



Marko Pihlajamaa

# Mobiilirunkoverkko laajakaista-aikaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Tietotekniikka  
Opinnäytetyö  
23.11.2010

Tekijä(t) Otsikko	Marko Pihlajamaa Mobiilirunkoverkko laajakaista-aikaan
Sivumäärä Aika	30 sivua 23.11.2010
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoliikennetekniikka
Ohjaaja(t)	lehtori Seppo Lehtimäki
<p>Opinnäytetyössä, Mobiilirunkoverkko laajakaista-aikaan, käydään läpi operaattorin runkoverkon päivittämistä tämän päivän vaatimusten mukaiseksi. Viime vuosina mobiilitietoliikenteeseen on kehitetty uusia tekniikoita, jotka mahdollistavat entistä nopeamman tiedon siirron. Mobiilirunkoverkko on suunniteltu alun perin vain puheen ja vähäisen datan siirtoon, joten sen kapasiteetti alkaa olla lopussa. 3G-tekniikka on arkipäivää ja 4G-tekniikka tekee tuloaan. 2 Mbit/s ei enää riitä siirtämään alati kasvavia datamääriä, vaan siirto tapahtuu uudella tekniikalla, joko valokuidulla, mediamuuntimella tai SHDSL-modeemilla.</p> <p>Mobiilirunkoverkko laajakaista-aikaan käsittelee projektia, joka tehtiin operaattorille alihankkijan asemassa, joten työssä käydään läpi myös projektiin liittyviä perusasioita, ja miten niissä onnistuttiin. Siinä painotetaan verkon fyysistä rakentamista ja toteutusta operaattorin keskuksen ja tukiaseman välillä.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään läpi 3G-tekniikat: HSDPA, HSUPA, UMTS ja lopuksi LTE. Lisäksi käydään läpi valokuitukaapelin asentaminen talojakamosta tukiasemaan, hitsaaminen, tutkaaminen ja valokaapelin ominaisuuksia sekä kupariverkkoon asennettavat SHDSL-modeemit ja niihin liittyvät toimenpiteet.</p> <p>Lopuksi tehdään katsaus tulevaisuuden tekniikoihin, jotka vaativat ehdottomasti nopean runkoverkon toimiakseen. Todennäköisin 3G:n seuraaja tulee olemaan LTE-Advanced, joka on tällä hetkellä ainoa 4G:n määritelmät täyttävä tekniikka.</p>	
Avainsanat	3G, valokuitu, HSPA, UMTS, projekti

Author(s) Title	Marko Pihlajamaa Mobile Core Network to Broadband Time
Number of Pages Date	30 pages 23 November 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Telecommunication
Instructor(s)	Seppo Lehtimäki, seniorlecturer
<p>This thesis presents how operator's core network is updated to contain future demands. Mobile telecommunication has been evolved during the few last years to enable faster data transmission. From the very beginning mobile core network was designed to transform speech and some data, and that is why its capacity is currently running out. 3G-technologies are on use and the 4G is about to make a break through. 2 Mbit/s is no longer enough to transport the growing amount of data, so the transport is going to take place with new technologies, such as optical fibre, media transformer or SHDSL-modem.</p> <p>The present study discusses a project which was made to an operator in a subcontractor's position. The thesis introduces the project and how it was accomplished. It is highlighted by the concrete building and implementation of the network through the center of operator and base stations.</p> <p>The thesis reviews all 3G-technologies from HSDPA, HSUPA, UMTS to LTE. Moreover, optical fibre mounting, welding, using OTDR, the features of optical fiber and SHDSL-modems installed in copper network are introduced.</p> <p>Finally an overview to the technologies of the future which demand a fast core network to function. Most likely, the follower of the 3G will be LTE-Advanced which is the only technology that currently covers 4G standard.</p>	
Keywords	3G, optical fiber, HSPA, UMTS, project

