen maksimipistemäärä on 100 pistettä. Sadan pisteen saavuttaminen ei kuitenkaan tarkoita tekniikan olevan täydellinen, vaan se kuvaa kyseisen tekniikan olevan ylivertainen muihin testattaviin verrattuna. Jokaisessa testissä on huomioitu kaikki viisi testattavaa maantieteellistä aluetta mahdollisuuksien mukaan.

Testaustaulukoissa käytetään kuvan 6 mukaista värikoodausta helpottamaan taulukonlukua. Vihreällä taustavärillä kuvataan testin parasta tulosta, joka voi parhaassa tapauksessa olla useammalla testattavalla tekniikalla. Mikäli testiä ei syystä tai toisesta voitu suorittaa, vaihdetaan taustaväri vaaleanpunaiseksi. Valkoisella pohjalla kuvataan suoritusta, joka tuo toisen tai kolmannen sijan. Mikäli testaustulos ei täytä annettua vaatimusta, pudotetaan kyseisen testin pisteet nolnaan ja tausta värjätään kirkkaan punaisella.

Värikoodit
voittaja
testiä ei voitu suorittaa
toinen tai kolmas
ei täytä vaatimuksia

Kuva 6. Tulostaulujen värikoodaukset

5.1 Tietoliikennetestit

Koko tutkimuksen sydän piilee tietoliikenneominaisuuksien parantamisessa. Tutkimuksen kaikki kolme kilpailijaa on valittu mukaan tietoliikenneominaisuuksiensa perusteella, ja jokainen niistä on parempi kuin nykyinen GPRS. Koska langattomien tekniikoiden keskuudessa on tehty alkukarsintaa nopeus-hinta-suhteen perusteella ja kaikki tekniikat ovat lähes tasavertaisia, on tietoliikenneominaisuuksilla painoarvoa koko testin kannalta vain 35 %. Täytyy myös muistaa, että tutkimuksessa ei haeta nopeinta tekniikkaa, vaan parasta tekniikkaa mCastingin tarkoituksiin.

Taulukko 4. Reitin laadun mittaustulokset

	Test Link	Round Trip Time (ms)		Packet Loss (%)		Jitter (ms)	
		Down	Up	Down	Up	Down	Up
		400 ms	400 ms	2 %	2 %	100 ms	100 ms
<i>Pienempi on parempi</i>							
Plaza, Vantaa	@450	120	120	2	2	40	30
	3G	350	350	1.5	1.5	90	70
	WiMAX	100	100	1	1	12	15
Ullanlinna, Helsinki	@450	150	150	0.7	0.5	50	40
	3G	150	150	7	8	10	15
	WiMAX	-	-	-	-	-	-
Yliopistonkatu, Turku	@450	160	170	0.4	0.5	90	12
	3G	155	140	6	6	9	12
	WiMAX	-	-	-	-	-	-
Noljakka, Joensuu	@450	-	-	-	-	-	-
	3G	x	x	x	x	x	x
	WiMAX	-	-	-	-	-	-
Myhinpää, Rautalampi	@450	-	-	-	-	-	-
	3G	x	x	x	x	x	x
	WiMAX	190	190	1.8	1.8	26	38

Taulokossa 4 nähdään reitin laadunmittauksen tulokset, joissa pienempi lukuarvo kuvasta parempaa tulosta. Tuloksissa on eroteltu eri maantieteellisillä alueilla tehdyt testit ja tulostaulussa esiintyvä x kuvaa toimivan tekniikan tuntematonta tulosta. Toimivuus on tietoliikenneominaisuuksien tärkein osa-alue ja sen pisteytys on sulautettu sekä reitin laadunmittaukseen että läpäisykyvyn mittauksen vaatimuksena. Toisin sanoen jos testattava tekniikka ei toimi jollain alueella, vähenee sen mahdollinen maksimipistemäärä 20 % aluetta kohden. Taulukossa 5 on esitetty tekniikoiden toimintaprosentit.

Taulukko 5. Tekniikoiden toimivuus tutkimuksessa

Tekniikka	Toimivuus	Prosentit
@450	3/5	60 %
3G	5/5	100 %
wimax	2/5	40 %

Taulukossa 6 on annettu taulukon 4 tuloksille pisteet. Tutkimuksen kokonaispisteissä on käytetty kunkin tekniikan testialuekohtaisten pisteiden keskiarvoa.

Taulukko 6. Aluekohtaiset pisteet taulukon xx tuloksille

	Test	Round Trip Time		Packet Loss		Jitter		YHTEENSÄ
		Down	Up	Down	Up	Down	Up	
	Link							
	MAX	3	1	2	1	2	1	10
Plaza, Vantaa	@450	2.5	0.83	1	0.5	0.6	0.5	5.93
	3G	0.86	0.29	1.33	0.67	0.27	0.21	3.62
	WiMAX	3	1	2	1	2	1	10
Ullanlinna, Helsinki	@450	3	1	2	1	0.4	0.38	7.78
	3G	3	1	0	0	2	1	7
	WiMAX	-	-	-	-	-	-	0
Yliopistonkatu, Turku	@450	2.91	0.82	2	1	0.2	1	7.93
	3G	3	1	0	0	2	1	7
	WiMAX	-	-	-	-	-	-	0
Noljakka, Joensuu	@450	-	-	-	-	-	-	0
	3G	3	1	2	1	2	1	10
	WiMAX	-	-	-	-	-	-	0
Myhinpää, Rautalampi	@450	-	-	-	-	-	-	0
	3G	1	0.33	0.67	0.33	0.67	0.33	3.33
	WiMAX	3	1	2	1	2	1	10

Oleellinen huomio taulukoissa 4 ja 6 on WiMAXin ylivertaisuus niillä testialueilla, jossa se toimi. Valitettavasti näitä alueita ei kuitenkaan ole kuin 40 % testatuista. Suurin syy WiMAX:n huonoon kattavuuteen on tekniikan uutuus Suomessa, joskin maanlaajuisen operaattorin puuttuminen on vielä hidasteena tekniikan leviämislle. WiMAX:illa on vahva tuki maailmalla, joten on mielenkiintoista nähdä, kuinka ison osan Suomen markkinoista se tulee valloittamaan lähitulevaisuudessa.

@450-tekniikan edustaja pärjäsi tasaisen hyvin reitin laadun testeissä, mutta myös sen ongelmaksi koitui heikko, 60 %:n toimintaprosentti testikohteissamme. Erityisesti pieni pakettihävikki ja kohtuullisen pieni viipeen vaihtelu erottuivat positiivisesti muiden langattomien tekniikoiden joukosta. Tämä tarkoittaa, että @450-yhteyttä voitaisiin käyttää erilaisiin reaaliaikaisiin lähetyksiin, kuten VoIP:iin ja videoneuvotteluihin.

Suurimpana esteenä @450-tekniikan leviämislle voi olla tekniikan kehittämisen rajoittuminen valmistajan harteille. Valmistajan kannalta tilanne on hyvä, mutta tehokäyttäjää Qualcommin monopoliasema ei miellytä. Ylipäätänään @450:n tuessa maailmalla on toivomisen varaa. Taulukossa 7 on kuvattu tekniikoiden luotettavuuden keräämät pistemäärät. Pistemääristä havaitaan

@450:n suurimpien epäluotettavuustekijöiden johtuvan juuri valmistajan monopoliasemasta ja sen tuomasta epävarmuudesta.

Taulukko 7. Tekniikan luotettavuuden arvioinnin pisteytys

Test	MAX	Tekniikan luotettavuus		
		@450	3G	WiMAX
Radiotien teoreettinen laatu	1	1	1	0
Valmistajien määrä ja laatu	1	0	1	1
Levinneisyys Suomessa	1	1	1	1
Kansainvälinen tuki	1	0	1	1
Tulevaisuuden varmuus	1	0	1	0
YHTEENSÄ	5	2	5	3

3G vakuuttaa toimintavarmuudellaan. Testimme 3G päätelaite muodosti jokaisessa testikohteessa datayhteyden saavuttaen näin 100 % toimivuuden. Osittain syy on laajalle levinneessä ja kattavassa tukiasemaverkossa ja osittain tekniikan taidossa skaalautua alkeellisimpiin versioihin, jotka ovat myös hitaamman datanopeudensa takia vikasietoisempia kuin uusin käytössä oleva HSDPA. Heikkoutena 3G:n datasiirrolla on datan alhainen prioriteetti suhteessa samassa verkossa liikkuvaan puheeseen. Tämä näkyy käytännössä pienempänä datanopeutena puheliikenteen ruuhka-aikoina alueilla, joissa tukiasemien kapasiteetti on vajaavainen. Myös pakettihävikki on paikoitellen todella suuri, joka tarkoittaa, että VoIP-sovellutukset eivät toimi luotettavasti 3G-yhteyden yli.

Syy 3G:n suureen pakettihävikkiin lienee Suomessa käytettävässä matalassa lähetystehossa. Matalan lähetystehon ansiosta tukiasemaverkko voi olla tiheämpi ja siten verkon siirtokapasiteettiä saadaan kasvatettua häiritsemättä muita tukiasemia. Myös datan matalampi prioriteetti suhteessa puheeseen aiheuttaa pakettihävikkiä. 3G:n käyttämä 2,1 GHz:n radiotaajuus kulkee suhteellisen hyvin seinien läpi ja kimpoilee talon sisällä, joskin @450:n matala 450 MHz radiotaajuus on parempi ulottumaan sisätiloihin ja muihin radiotien kannalta vaikeisiin sijainteihin. @450:n kuuluvuuden ongelmaksi muodostuu selkeästi heikompi tukiasemaverkko. WiMAX:n Suomessa käyttämällä 3,5 GHz:n taajuudella taas maaston esteet, kuten talot, puut ja kivet vaimentavat signaalia jo tuntuvammin. WiMAX:n tukiasemaverkot ovat yleensä rakennettu harvemmiksi ja niissä käytetään suurempaa lähetystehoa. Tämänlainen verkkorakenne on halvempi toteuttaa, mutta se lisää katvealueiden määrää maastossa, jossa on vahva profiili.

Taulukko 8. Läpäisykyvyn mittaustulokset

	Test	Throughput (kb/s)	
	Link	Down	Up
	MIN	400 ms	400 ms
Plaza, Vantaa	@450	400	280
	3G	280	250
	WiMAX	550	250
Ullanlinna, Helsinki	@450	300	180
	3G	400	380
	WiMAX	-	-
Yliopistonkatu, Turku	@450	650	400
	3G	270	360
	WiMAX	-	-
Noljakka, Joensuu	@450	-	-
	3G	x	x
	WiMAX	-	-
Myhinpää, Rautalampi	@450	-	-
	3G	x	x
	WiMAX	400	350

Taulukosta 8 nähdään läpäisykyvyn mittaustulokset testausalueittain jokaisen tekniikan osalta. Tässäkin mittauksessa WiMAX osoitti paremmuutensa kohteissa, jossa toimi. Yllättävin tulos saatiin 3G:n osalta, joka edullisesta hinnastaan ja suuresta pakettihävikistään huolimatta saavutti varsin kilpailukykyiset, jopa voitokkaat siirtonopeudet. Testi toteutetaan TCP-protokollan päällä eli jokainen testissä laskettu paketti on tullut ehjänä perille.

Taulukossa 9 on annettu taulukon 8 tuloksille pisteet. Tutkimuksen kokonaispisteissä on käytetty kunkin tekniikan testialuekohtaisten pisteiden keskiarvoa.

Taulukko 9. Aluekohtaiset pisteet taulukon xx+3 tuloksille

	Test	Throughput		YHTEENSÄ
	Link	Down	Up	
	MAX	10	5	
Plaza, Vantaa	@450	7.27	5	12.27
	3G	5.09	4.46	9.56
	WiMAX	10	4.46	14.46
Ullanlinna, Helsinki	@450	7.5	2.37	9.87
	3G	10	5	15
	WiMAX	-	-	0
Yliopistonkatu, Turku	@450	10	5	15
	3G	4.15	4.5	8.65
	WiMAX	-	-	0
Noljakka, Joensuu	@450	-	-	0
	3G	10	5	15
	WiMAX	-	-	0
Myhinpää, Rautalampi	@450	-	-	0
	3G	3.33	1.67	5
	WiMAX	10	5	15

Kaikki mittaustulokset taulukoihin 4 ja 8 on saatu keskiarvoistamalla liitteen 1 kuvista. Kuvat on saatu Noval NetEyesta raporttina testeistä 1 ja 2.

5.2 Asennettavuuden arviointi

Asennettavuus on tärkeä osa testiä ja sen osoitukseksi painoarvoksi on asetettu 40 % koko tutkimuksen maksimipistemäärästä. Vaikea asennettavuus lisää asennuskustannuksia ja nostaa samalla tuotteen hintaa asiakkaalle, joka taas voi vaikuttaa tuotteen myyntiin.

@450-yhteys on esiasennuksen näkökulmasta todella helppo. Kaikki tarvittavat kaapelit löytyvät pakkauksesta ja yhteys alkaa toimimaan, kun ne ovat kytketty kiinni. Laitteen ulkokuoreen on integroitu neljä LED-valoa kuvaamaan signaalin laatua. Jos edes yksi valo palaa, yhteys toimii hyvin. Tämä tarkoittaa, että käytännössä toimistolla tehtävässä esiasennuksessa ei asentajan tarvitse tehdä muuta kuin testata yhteyden toimivuus, sillä aluekohtaisia muutoksia ei laitteistolle tarvitse tehdä. Asennuskohteessa ei tarvita mitään ylimääräisiä lisälaitteita, mikäli yhteys on riittävän laadukas. Jos radiotien signaalinlaatu ei ole riittävä, tarvitaan vahvempi antenni, joka asennetaan kaapelilla suoraan laitteen oman antennin tilalle. Antennikaapeli on suhteellisen helppo tarvittaessa kuljettaa pitkiäkin matkoja. Itse laite tarvitsee erillisen sähkönsyötön, joka vaikeuttaa asennusta, jos signaalin laatu on todella heikko ja tietoliikennelaite täytyy asentaa jonnekin muualle kuin muu mServer-laitteisto.