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	3G-tekniikat.....	2
2.1	UMTS.....	2
2.2	HSPA.....	4
3	Siirtomenetelmät .....	6
3.1	Valokuitu.....	6
3.2	Kupari.....	11
3.3	Mediamuunnin.....	12
4	Projektin kulku.....	12
4.1	Projektin aloitus.....	12
4.2	Projektin suunnittelu .....	13
4.3	Työn aloitus .....	14
4.4	Tilauksen vastaanotto .....	15
4.5	Työkansio .....	15
4.6	Työssä käytetyt materiaalit .....	16
4.6.1	Valokuitu .....	16
4.6.2	Kupari .....	19
4.6.3	Sähköistys .....	19
4.7	Työn suorittaminen .....	20
4.7.1	Kuitu .....	20
4.7.2	Mediamuunnin .....	22
4.7.3	SHDSL.....	23
4.7.4	Korttien lisääminen tukiasemaan.....	25
4.7.5	3G-verkon muutokset .....	26
4.8	Dokumentointi.....	26
4.9	Projektin päättäminen .....	27
5	Yhteenveto.....	27
	Lähteet .....	30

## Lyhenteitä ja käsitteitä

3GPP	<i>3rd Generation Partnership Project</i> . Usean standardointijärjestön yhteistyöorganisaatio.
AAA	<i>Authentication, Authorization and Accounting</i> . Suojaus- ja laskutustoiminnot.
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> . Epäsymmetrinen tiedonsiirtotekniikka.
BSC	<i>Base Station Controller</i> . Tukiasemaohjain.
CAT 5	<i>Category 5</i> . Yleiskaapeloinnin kaapeli- ja liitinkategoria 5.
CN	<i>Core Network</i> . Runkoverkko.
DDF	<i>Digital Distribution Frame</i> . Digitaalinen jakoteline.
E-DCH	<i>Enhanced uplink DCH</i> . HSUPA:n virallinen nimitys.
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> . GSM:n ja UMTS:n pakettikytkentäinen datansiirtomenetelmä.
GSM	<i>Global System for Mobile communication</i> . Digitaalinen toisen sukupolven matkaviestinjärjestelmä.
HLR	<i>Home Location Register</i> . Kotirekisteri.
HSDPA	<i>High-Speed Downlink Packet Access</i> . UMTS:n kehittynyt downlink-suunnan pakettidatamenetelmä.
HSPA	<i>High-Speed Packet Access</i> . Matkapuhelinviestintäprotokollien kokoelma (HSDPA ja HSUPA).

HSS	<i>Home Subscriber Services</i> . HLR:ää vastaava kotirekisteri.
HSUPA	<i>High-Speed Uplink Packet Access</i> . UMTS:n kehittynyt uplink-suunnan pakettidatamenetelmä.
IP	<i>Internet Protocol</i> . Internetprotokolla.
IPSec	<i>IP Security Architecture</i> . Tietoliikenneprotokolla internetyhteyksien turvaamiseen.
KLVAAM	Häiriösuojattu parikaapeli.
LTE	<i>Long Term Evolution</i> . Edistynyt 3g-tekniikka.
MIMO	<i>Multiple-Input and Multiple-Output</i> . Tietoliikennetekniikka, jossa käytetään sekä lähetykseen että vastaanottoon useampaa kuin yhtä antennia.
MMJ	Yksisäikeinen sähkökaapeli.
MSC	<i>Mobile Station Controller</i> . Matkapuhelinkeskus.
Node B	UMTS-verkon tukiasema.
ODF	<i>Optical Distribution Frame</i> . Optinen jakoteline.
OFDM	<i>Orthogonal Frequency-Division Multiplexing</i> . Modulointitekniikka.
OTDR	<i>Optical Time Domain Reflectometer</i> . Valokaapelitutka.
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i> . Modulointitekniikka.
Qos	<i>Quality of Service</i> . Palvelutason luokitus.
RNC	<i>Radio Network Controller</i> . Radioverkko-ohjain.