Vielä keskeneräisen peittoalueen takia @450-yhteyden asennuksessa saattaa kulua aikaa riittävän signaalin etsimiseen ja antennin siirtämiseen. Esimerkkinä mCastingin toimisto, Plaza Business Parkissa Vantaalla, jossa kahdeksankerroksisen talon alimmassa kerroksessa ei yhteys toimi edes tyydyttävällä tasolla. Toivottavasti Digita laajentaa kuuluvuusalueitaan, sillä 450 MHz:n signaalilla on kaikki radiotekniset edellytykset tuottaa helposti asennettavia järjestelmiä.

3G-päätelaitteet ovat yleensä joko USB- tai PCMCIA-väyläisiä, joka tarkoittaa sitä, että tietokone käsittelee niitä modeemina. Tämä taas tarkoittaa, että tietokoneelle pitää asentaa ajurit modeemille ja kirjoittaa yhdeydenottokomentosarjat, jolla kone osaa muodostaa yhteyden käyttäen tätä lisälaitetta. Valmistajakohtaiset komentosarjat eivät ole maantieteellisestä sijainnista riippuvaisia niin kauan, kun ollaan suomalaisten operaattorien alueella. Edellä mainitut esiasennustoimenpiteet voidaan tehdä sarjatuotannon näkökulmas-

ta ajateltuna kerran osaksi asennuspakettia, jonka jälkeen muutoksia ei enää vaadita. Vaikka yhteyden ohjelmallinen osuus voidaan tehdä valmiiksi, pitää esiasentajan silti asettaa SIM-kortti laitteeseen ja tehdä sille tarvittavat toimenpiteet. SIM-korttien käytössä on kaksi puolta: ne hidastavat esiasennusta vajaan minuutin yhteyttä kohti, mutta samalla ne mahdollistavat päätelaitteiden ja aktivoimattomien SIM-korttien varastoinnin ja sitä kautta nopeamman asennusaikataulun asiakkaan näkökulmasta. Myös yhteydessä mahdollisesti ilmeneviä vikoja on helpompi paikallistaa, kun liittymän toimivuutta voidaan todentaa eri päätelaitteella ja toisinpäin.

Asennuskohteessa 3G-tekniikalla on helppo saavuttaa yhteys. Radiotienä 2,1 GHz ei ole yhtä sopeutuva fyysisille esteille kuin 450 MHz, mutta selvästi pidemmälle kehittynyt tukiasemaverkosto helpottaa yhteyden muodostamista. Optimitilanteessa asentajan ei tarvitse kiinnittää erityistä huomiota 3G:n asennukseen, sillä päätelaite saadaan integroitua helposti mServerin asennuskaappiin. Myös lisätarvikkeita, kuten antennoja ja johtoja on paremmin saatavilla ja ne ovat edullisempia. Testattava päätelaite liitetään USB-väylään, josta se saa sähkönsyöttönsä. Tämä mahdollistaa itse päätelaitteen sijoittelun radiotien kannalta parempaan sijaintiin, käyttäen USB-kaapelia. Mikäli radiotien signaalinlaatu tukiasemaan on liian heikko 3G-yhteyden muodostamiseen tai tukiasema ei tue 3G-tekniikkaa, osaa päätelaite skaalata yhteystasoaan 3G:tä vanhempiin GSM-pohjaisiin tekniikoihin, kuten EDGE:een tai GPRS:ään. Tämän takia datayhteys saavutetaan jonkinlaisella tasolla missä tahansa päin Suomea.

WiMAX:n ottaminen mukaan tutkimukseen oli tietoinen valinta, vaikka vaikea asennettavuus ja maanlaajuisen operaattorin puute oli tiedossa. Tämän osion tulokset olivat jo arvattavissa ennen testien tekemistä.

WiMAX-yhteyttä tilattaessa pitää tietää kohteen tarkka sijainti ja alueen WiMAX-palveluita tarjoava operaattori, joka mCastingin tapauksessa tarkoittaisi useita eri yhteistyökumppaneita ja laskuja. Esiasennuksessa operaattorin myymälle päätelaitteelle syötetään tukiaseman oikeaan suuntaan osoittavan sektorin käyttämä taajuus ja muut operaattorikohtaiset asetukset. Tietojen syöttö tapahtuu laitteen web-käyttöliittymästä. Itse asennuksessa ilmenee vasta todelliset ongelmat. Vaikka tekniikan pitäisi olla lyhyellä matkalla niin sanottu NLOS eli suoraa näkyvyyttä ei tukiasemalle pitäisi tarvita, ei mikään kuitenkaan toiminut. Vasta suora näköyhteys talon katolta mahdollisti datayhteyden muodostamisen. Pahimmassa tapauksessa tämä saattaa tar-

koittaa pitkää asennusmastoa ja kymmeniä metrejä kaapelia. Onneksi ODU kytketään IDU:un tavallisella ethernet-kaapelilla, joten kaapelivedoille ei tule suuria materiaalikustannuksia, toisin kuin ODU:n maston pystytyksestä.

Taulukossa 10 on kuvattu tekniikoiden asennustestissä ansaitsemat pistemäärät. @450 ja 3G osoittautuivat teknisesti lähes yhtä helpoiksi asentaa. Valitettavasti samaa ei voi sanoa WiMAX:sta, jonka tämän hetken suurin hyötyarvo näyttää olevan yritysten varalinjana vaikean ja aikaa vievän asennuksen ja tasaisen hyvän suorituskyvyn ansiosta.

Taulukko 10. Asennettavuuden pisteytys

Test	PISTEET MAX	Ansaitut pisteet		
		@450	3G	WiMAX
Asennukseen kuluva aika	15	13	15	5
Tarvittavat ympäristömuutokset	15	13	14	5
Lisätarvikkeiden hinta	5	4	4	1
Esiasennus	5	5	3	1
YHTEENSÄ	40	35	36	12

5.3 Haastajatekniikoiden hintavertailu

Vertailtavat tekniikat on valittu tutkimukseen teoreettisen hinta-nopeus-suhteensa perusteella. Tämän takia euromääräinen ero ei ole suuri vertailtavien tekniikoiden hintojen välillä.

Digitan ylläpitämän @450-laajakaistan kuukausihinta vaihtelee hieman palveluntarjoajasta riippuen noin 40 euron molemmin puolin. Kaikki palveluntarjoajat käyttävät Digitan tarjoamaan jakeluverkkoa, joten alueellisia hintaeroja ei ole ja kaikki laitteet voidaan tilata aina yhdeltä ja samalta palveluntarjoajalta. Päätelaitteen hinta on samaa edullista, alle 300 euron, luokkaa 3G-päätelaitteen kanssa ja laitteen mukana tulevat ethernet-kaapelista lähtien kaikki asennukseen tarvittavat komponentit. Mikäli signaalin laatu on heikko, tarvitaan erillinen ulko-antenni ja kaapeli antennille. Tämän paketin hinta vaihtelee antennin laadusta ja kaapelin pituudesta riippuen 34 ja noin 85 euron välillä. Kohtalaisen suuri, 39 euron aloitusmaksu ihmetyttää, kun sen suhteuttaa työhön, joka palveluntarjoajan tarvitsee tehdä laitteen MAC-osoitteen rekisteröinnissä verkkoon.

@450 jää tämänhetken hinnoittelultaan selkeästi jälkeen laajalle levinneelle 3G-tekniikalle. Osittain korkeaa hintaa voidaan puolustella vauhdilla kasva-

van peittoalueen kulujen kattamisella. Myös Qualcommin monopoliasemalla tekniikan valmistajana on varmasti tekemistä korkeampaan hintaan.

3G:n kuukausihinta on selkeästi muita edullisempi. Lähinnä kuluttajakäyttöön tarkoitettut älypuhelimien kiinteät datamaksut ovat edullisia ja kilpailukykyisiä jopa langallisille tietoliikennetekniikoille, kuten ADSL:lle ja kaapelinetille 15 euron kuukausihinnallaan. Kuukausimaksuja painaa alaspäin vielä hintakilpailu teleoperaattorien välillä, joka on johtanut siihen, että jokaisella operaattorilla on tarjolla suurinpiirtein samanhintainen yhteys. Tämän takia hinnat tulevat todennäköisesti pysymään matalana. Eikä kahdeksan euron aloitusmaksukaan päätä huimaa.

Päätelaitteita 3G-yhteyksiin on useita erilaisia ja erinopeuksisia. Hinta vaihtelee noin 100 euron PCMCIA-korteista 400 euron reitittimiin. Käyttöjärjestelmien tuki eri päätelaitteille on hyvä, joten valmistajaa voidaan tarvittaessa vaihtaa toiseen saman hintaiseen. Testattu päätelaite ei tarvinnut mitään lisävarusteita asennukseen, vaan kaikki tarvittava tuli laitteen mukana. Tarvittaessa laite voidaan asentaa parempaan sijaintiin USB-kaapelin tai pidemmän antennijohdon avulla. Lisävarusteita on hyvin saatavilla, ja ne maksavat viidestä eurosta eteenpäin.

WiMAX on tutkimuksen kallein tietoliikenneyhteys, niin 40 euron kuukausihinnan kuin kaikkien muidenkin maksujen osalta. Kuukausimaksun suuruutta selittää suurempi 1 Mbps:n yhteysnopeus, joka on hitain, mitä palveluntarjoajat tarjoavat. Suurempi siirtonopeus ei vain valitettavasti näy juurikaan mittaustuloksissa.

50 euron aloitusmaksu tuntuu suurelta, kun se suhteutetaan palveluntarjoajan tekemään työhön laitteen verkkoon rekisteröimisessä. Kun tähän lisätään 450 euron hintainen päätelaite, jota ei voi ostaa juuri muualta kuin palveluntarjoajalta, tuntuu hinta suorastaan ryöstöltä. Tähän 500 euroon ei saa mukaan edes tolppaa, jonka päähän WiMAX:n radioyksikkö, ODU tulee asentaa, joten kustannukset nousevat myös sen myötä lähes kohtuuttomiksi suhteessa yhteyden laatuun.

Taulokossa 11 on tiivistetysti kuvattu tekniikoiden tämänhetkinen hinnoittelu Suomessa. Taulokosta voidaan havaita, kuinka 3G on kaikista edullisin sekä aloituskustannuksien että kuukausihinnan osalta. Toiseksi edullisin on @450, jonka edullisuus kaatuu korkeisiin kuukausikuluihin. WiMAX jäi viimeiseksi kaikilla asiakasystävällisen hinnoittelun osa-alueilla.

Taulukko 11. Hinnoittelu vertailtavissa tekniikoissa

hinta / PISTEET		Hinta			Ansaitut pisteet		
Test	MAX	@450	3G	WiMAX	@450	3G	WiMAX
Päätelaitteen hinta	5	278	267.18	449	4.81	5	2.98
Aloituskustannukset	5	39	7.89	49	1.01	5	0.81
Kuukausimaksu	10	38	14.9	39	3.92	10	3.82
Asennuskulut	5	0	0	100	5	5	1
YHTEENSÄ	25	355	289.97	637	14.74	25	8.6

6 TUTKIMUKSEN LOPPUTULOS

Tässä kappaleessa vedetään yhteen testien tulokset ja käsitellään lopputulosta eri näkökulmista. Myös erilaisia siirtymätapoja testin voittaneeseen tekniikkaan tullaan käsittelemään.

6.1 Tekniikoiden tulokset

Tutkimuksen lopputuloksen pystyi arvaamaan jo peittoaluekarttaa katsoessa. 3G:n ja sen aiempien versioiden yhteenlaskettu peitto on Suomessa ylivoimainen verrattuna mihin tahansa kuluttajahintaiseen langattomaan siirtojärjestelmään. Kun tähän lisätään hyvä linjan siirtokapasiteetti ja helppo asennettavuus, ei voittajasta ole epäselvyyttä. Taulukossa 12 on esitelty yhteenvetona kaikkien testien pisteet sekä tutkimuksen kokonaispisteet jokaisen testattavan tekniikan osalta.

Taulukko 12. Tutkimuksen lopputulos esitettynä pisteillä

Langattomat tietoliikennetkaisu mCasting Oy:n tarkoituksiin				
Testi	Maksimipisteet	@450	3G	WiMAX
Siirtotien laatu	10	4.33	6.19	4
Linjan läpäisykyky	15	7.43	10.64	5.89
Heikon signaalin toimivuus	5	3	5	2
Tekniikan luotettavuus	5	2	5	3
Asennukseen kuluva aika	15	13	15	5
Tarvittavat ympäristönmuutokset	15	13	14	5
Lisätarvikkeiden hinta	5	4	4	1
Esiasennus	5	5	3	1
Päätelaitteiden hinta	5	4.81	5	2.98
Aloituskustannukset	5	1.01	5	0.81
Kuukausikustannukset	10	3.92	10	3.82
Asennuskustannukset	5	5	5	1
YHTEENSÄ:	100	66.49	87.83	35.49

Toiseksi sijoittunut @450 jäi 3G:lle merkittävästi tukiasemaverkon kattavuudessa. Myös tekniikan maailmanlaajuisen tuen puuttuminen herättää epäus-

kottavuutta. Selkeinä etuina on esiasennuksen helppous eikä siirtonopeudessaakaan moittimista ole.

Tutkimuksen nopein yhteys, WiMAX jäi kolmanneksi vaikean asennettavuutensa ja maanlaajuisen operaattorin puutteen takia. Tietoliikenneominaisuudet WiMAX:ssa ovat huippuluokkaiset langattomalle tekniikalle. Ne ovat jopa verrattavissa langallisiin tekniikoihin, kuten ADSL:ään. Myös laitteiston hinta ja kuukausimaksu laskevat pisteitä. Taulukossa 13 on esitetty tiivistetysti jokaisen tekniikan hyvät ja huonot puolet.