RNS	<i>Radio Network System.</i> Radiojärjestelmä.
SC-FDMA	<i>Single-carrier FDMA.</i> Modulointitekniikka.
SFP	<i>Small Form-factor Pluggable.</i> Rajapintamoduli verkkolaitteen ja kaapelin välillä.
SHDSL	<i>Single pair High-speed Digital Subscriber Line.</i> Symmetrinen tiedonsiirtotapa.
SIP	<i>Session Initiation Protocol.</i> Multimediapuheluiden yhteyskäytäntö.
UE	<i>User Equipment.</i> UMTS-verkon päätelaite.
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System.</i> 3G-tekniikka.
USIM	<i>Universal Subscriber Identity Module.</i> UMTS-ympäristössä oleva SIM-kortti.
UTRAN	<i>Universal Terrestrial Radio Access Network.</i> UMTS-radioliityntäverkko.

## 1 Johdanto

Tekniikan kehitys on viime vuosina ollut nopeaa radioverkoissa, ja näin ollen tiedonsiirron hitaus alkaa olla ongelma runkoverkossa. Kiinteässä verkossa ongelmat on ratkaistu valokuidulla ja nyt samaa ratkaisua käytetään myös mobiiliverkkoon. Tulevaisuuden suuntaus näyttää olevan, että suuri osa tietoliikenteestä tulee olemaan langatonta tiedonsiirtoa loppukäyttäjän kannalta.

Suomi on pienen pinta-alansa vuoksi helppo ja halpa rakentaa täysin langattomaksi verrattuna isompiin valtioihin. Mobiililaajakaistan avulla koko maan kattava laajakais-tayhteys on mahdollista toteuttaa olemassa olevalla verkolla. Ongelmana ovat haja-asutusalueet, verkkojen ylikuormittuminen ja tukiasemien resurssien riittämättömyys.

Insinööritö Mobiilirunkoverkko laajakaista-aikaan tarkastelee projektia, jossa operaattori kehittää langatonta verkkoa nopeammaksi käyttämällä valokuitua ja kupariverkoissa uudempaa tekniikkaa. Nykyinen mobiilirunkoverkko koostuu pelkästään kuparista, ja käytössä on 2 Mbit/s teoreettinen maksiminopeus.

Opinnäytetyön tekemisen aloitin vasta projektin loppuvaiheilla, jolloin oli hyvä miettiä, mitä tehtiin ja mitä olisi kannattanut tehdä toisin. Työssä käydään läpi kiinteän verkon ja mobiiliverkon osa-alueita. Tähän asti nämä kaksi ovat olleet erillään toisistaan, mutta nyt, kun langaton tietoliikenne alkaa olla niin kehittyntä, että päästään yli 10 Mbit/s yhteyksiin ei vanhojen tekniikoiden kapasiteetti enää riitä siirtämään kasvavia datamääriä ja on pakko siirtyä valokuituun ja muihin kehittyneempiin tekniikoihin. Tämä muutos tulee näkymään myös asentajapuolella, sillä aikaisemmin kiinteän verkon ja mobiiliverkon asentajat toimivat vain omilla osa-alueillaan. Tekniikan kehitys on muuttanut asioita niin, että moniosaaminen on nykypäivän trendi. Kustannustehokkuus on se asia, mihin jokaisessa yrityksessä tänä päivänä pyritään. Tämä tarkoittaa sitä, että asentajata-solla tulee hallita niin mobiiliverkon kuin kiinteän verkon rakentaminen. Työntekijä pysyy teoriassa taitojensa puolesta rakentamaan verkon alusta loppuun yksin.

Kyseinen työ oli valtakunnallinen, ja sen tekivät monet eri alihankkijat ympäri maata. Alihankintayritys muodosti omasta työosuudestaan projektin, jota tässä työssä tutki-taan. Työssä käydään läpi projektin eri vaiheet tilauksesta loppudokumentointiin, pro-



jektin muodostaminen, projektin onnistuminen, teknisiä ratkaisuja ja käytännön työtä. Lopuksi katsotaan tulevaisuuden tekniikoita ja sitä, miten mobiilitietoliikenne on muuttumassa.

## 2 3G-tekniikat

Opinnäytetyö tutkii lähinnä tukiaseman ja radioverkko-ohjaimen välistä runkoverkkoa, mutta on hyvä käydä hieman teoriaa käytetyistä siirtomenetelmistä. Vuonna 2005 Suomessa otettiin 3G-verkossa käyttöön HSDPA:n ensimmäinen versio, mikä mahdollisti teoreettisen kahden megabitin tiedonsiirron. Tukiasemasta runkoverkkoon lähtevä data oli maksimissaan kaksi megabittiä johtuen E1-luokan runkoyhteydestä (maksiminopeus 2048 kbit/s). Uusien tekniikoiden myötä runkoverkko alkaa olla liian hidas. Tästä syystä sitä tulee päivittää vastaamaan uusien tekniikoiden tarpeita.

### 2.1 UMTS

Universal mobile telecommunications system eli UMTS on Euroopassa eniten käytössä oleva kolmannen sukupolven tekniikka. Uudet tekniikat, kuten HSPA, high speed packet access, perustuu UMTS-tekniikkaan. UMTS-verkko koostuu runkoverkosta (CN, core network) ja radiojärjestelmästä (RNS, radio network system). UMTS-verkon eri elementtejä ohjataan ja valvotaan erillisen käytöhallintajärjestelmän kautta samalla tavalla kuin GSM-verkossa. Universal terrestrial radio access network eli UTRAN on UMTS-verkon radioliityntäverkko ja se koostuu tukiasemista (Node B) ja radioverkko-ohjaimista (RNC, radio network controller), jotka ohjaavat tukiasemia. Radioverkko-ohjain RNC vastaa GSM-järjestelmän tukiasemaohjainta (BSC, basestation controller). (1, s. 64.)

UMTS on suunniteltu alusta asti datasiirtoa ajatellen, kun GSM oli aluksi tarkoitettu vain puheen siirtoon. Ensimmäinen UMTS-verkko oli 3GPP-organisaation määrittelemä release 99 ja seuraavat määritelmät olivat release 4 ja release 5. (1, s. 65-66.)

## Release 99

UMTS-runkoverkon on sisällettävä GSM-release 99:n mukaiset verkkomääritykset ensimmäisessä vaiheessa. Vähintään 64 kbit/s piirikytkentäisen ja vähintään 2 Mbit/s pakettikytkentäisen käyttäjänopeuden tukeminen olivat alkuvaiheen UMTS-verkon vaatimukset. Release 99:n mukaisia UMTS-palveluja ovat

- GPRS:ään perustuva pakettikytkentäinen datapalvelu
- USIM (user service identity module)
- adaptiivinen moninopeuksinen puhekoodekki (AMR, adaptive multi rate speech codec)
- multimedian viestintäpalvelu (MMS, multimedia messaging service)
- GSM:n ja UMTS:n välillä molemmansuuntainen kanavanvaihto.

GSM ja UMTS ovat radioverkoiltaan täysin erilaiset, mutta runkoverkon osalta voidaan resursseja jakaa GSM- ja GPRS-järjestelmän kesken. (1, s. 66.)

## Release 4

Vuonna 2001 valmistui seuraava määritelmä release 4 ja ensimmäiset käytännön toteutukset otettiin käyttöön vuonna 2004. Määritelmän mukaisia palveluita ja toimintoja ovat

- IPSec -suojaus pakettiverkkoon
- paikannuspalvelut pakettidatapohjaisina
- pakettikytkentäisille reaaliaikaisille palveluille verkkokanavanvaihto
- jatkuva pakettilähetys (packet streaming)
- "perinteisen" matkapuhelinkeskuksen korvaava MSC-palvelin.

(1, s. 67.)

## UMTS-verkon palvelut

UMTS:n ensimmäinen vaihe tukee sovelluksia päätelaitteen ja verkon palvelumahdollisuuksien mukaisesti sekä tukee laajaa joukkoa uusia palveluita.