Taulukko 13. Tekniikoiden hyvät ja huonot puolet

Tekniikka	Hyvää (+)	Huonoa (-)
@450	Radiotie ja lähetysteho Pakettihäviösuhde Esiasennus	Hinta Peittoalue Valmistajan monopoliasema
3G	Hinta Peittoalue Asennuksen helppous Kansainvälinen standardi Siirtokapasiteetti-hinta-suhde	Pakettihäviösuhde
WiMAX	Reitinlaadulliset ominaisuudet Siirtonopeus Kansainvälinen standardi	Radiotie Ei maanlaajuisia operaattoreita Asennus Hinta

6.2 Nykyisen tekniikan vertailu kisan voittajaan

Vertailu 3G:n ja GPRS:n välillä on helppoa, sillä molemmat tekniikat käyttävät samaa radiotietä ja ovat vahvasti sidoksissa toisiinsa myös teknisestä näkökulmasta. Lyhyesti voitaisiin sanoa, että uudempi 3G toimii vähintäänkin yhtä hyvin kuin GPRS, sillä päätelaitteet pystyvät skaalautumaan alaspäin ja toimimaan GPRS-tasoisena tarvittaessa. Optimitilanteessa siirtonopeus on moninkertainen ja kulkuaikaviive on vain murto-osan GPRS:n kulkuaikaviiveestä.

Asennettavuuden merkittävin ero on päätelaitteiden välillä, sillä molemmat tekniikat hyödyntävät samoja tukiasemia, joskin kaikki tukiasemat eivät mahdollista HSDPA- tai edes UMTS-nopeuksia. Testissä ollut USB-väylään kytkettävä Zadakon 3G-päätelaite on selvästi yksinkertaisempi asentaa kuin mCastingilla käytössä oleva sarjaporttiliitännäinen Siemensin GPRS-mo-

deemi, jolla on ulkoinen virransyöttö. Molemmissa laitteissa voidaan käyttää samoja antennia, vaikka liityntään täytyy käyttää edullista adapteria.

Jopa hinta puoltaa 3G:hen siirtymistä, sillä teleoperaattorit eivät tarjoa enää GPRS-nopeuksisia datapaketteja, vaan edullisin paketti on 384 kbps, joka tarkoittaa UMTS:n maksiminopeutta. Näissä paketeissa hinta on sama, vaikka käyttäisi vain osan maksiminopeudesta.

Loppuyhteenvedon voidaan sanoa, että siirtyminen HSDPA-tekniikkaan alueilla, joissa tukiasema pystyy käsittelemään näitä nopeuksia, on kaikin puolin kannattavampaa kuin vanhassa GPRS-tekniikassa pysyttelemineen. Alueilla, joissa on vajaa 3G- tai EDGE-tuki, ei ole mitään syytä uusien päätelaitteita siirtonopeuden kasvun toivossa.

6.3 Uuteen tekniikkaan siirtymisen kustannusarvio

mCasting Oy:llä on 130 (11.11.2007) asennettua kohdetta joka puolella Suomea. Lähes jokainen näistä kohteista on kytketty Vantaalla sijaitsevaan palvelukeskukseen GPRS-yhteydellä. Tässä kappaleessa on esitetty laskelmia uuteen langattomaan tietoliikennetekniikkaan siirtymisen malleista. Koska olemassaoleva tietoliikenneyhteys on vielä jollain tapaa riittävä tähän hetkeen käyttöön, ei varsinaista kiirettä yhteydenvaihtoon ole.

3G- ja HSDPA-tekniikoiden pohjautuminen GSM-tekniikoihin helpottaa tekniikan vaihtamista uudempaan. Operaattori pysyy samana ja liittymät voidaan päivittää nopeampaa ilman erillisiä avaus- tai nopeuden nostomaksuja. Myös SIM-kortit säilyvät samana, mikä ei kuitenkaan poista fyysisen päivityksen tarvetta. Jokaiselle päivitettävälle kohteelle tulee tehdä seuraavat toimenpiteet:

- Liittymän nopeuden nostaminen. Tämä tehdään keskitetysti yhdellä sähköpostilla palveluntarjoajalle, joka nostaa kaikkien haluttujen yhteyksien nopeutta verkon puolelta. Tämä ei vaadi SIM-kortin vaihdosta.
- Linux-kernelin päivittäminen ja uusi yhteydenottokomentosarja. Käytännössä tämä toteutetaan uuden käyttöjärjestelmäkuvan päivityksellä. Samalla saadaan uusien ohjelmistoversio jokaiseen kohteeseen.
- Uusi päätelaite. Uudella päätelaitteella pystytään muodostamaan nopeampi yhteys. Uusi päätelaite on myös helpompi asentaa kuin vanha.

6.3.1 *Suora siirtyminen uuteen tekniikkaan kaikissa kohteissa*

Tässä vaihtoehdossa kaikki asennetut kohteet käydään asentamassa uudestaan tietoliikenteen osalta, riippumatta niiden maantieteellisestä sijainnista tai toimivuusasteesta. Tämänlaisella etenemisellä saavutetaan samanlaiset laitekonfiguraatiot kaikkiin kohteisiin. Samalla myös ohjelmaversiot saataisiin identtisiksi, mikä helpottaa tulevia pienempiä päivityksiä. Tarvittaessa saman kierroksen aikana voidaan suorittaa kuntotarkastus jokaiselle laitteelle ja suorittaa mahdolliset ennakoivat korjaustoimenpiteet.

Kaikki 130 modeemia maksaa yhteensä miltein 35 000 euroa arvonlisävero mukaan lukien. Tämän lisäksi kaikkien kohteiden läpikäynti edellyttää lähes 8000 km:n ajamista, sillä kohteet sijaitsevat ympäri Suomea, niin itä-länsi-akselilla kuin pohjois-etelä-akselillakin. Tälle ajomatkalle tulee hintaa 60 km keskinopeudella ajettuna noin 6700 euroa, kun arvioidaan asentajan tuntikorvauksen olevan yritykselle kaikkineen 25 euroa tunnilta. Tämän lisäksi asennuskierroksen valmisteluun menee tunti per kohde ja paikanpäällä tehtäviin muutostöihin toinen tunti. Koko 130 laitteen välitön päivitys tulee maksamaan hieman yli 50 000 euroa sisältäen päivärahat ja kevyet majoituskulut. Työ kestää yhteensä hieman yli 49 työpäivää eli lähes kolme kuukautta yhdeltä asentajalta. Työtaakkaa voidaan jakaa useammalle asentajalle tai työ voidaan ulkoistaa kokonaan paikallisille asentajille, jolloin tuntihinta nousee, mutta valtavilta kilometri-, majoitus- ja päivärahakorvauksilta vältytään. Laskelmissa ei ole huomioitu mahdollisia viikonloppu- ja pyhäinpäiväkorvauksia.

6.3.2 *Vaiheittainen siirtyminen uuteen tekniikkaan kaikissa kohteissa*

Vaiheittaisella siirtymällä tarkoitetaan edellisen kohdan siirtymää muutettuna siten, että ensin tehdään muutokset yhdelle maantieteelliselle alueelle, jonka jälkeen odotetaan hetki ja tutkitaan tietoliikenneyhteyden päivityksen todellisia vaikutuksia. Tällä tavoin minimoidaan virheen riski päivitysoperaatioissa. Valitettavasti päivityksen aikataulu venyy, ja kilometrimäärä saattaa nousta hieman. Muuten kulut ovat samaa luokkaa.

6.3.3 Siirtymä uuteen tekniikkaan vanhan tekniikan luonnollisen poistumisen kautta

Luonnollisella poistumisella tarkoitetaan päivitystä, jossa uutta tekniikkaa edustavat päätelaitteet korvaavat vanhat GPRS-modeemit vasta, kun ne rikkoutuvat. Tällä tavoin saadaan jaettua päivityksen kustannuksia pidemmälle aikavälille ja säästetään modeemien hinnassa viimeisten päivitysten osalta, modeemin hinnan kokiessa inflaation tekniikan ja valmistusmetodien kehityessä. Säästämme myös käyttämällä jo kerran maksetut GPRS-modeemit loppuun. Haittapuolena tässä on pitkäaikainen laitekonfiguraatioiden välinen ero sekä hitaammat tietoliikenneyhteydet niissä kohteissa, joissa ei vielä ole asennettuna uutta HSDPA-tekniikkaa hyödyntävää 3G-päätelaitetta.

Tässä päivitysmallissa kaikki uudisasennukset käyttävät uutta tekniikkaa ja tarvittaessa yksittäisiä, toimivia kohteita voidaan päivittää paremman siirtokapasiteetin toivossa. Tietyissä tapauksissa voidaan myös päivittää laitekokonpanoa tavallisten vikakorjausten yhteydessä, jos se katsotaan tarpeelliseksi. Tällä tavoin säästetään matkakuluissa.

Tämän päivitysmallin hinta muodostuu selkeästi edullisemmaksi kuin välittömän päivityksen malli, joskin osa kyseisen mallin eduista jää saavuttamatta. Tarkkaa hintaa on mahdotonta sanoa, mutta siihen vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät:

- päätelaitteiden hinnan muutos eli kuinka paljon päätelaitteiden hinta tulee laskemaan
- päivitysnopeus eli millä aikavälillä päivitykset tullaan tekemään
- käytettävä työvoima eli kuka tekee päivitykset
- mahdollisuus päivitykseen jonkin muun vikakorjauksen yhteydessä.

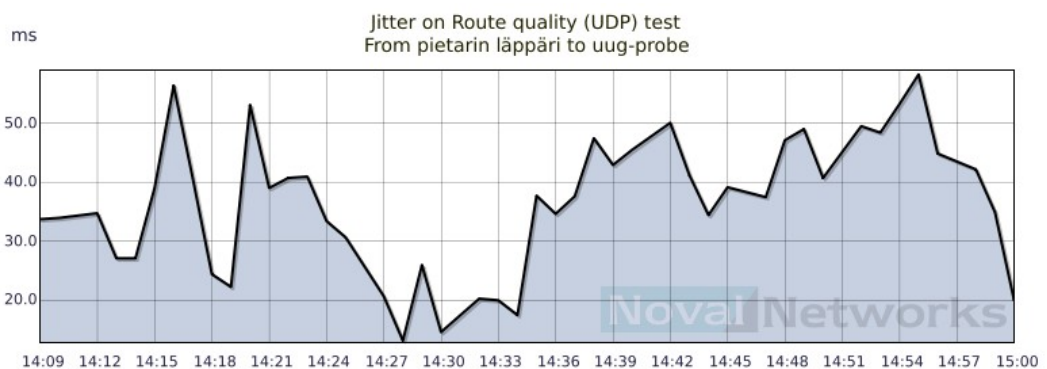
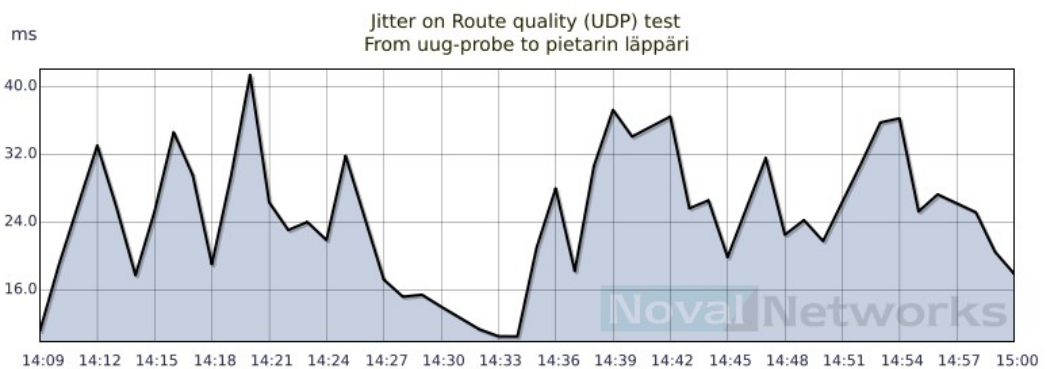
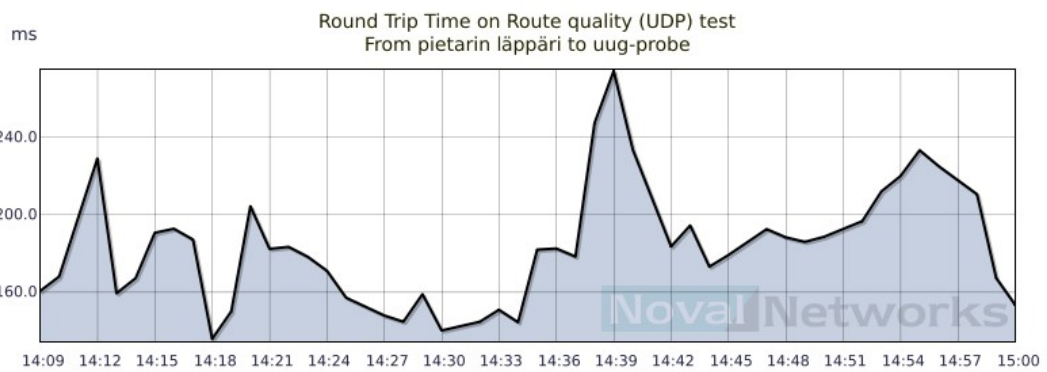
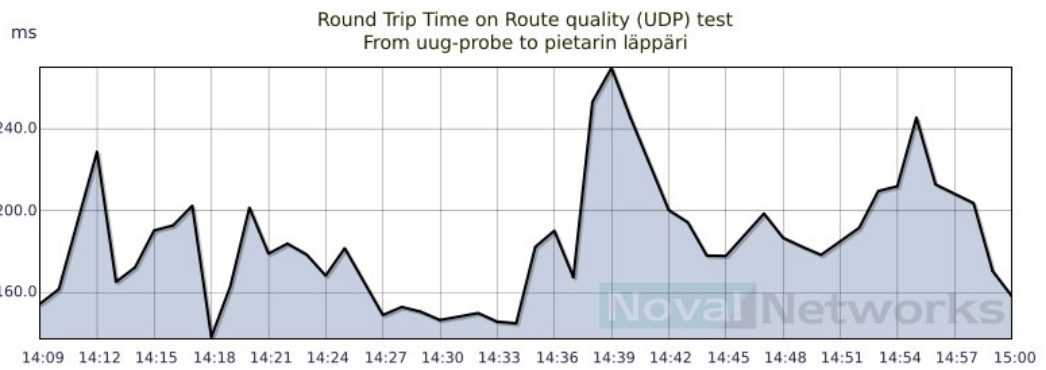
Kaikissa tapauksissa ei tietoliikennetekniikan päivityksestä ole hyötyä, sillä HSDPA-tekniikkaa tukevia tukiasemia ei vielä ole koko maassa. Teleoperaattori Elisa lupasi 8.11.2007 pitämässään lehditötilaisuudessa laajentaa 3G-verkkoa merkittävästi vuoden 2008 aikana. /15./

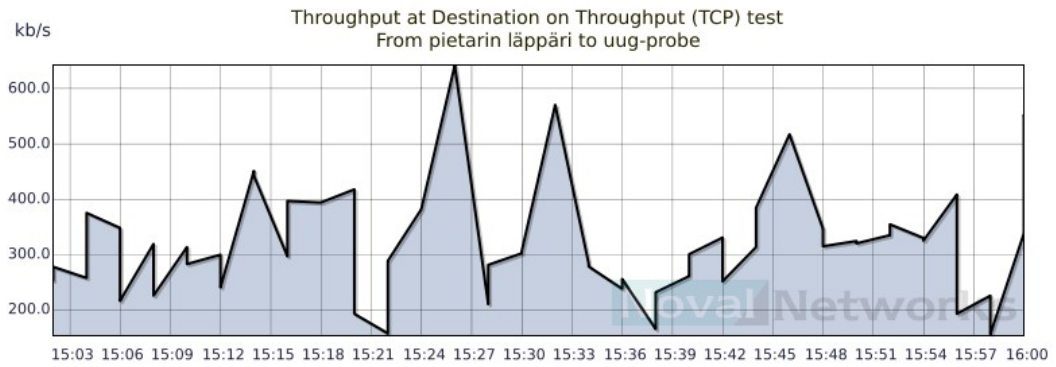
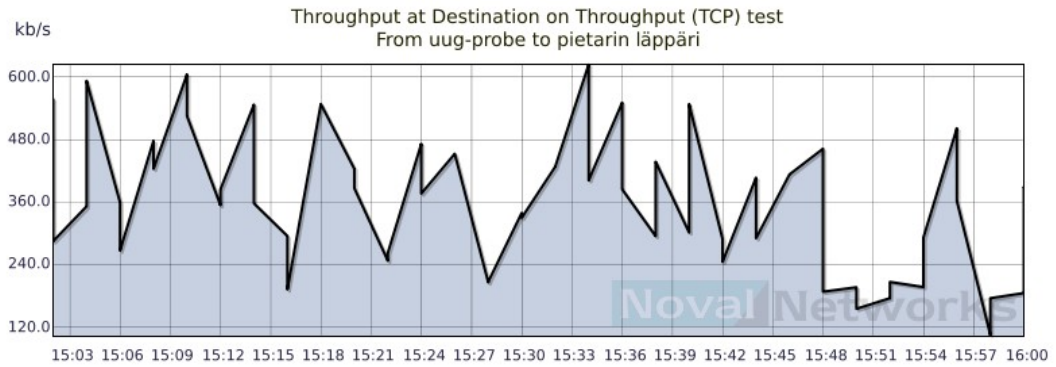
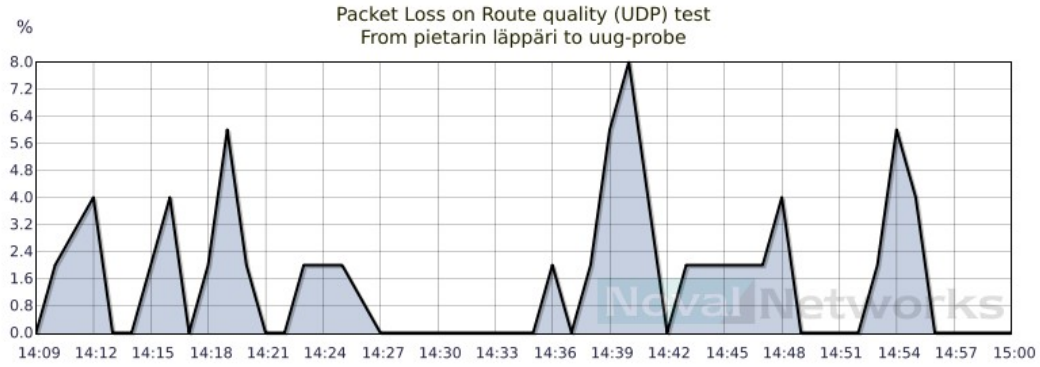
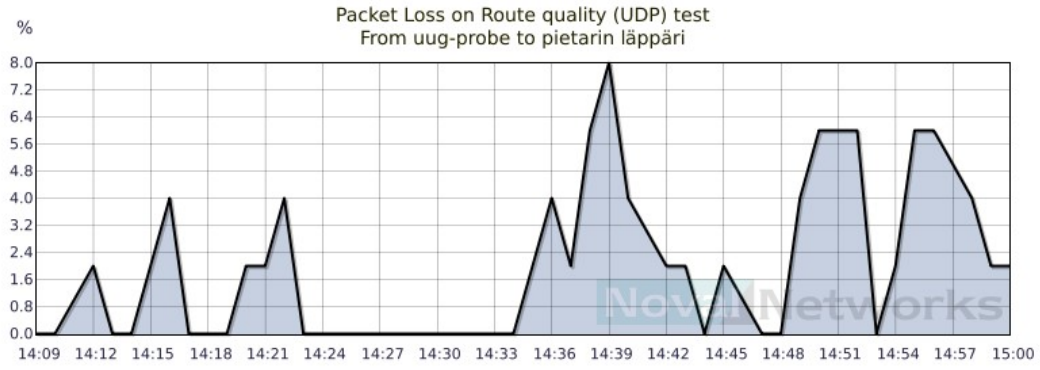
LÄHTEET

- [1] Teknologiajohtaja Jari Reinikaisen haastattelu. 13.11.2007. mCasting Oy.
- [2] Wikipedia verkkoyhteisö. Useita kirjoittajia, GPRS. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 11.11.2007]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service.
- [3] Digita Oy. Hakemus 450 megahertsin taajuusalueen digitaalisen matkaviestinverkon rakentamisvelvoitteen täsmentämiselle. 2005 [verkkodokumentti, viitattu 12.11.2007]. Saatavissa: <http://www.mintc.fi/oliver/upl420Verkon%20rakentamissuunnitelma.pdf>.
- [4] Digita Oy. @450-laajakaistan tietopalvelu. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 12.11.2007]. Saatavissa: <http://www.450laajakaista.fi/>.
- [5] Wikipedia verkkoyhteisö. Useita kirjoittajia, OFDM. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 12.11.2007]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiplexing#Flash-OFDM.
- [6] Verkkolehti Digitoday. Artikkelit 23.5.2007. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 12.11.2007]. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/mobiili/2007/05/23/HKL+lappaa+matkatietoa+wlanilla+bussikytyil%E4isille/200712597/66>.
- [7] Wikipedia verkkoyhteisö. Useita kirjoittajia, @450. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 12.11.2007]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/@450>.
- [8] QUALCOMM Flarion Technologies. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 16.8.2008]. Saatavissa <http://www.qualcomm.com>.
- [9] Wikipedia verkkoyhteisö. Useita kirjoittajia, HSDPA. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 24.9.2007]. Saatavissa <http://fi.wikipedia.org/wiki/HSDPA> ja <http://en.wikipedia.org/wiki/Hsdpa>.
- [10] 3GPP, Release 5. Tekninen määrittely. 2003 [verkkodokumentti, viitattu 10.10.2007]. Saatavissa http://www.3gpp.org/Releases/3GPP_Rel-5-contents.doc.
- [11] Zadako s.r.o. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 16.8.2007]. Saatavissa: <http://www.zadako.com/>.
- [12] Wikipedia verkkoyhteisö. Useita kirjoittajia, WiMAX. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 30.10.2007]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Wimax> ja <http://en.wikipedia.org/wiki/WiMAX>.
- [13] ITU-T. Recommendations. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 10.11.2007] Saatavissa: <http://www.itu.int/ITU-T/publications/recs.html>.
- [14] Noval Networksin sisäinen NetEye ohjeistus. 2007 [viitattu 30.10.2007]. Saatavissa: Noval Networksin sisäisistä dokumentaatioista.
- [15] Elisa Oyj. Lehditötiedote 8.11.2007. 2007 [verkkodokumentti, viitattu 11.11.2007]. Saatavissa <http://elisa.fi/>.

Mittauspöytäkirja: 23.10.2007
Testipaikka: Myhinpää, Rautalampi
Testattava tekniikka: WiMAX

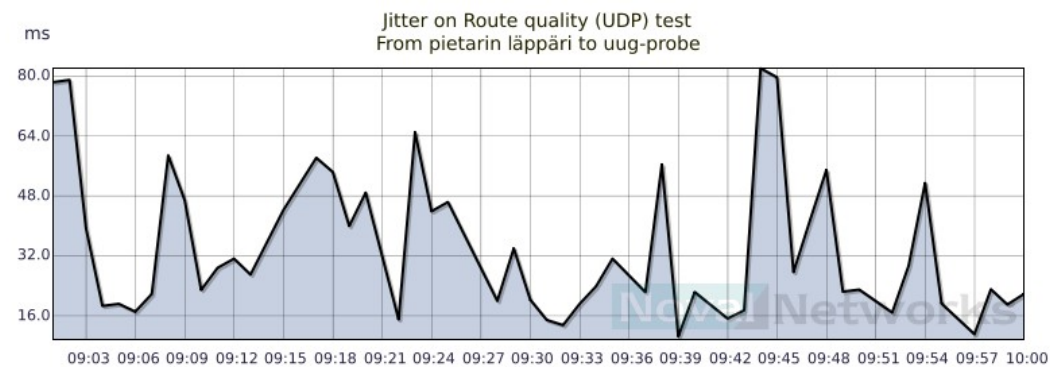
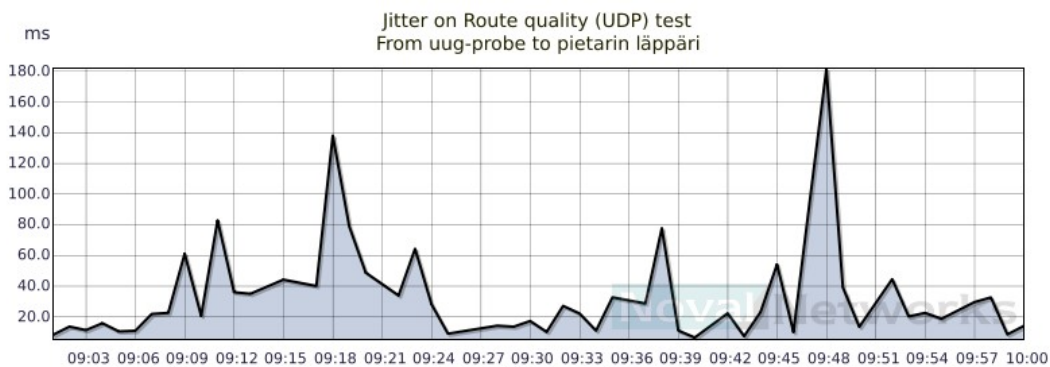
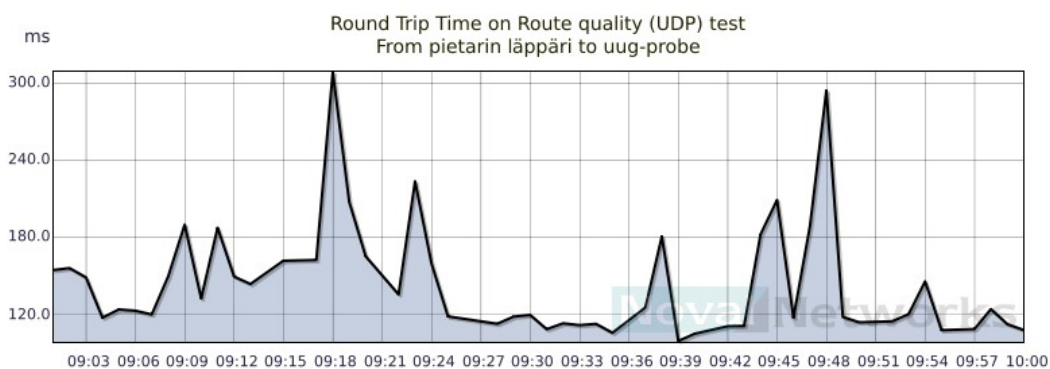
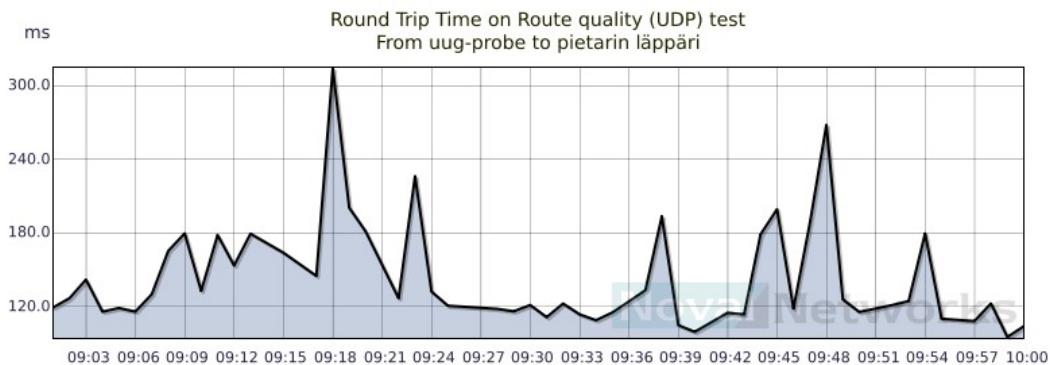
Tulokset