### Esimerkkejä UMTS -palveluista

- informaatio-sovellukset: internet-selaus www:llä, interaktiivinen ostaminen, paikkasidonnaiset informaatiopalvelut
- koulutussovellukset: virtuaalikoulu ja verkkoharjoittelu
- viihdesovellukset: reaaliaikaiset pelit ja videot, virtuaalinen matkustaminen, reaaliaikainen audiopalvelu
- kunnallispalvelut: hälytyspalvelu, hallituksen toimenpiteet
- liikesovellukset: liikkuva toimisto
- tietoliikennesovellukset: videopuhelut, videokonferenssi, virtuaaliset työryhmät
- kaupalliset ja rahoitussovellukset: virtuaalipankki, reaaliaikainen laskutus
- liikenne- ja telematiikkasovellukset: tietullit, ajoreittien hallinta, turvallisuussovellukset.

Edellä mainitut sovellukset ovat vain esimerkkejä eikä niitä välttämättä koskaan nähdä käytännössä. (1, s. 70.)

UMTS-verkko vaikuttaa olevan selkeästi multimedijärjestelmä, mutta sen tulee myös osata ja voida siirtää puhetta verkossa.

## 2.2 HSPA

High speed packet access eli HSPA on kahden 3GPP:n määrittelemän standardin yhteinen nimitys. HSPA on UMTS-matkapuhelinviestintäprotokollien kokoelma ja sen tarkoituksena on parantaa olemassa olevien protokollien suorituskykyä. 3GPP Release 5:n yhteydessä on julkistettu ominaisuus, joka nostaa siirtonopeudet sekä downlink-suuntaan eli alavirtaan että uplink-suuntaan eli ylävirtaan. HSPA ei aiheuta mitään muutoksia käyttäjien suuntaan, vaan se perustuu olemassa olevien kanavien osalta 3GPP Release 99 –suositukseen. Uudet 3G-päätelaitteet tulevat tukemaan HSPA-tekniikkaa. (2, s. 430.)

## HSDPA

High speed downlink packet access eli HSDPA on alavirtaan eli tukiasemasta käyttäjälle kulkeva kanava, joka on tarkoitettu pääasiassa datan siirtoon. Suorituskyky riippuu rinnakkaisista kanavista, moduloinnista ja koodauksesta. HSDPA:n suorituskyky jaetaan eri kategorioihin.

Taulukko 1. HSDPA:n suorituskyky.

Luokka	Kanavien lkm	Modulointi	Huippunopeus Mbit/s
1	5	QSPK ja 16-QAM	1,2
2	5	QSPK ja 16-QAM	1,2
3	5	QSPK ja 16-QAM	1,8
4	5	QSPK ja 16-QAM	1,8
5	5	QSPK ja 16-QAM	3,6
6	5	QSPK ja 16-QAM	3,6
7	10	QSPK ja 16-QAM	7,3
8	10	QSPK ja 16-QAM	7,3
9	15	QSPK ja 16-QAM	10,2
10	15	QSPK ja 16-QAM	14,4
11	5	QPSK	0,9
12	5	QPSK	1,8

Huippunopeudet perustuvat puhtaasti teoreettisiin laskelmiin, käytännössä nopeus riippuu paljon päätelaitteesta, radiotien olosuhteista ja operaattoreiden kapasiteetista. (2, s. 430-431.)

## HSUPA

High speed uplink packet access eli HSUPA on 3GPP Release 6:n mukana julkaistun enhanced uplink DCH eli E-DCH:n yleisesti käytetty nimitys. HSUPA:n tarkoituksena on kasvattaa datansiirtonopeutta ylävirtaan eli päätelaitteelta tukiasemaan päin. Siinä on myös tietoliikenteen hallinta, mikä HSDPA:n tavoin on tukiaseman tehtävä. Päätelaitteen kirjautuessa verkkoon se saa hajautusavaimeen perustuvan omistettun datakanavan, jolla se liikennöi tukiasemalle. Ylävirran tietoliikenne ei edellytä erillistä kanavanvarausmenetelmää, jolloin yhteys on jatkuvasti käytössä Release 99 -verkon tavoin.