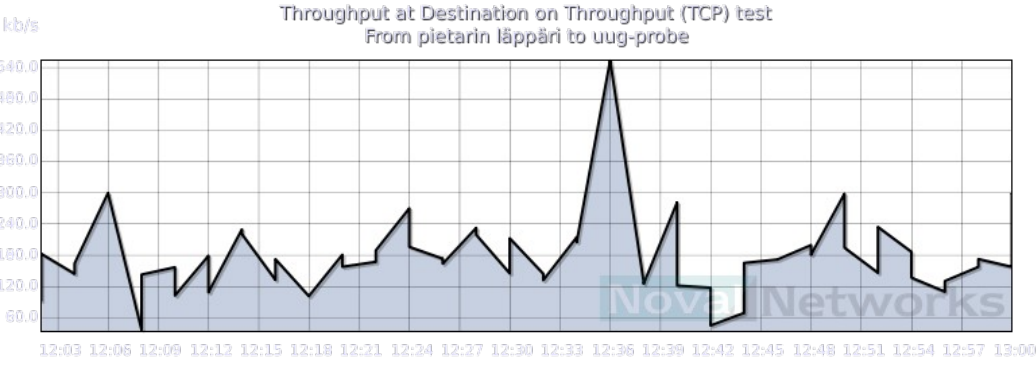
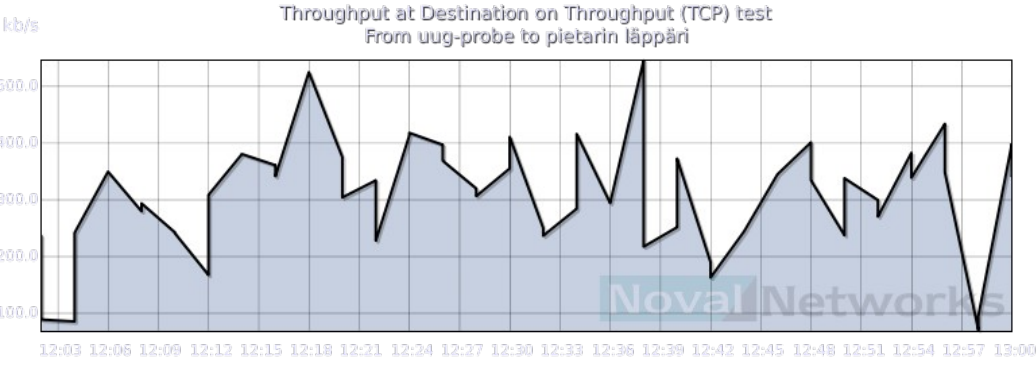
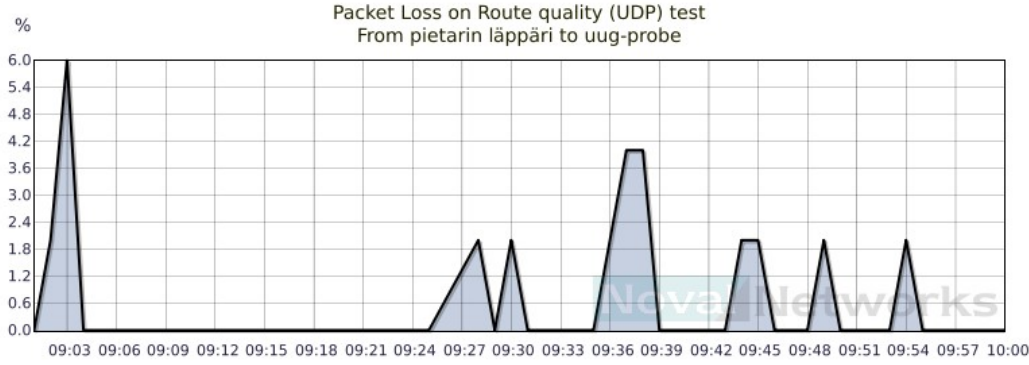
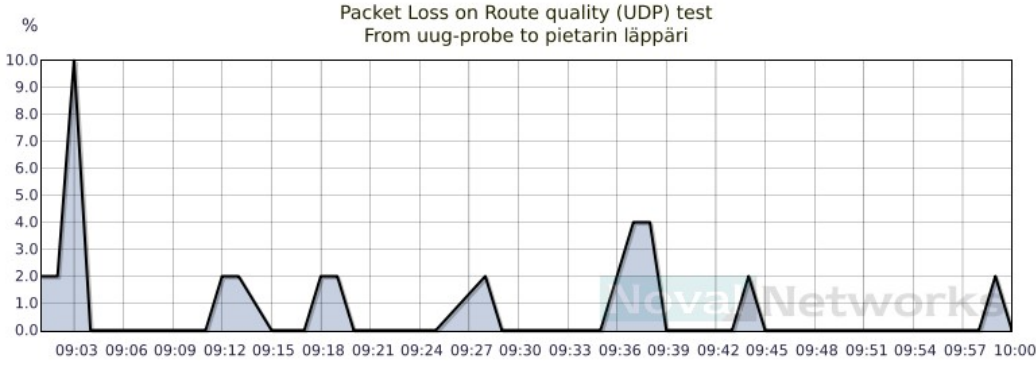




Mittauspöytäkirja: 24.10.2007
Testipaikka: Ullanlinna, Helsinki
Testattava tekniikka: @450

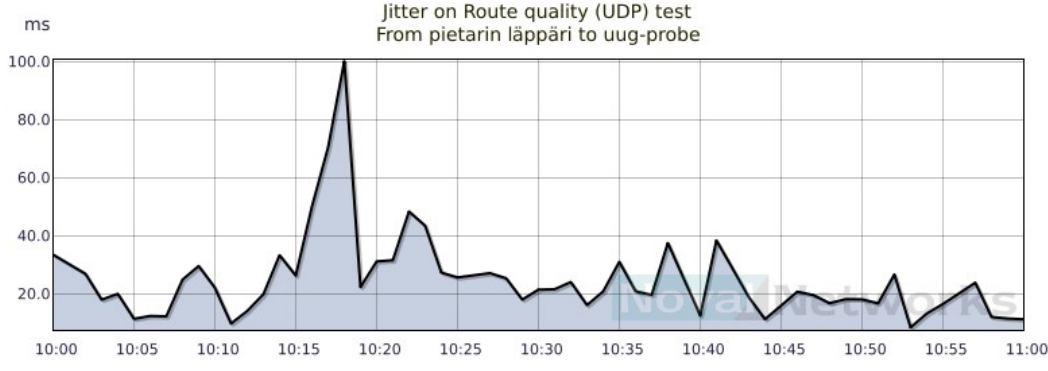
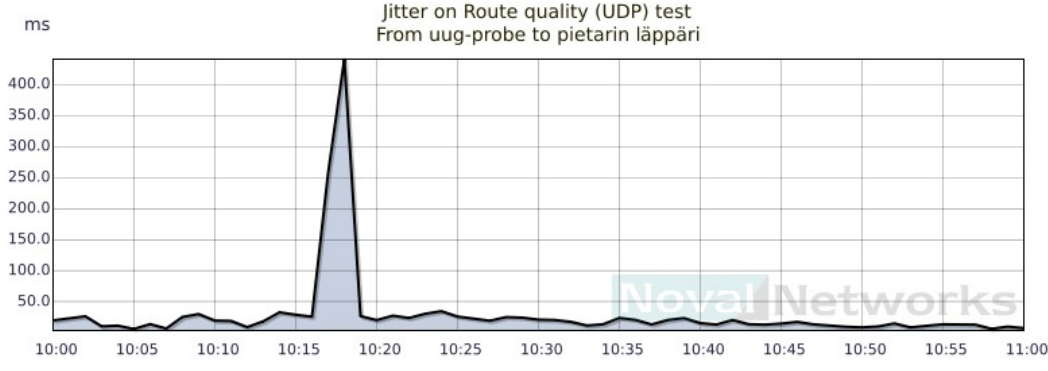
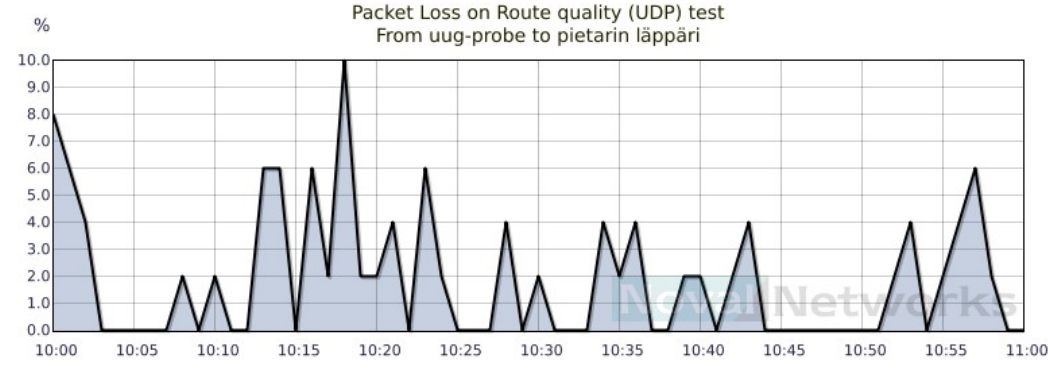
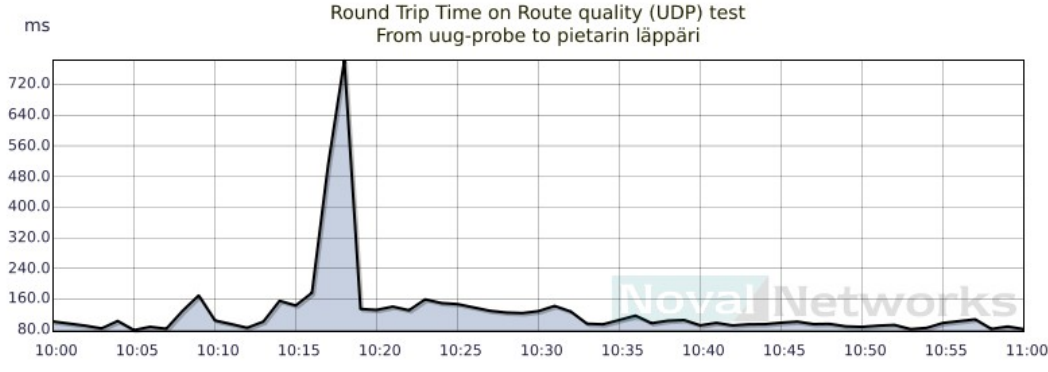
Tulokset

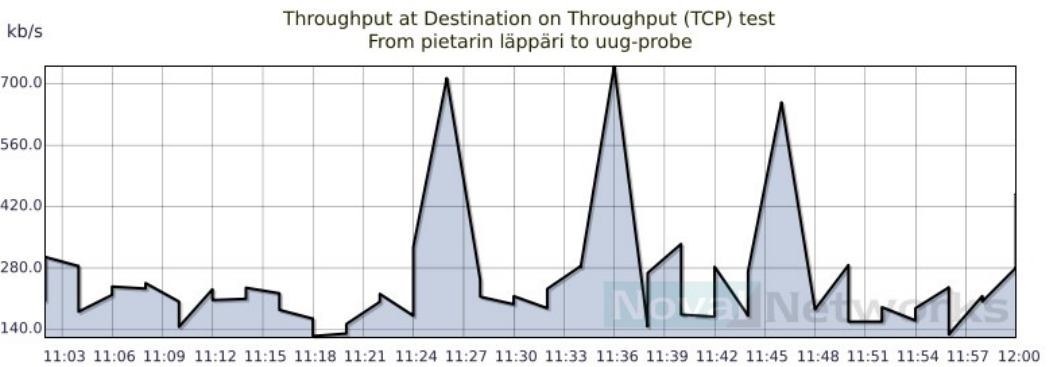
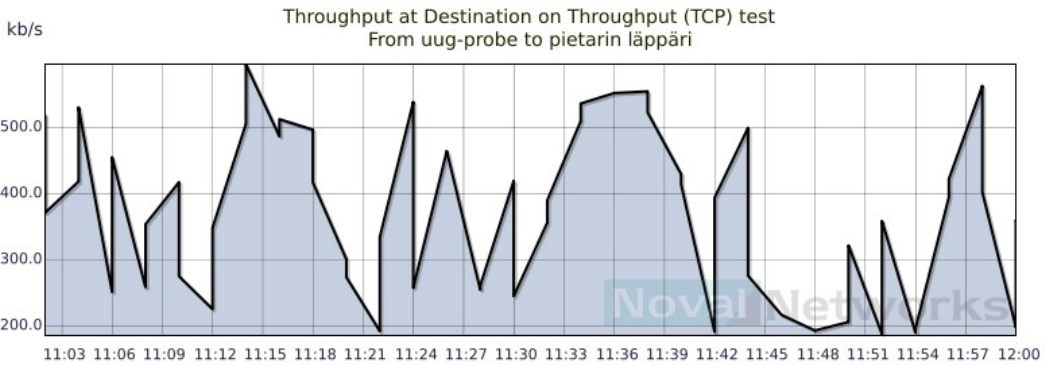
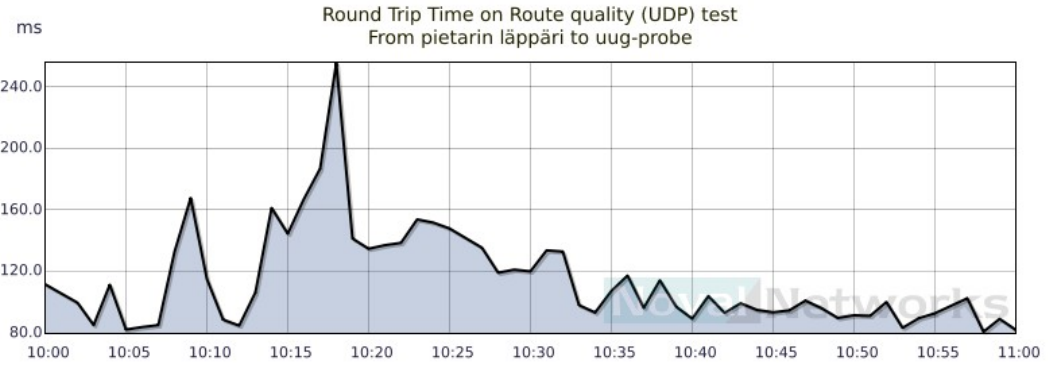
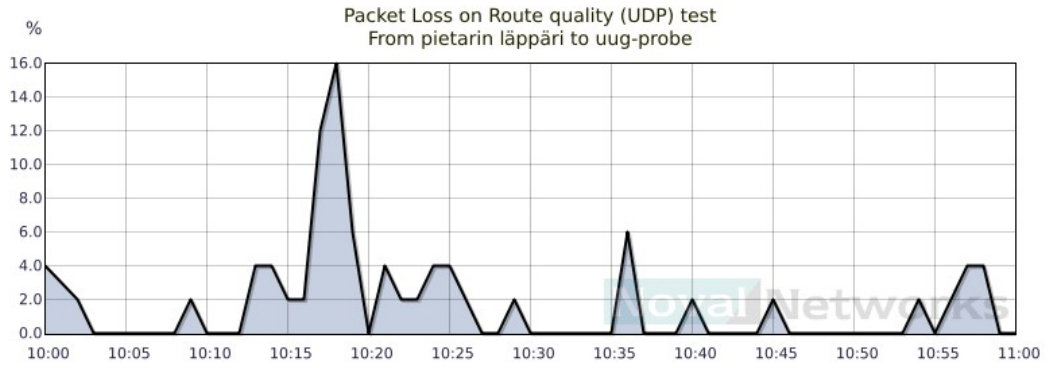




Mittauspöytäkirja: 25.10.2007
Testipaikka: Businesspark Plaza, Vantaa
Testattava tekniikka: @450

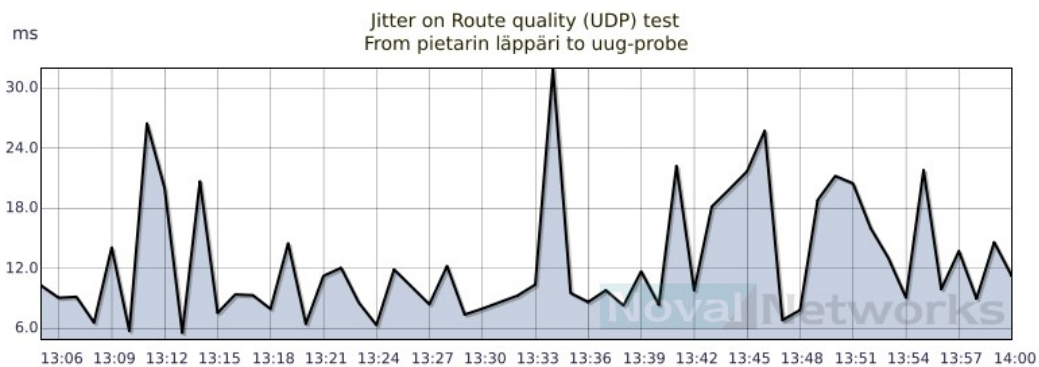
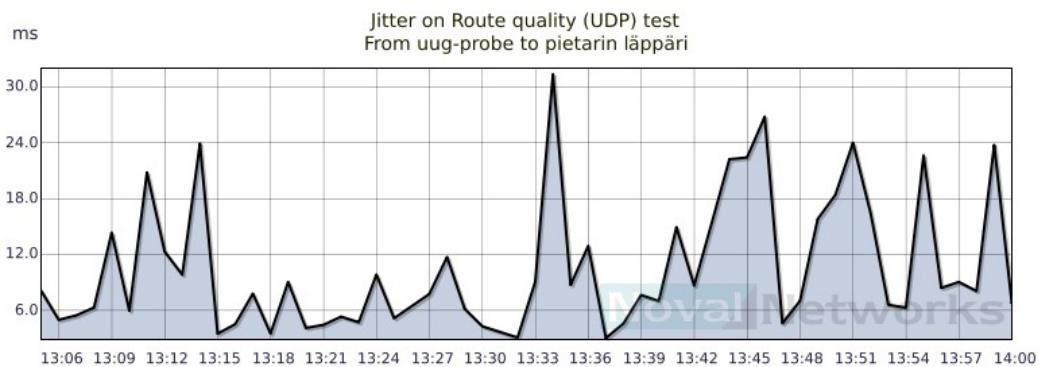
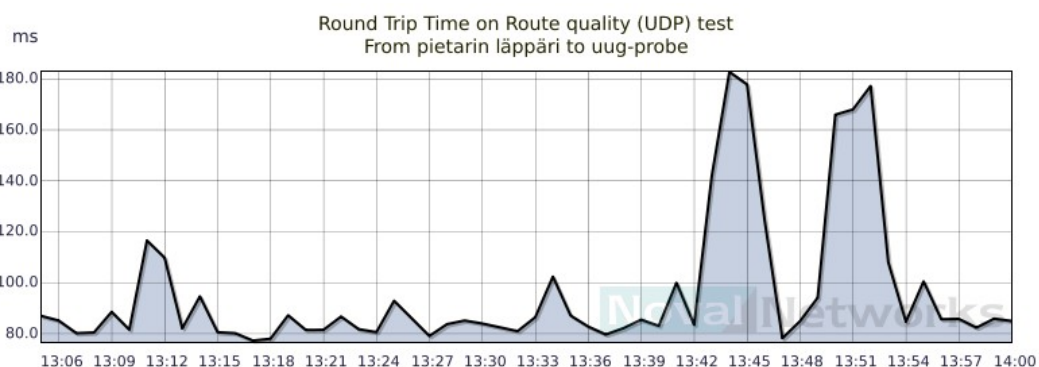
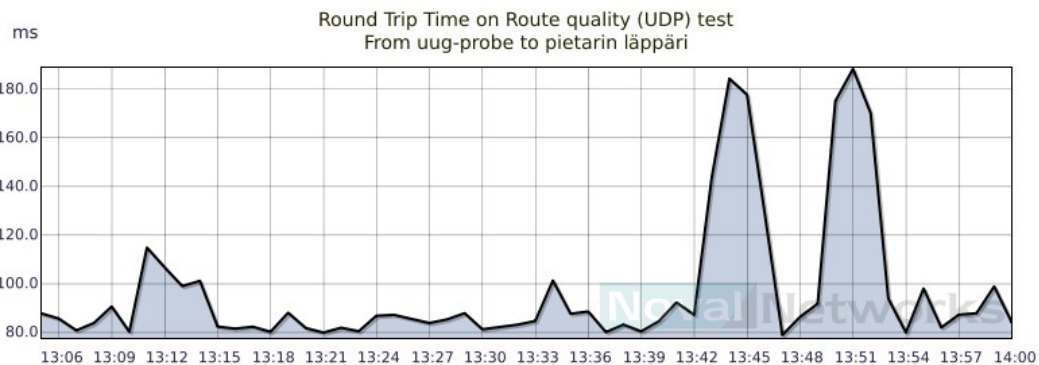
Tulokset

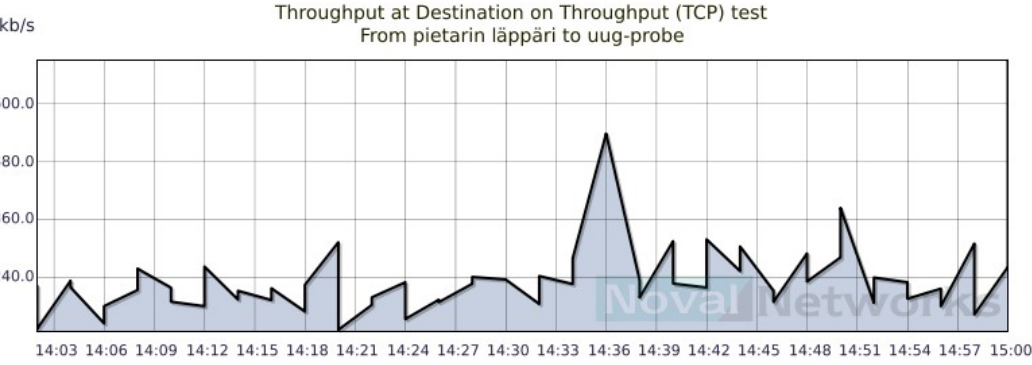
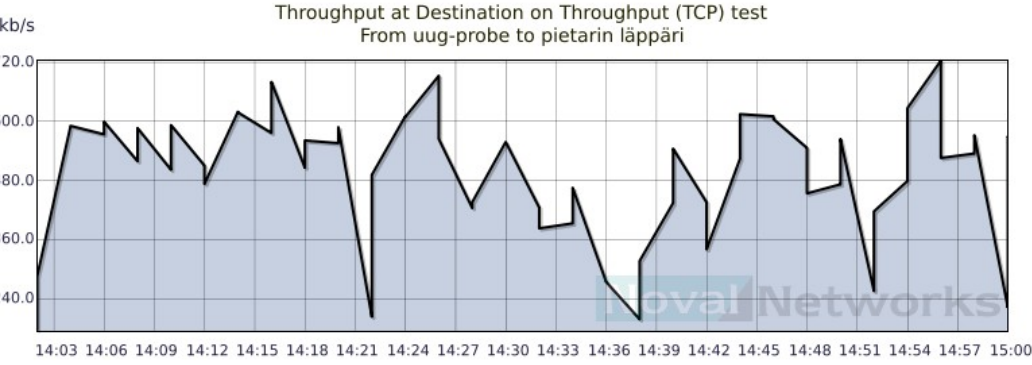
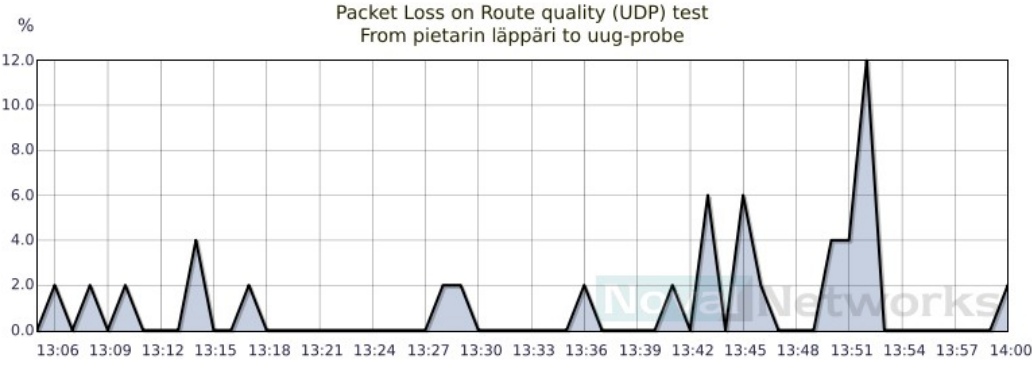
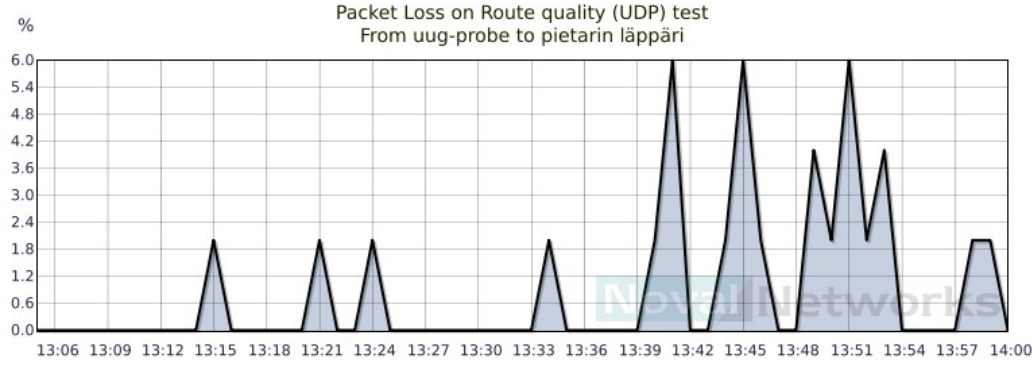




Mittauspöytäkirja: 25.10.2007
Testipaikka: Businesspark Plaza, Vantaa
Testattava tekniikka: WiMAX

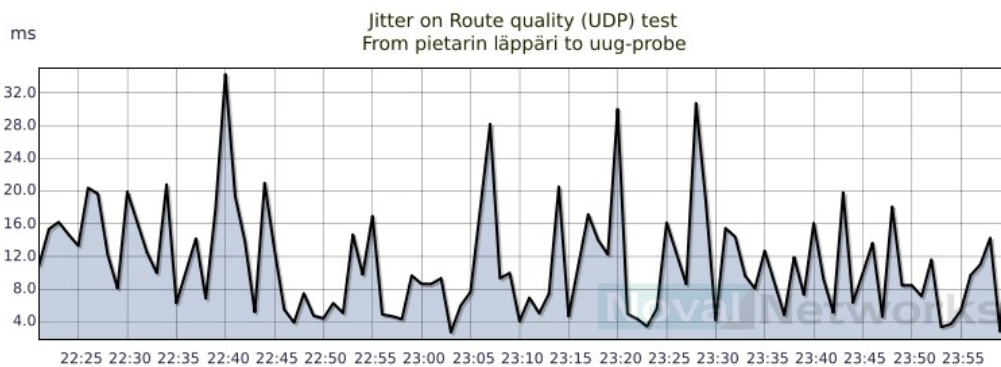
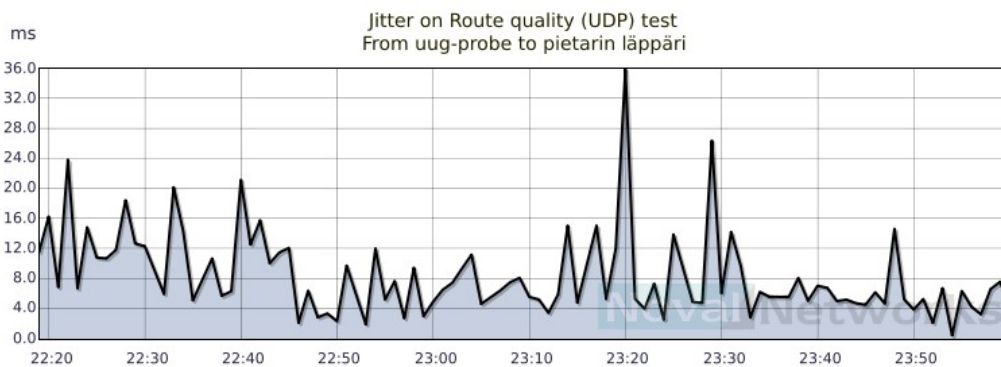
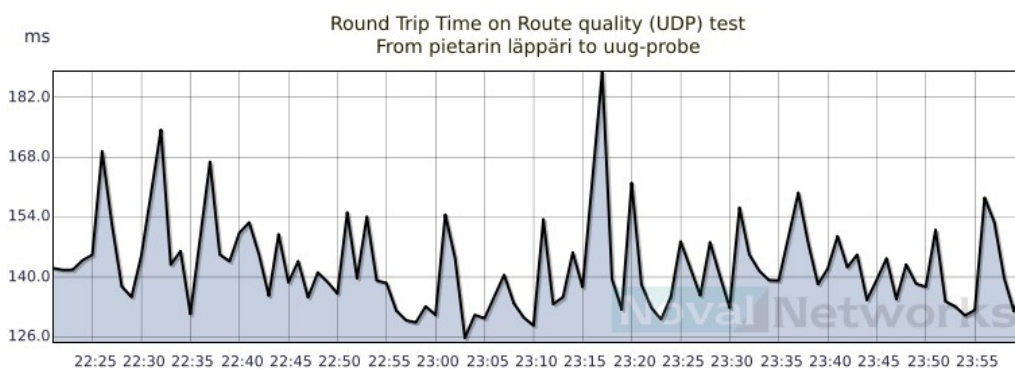
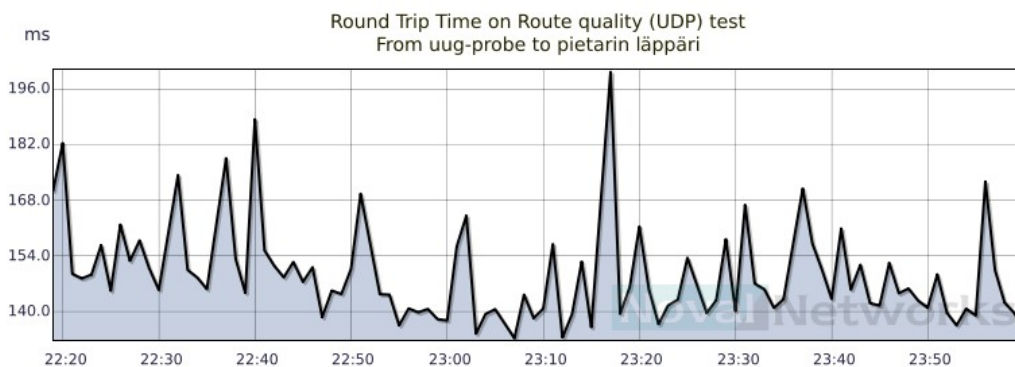
Tulokset

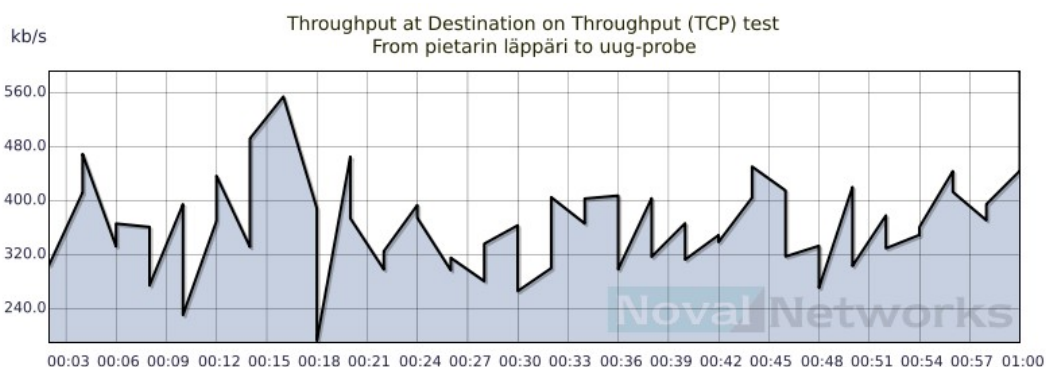
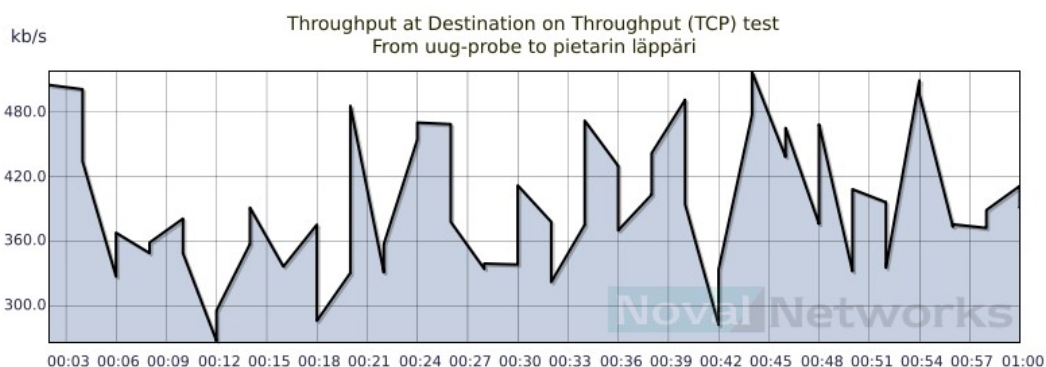
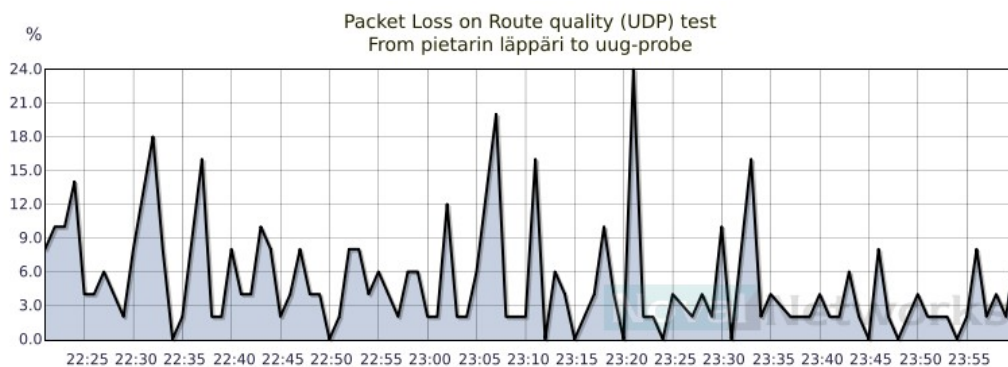
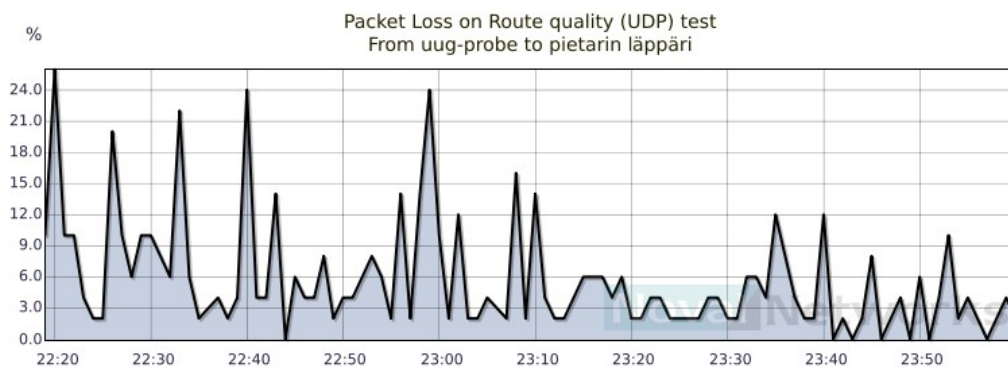




Mittauspöytäkirja: 25-26.10.2007
Testipaikka: Ullanlinna, Helsinki
Testattava tekniikka: 3G

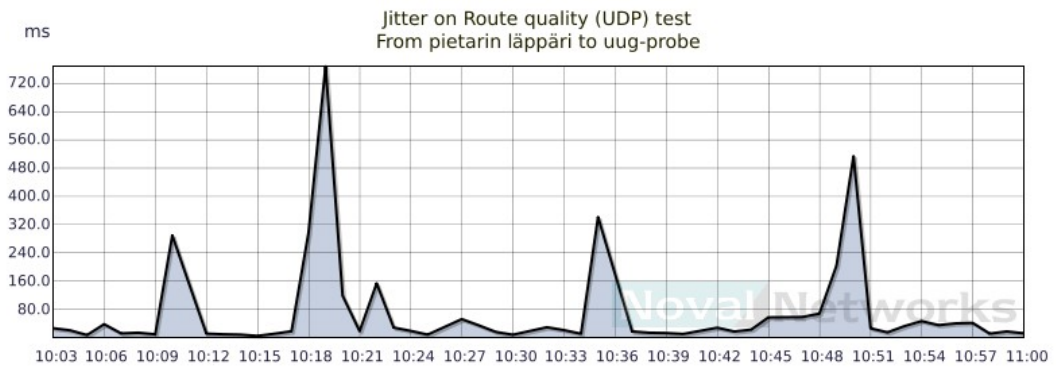
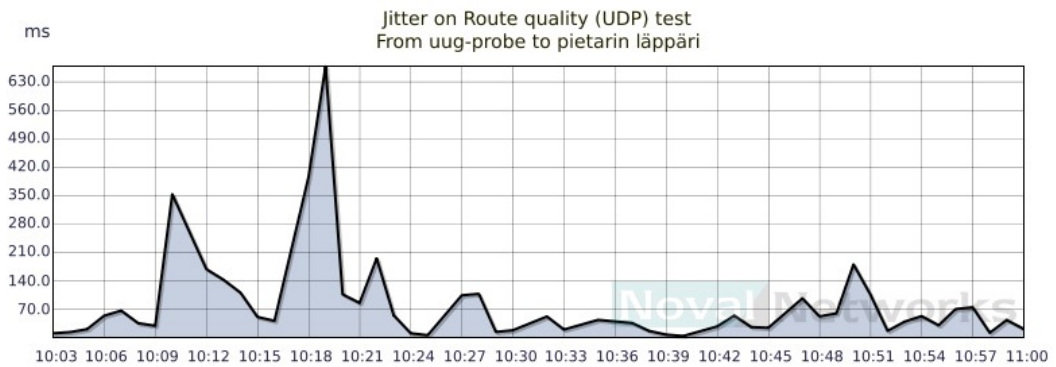
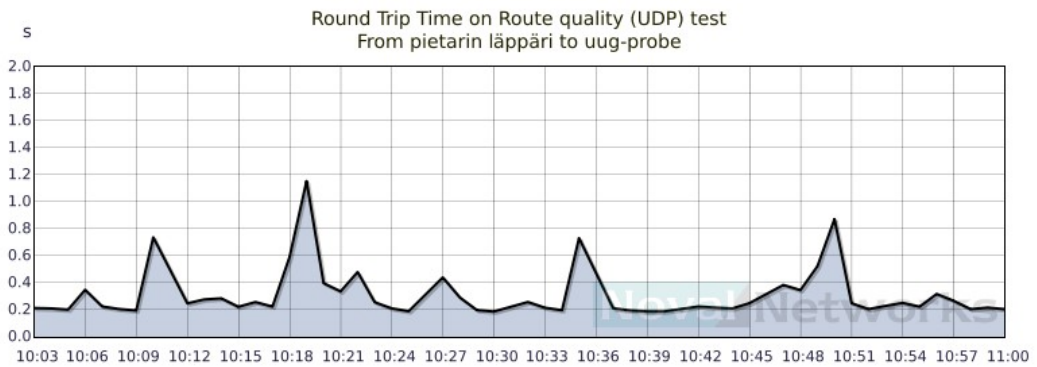
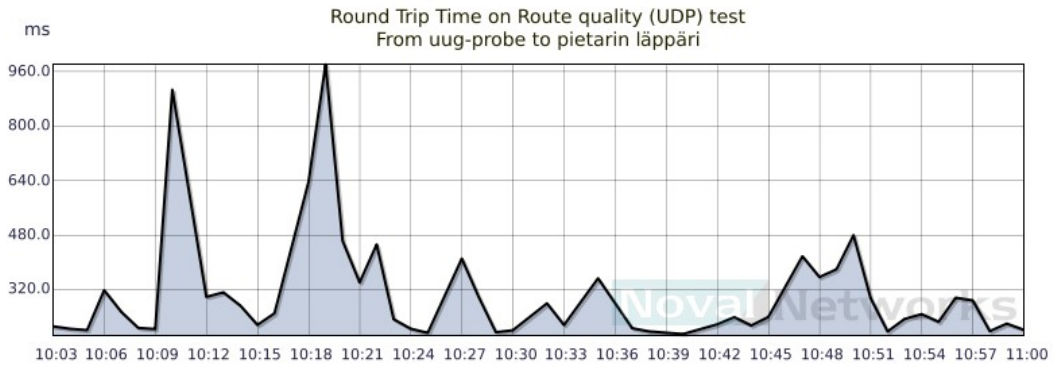
Tulokset

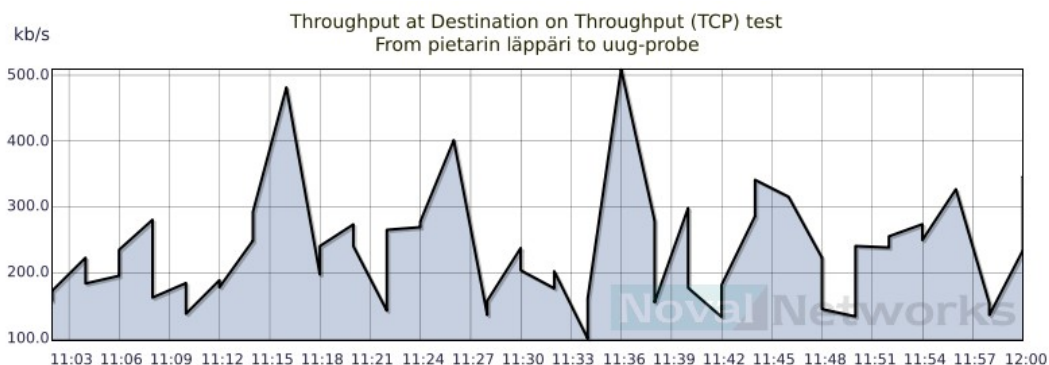
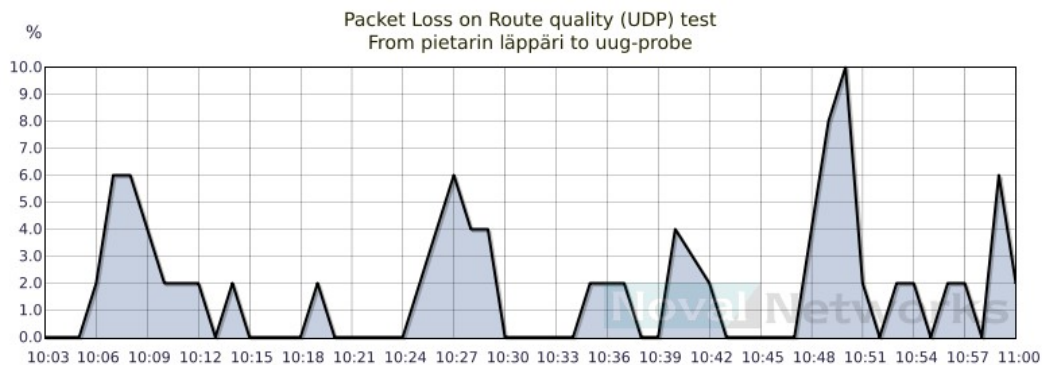
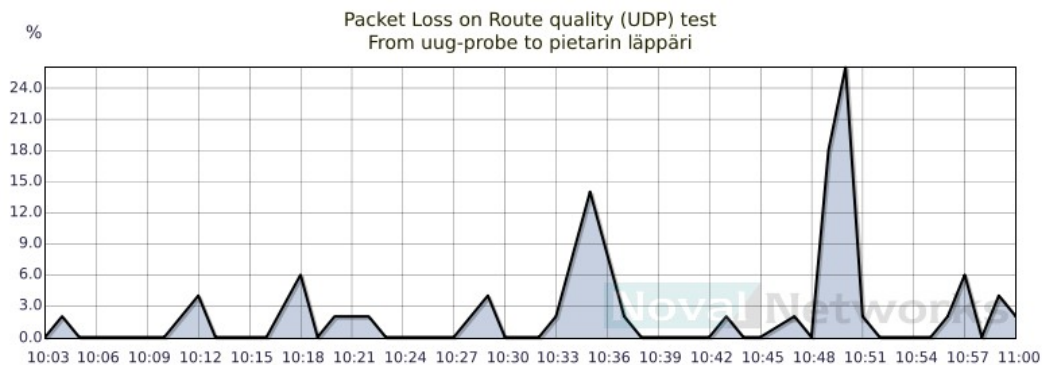




Mittauspöytäkirja: 26.10.2007
Testipaikka: Businesspark Plaza, Vantaa
Testattava tekniikka: 3G

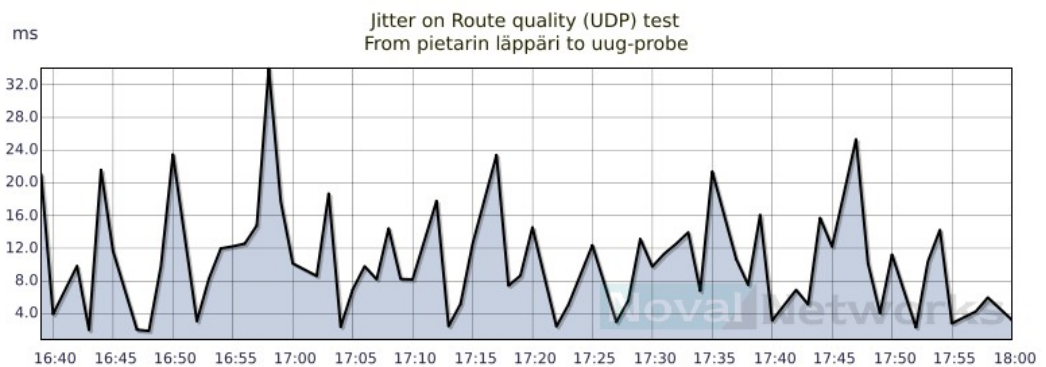
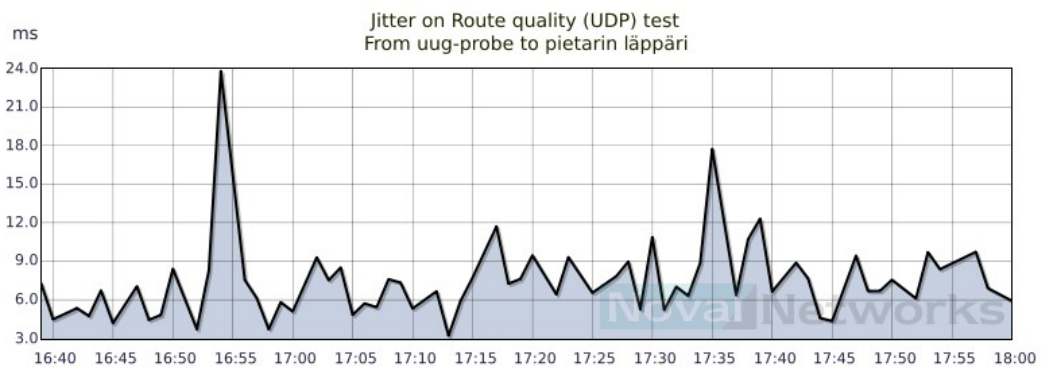
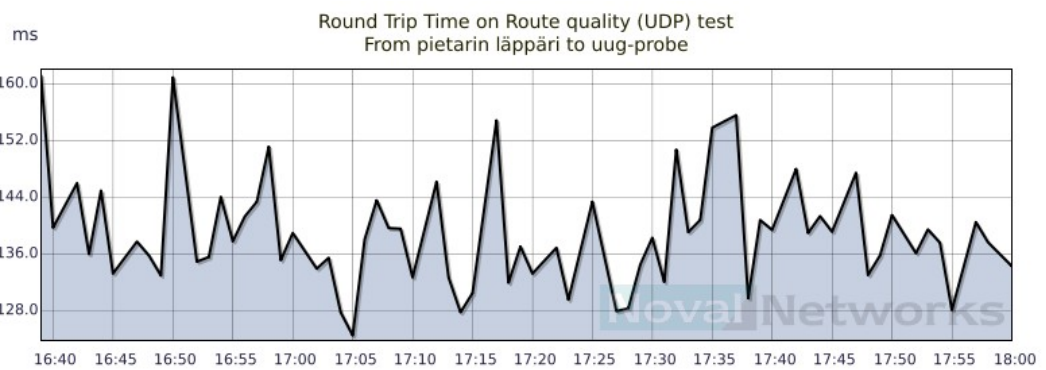
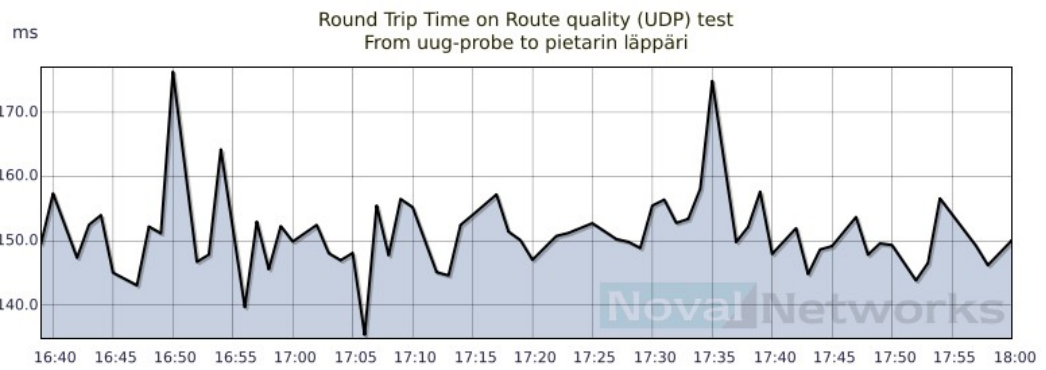
Tulokset

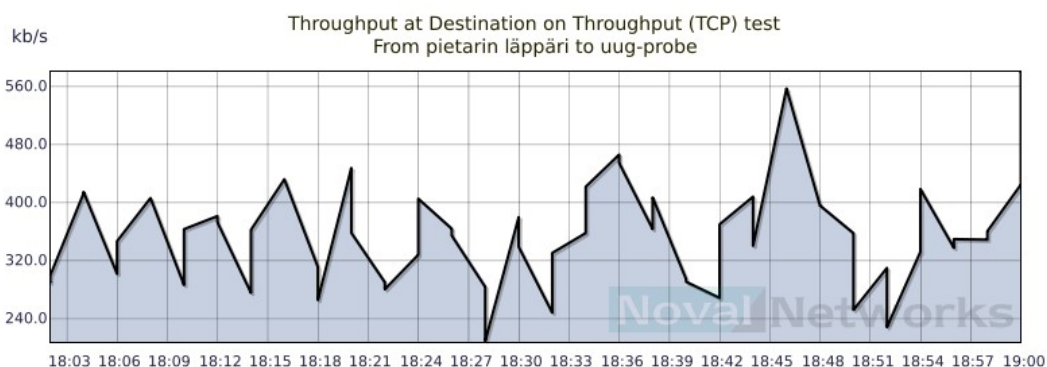
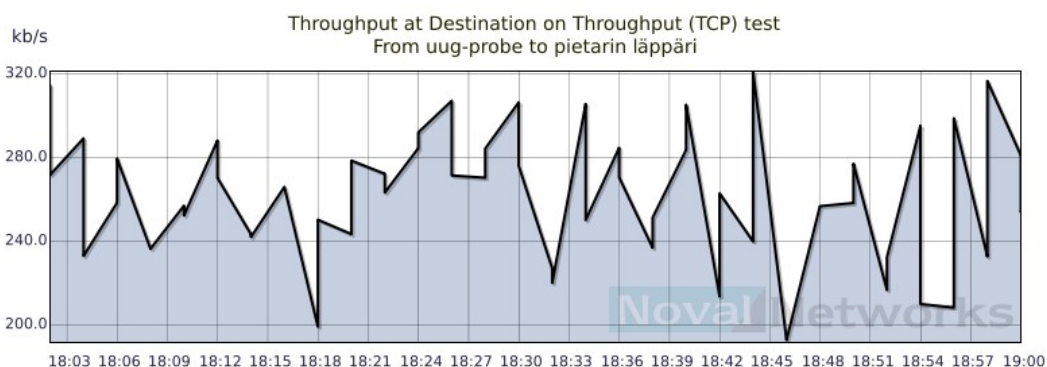
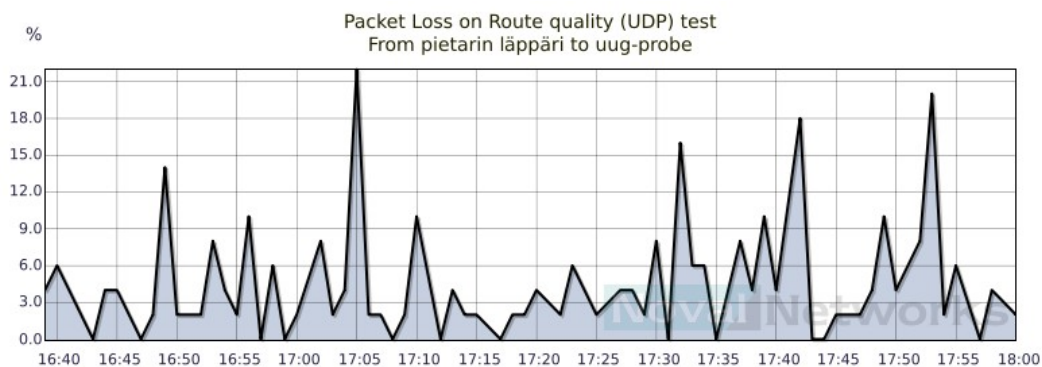
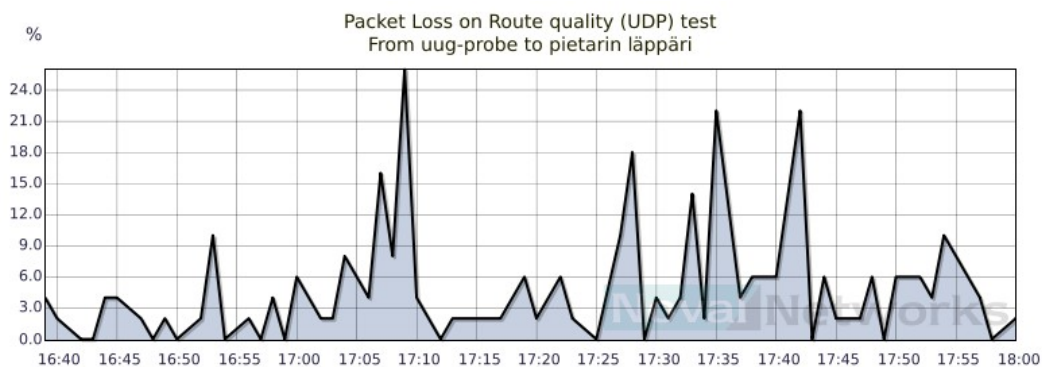




Mittauspöytäkirja: 28.10.2007
Testipaikka: Yliopistonkatu, Turku
Testattava tekniikka: 3G

Tulokset





Mittauspöytäkirja: 28.10.2007
Testipaikka: Yliopistonkatu, Turku
Testattava tekniikka: @450

Tulokset