Kaikilla päätelaitteilla on tiedossa maksiminopeus, millä ne voi lähettää dataa. Mikäli nopeuden käyttö jää vähäiseksi, laitteiden lukumäärä soluissa kasvaa tai solun kokonaiskuorma uplink-suuntaan kasvaa, voi tukiasema pudottaa päätelaitteiden tehoja.

Taulukko 2. HSUPA:n suorituskyky.

Luokka	Huippunopeus Mbit/s
1	0,76
2	1,46
3	1,46
4	2,92
5	2,00
6	5,76

(2, s. 433.)

Uusimmat älypuhelimet tukevat HSUPA-luokkaa 5 eli huippunopeus on 2 Mbit/s. Tietokoneeseen liitettävät päätelaitteet tukevat luokkaa 6, jolloin nopeus on 5,76 Mbit/s. Huippunopeudet ovat teoreettisia samalla tavalla kuin HSDPA:ssa. Käytännössä nopeus riippuu siirtotien laadusta ja operaattorista.

### 3 Siirtomenetelmät

#### 3.1 Valokuitu

Nykyaikainen tietoliikenne perustuu sähkömagneettiseen aaltoliikkeeseen, missä sähkömagneettinen aalto kuljettaa dataa johdetusti tai vapaasti edeten eli langallisesti tai langattomasti. Sähkömagneettista spektriä käytetään tietoliikenteessä muutamista hertseistä (Hz) aina satoihin terahertseihin (THz) saakka. Optisessa tiedonsiirrossa käytettävät taajuudet on satoja terahertsejä, jolloin puhutaan todella suurista taajuuksista verrattuna esimerkiksi mobiilitietoliikenteeseen, missä taajuusalue on 800 MHz – 2100 MHz. (3, s. 20.)

Optiset kuidut valmistetaan pääasiassa kvartsilasista ( $\text{SiO}_2$ ), ja ytimen halkaisija on 9  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$  ja 62,5  $\mu\text{m}$  riippuen siitä, onko kyseessä yksimuoto- vai monimuotokuitu. Kuidun päällä olevan kuoren halkaisija on tyypillisesti 125  $\mu\text{m}$ . (3, s. 25.)

Valokuitu on ehdottomasti paras materiaali runkoverkoksi ominaisuuksiensa vuoksi. Valokuitu ei ole altis sähkömagneettiselle säteilylle, ukkoselle, se on pitkäikäinen, ei säteile ulospäin, joten ylikuulumista ei ole ja ennen kaikkea siirtonopeus on aivan omaa luokkaansa. Laboratoriossa on saavutettu noin 100 petabittiä sekunissa per kilometri eli sata miljoonaa gigabittiä sekunnissa. Käytännössä valokuidun siirtokapasiteetti ei tule olemaan ongelma pitkiin aikoihin jos koskaan.

### Yksimuotokuitu

Kuidun ydin on vain luokkaa 9 mikrometriä halkaisijaltaan ja taitekerroin on sellainen, että käytössä olevalla aallonpituudella etenee vain yksi muoto. Yksimuotokuidun vaimennus on erittäin pieni verrattuna monimuotokuituun. Ominaisuuksiensa vuoksi yksimuotokuitua käytetään pitkillä, jopa 40 km:n matkoilla. (3, s. 24.)

### Monimuotokuitu

Askelkuitu ja asteittaiskuitu ovat molemmat monimuotokuituja, mutta askelkuitua ei enää käytetä tiedonsiirrossa. Kuidun nimitys tulee siitä, että valo heijastelee kuidussa erikseen, jolloin sen muoto on erilainen. Asteittaiskuidussa valon nopeus reunoilla on nopeampi kuin keskellä. Monimuotokuituja käytetään rakennusten sisällä ja lyhyillä matkoilla, yleensä noin < 1 km. (3, s. 24.)

### Kytkeä

Valokuidun voi kytkeä kahdella eri tavalla. Parempi ja useimmin käytetty menetelmä on kuidun hitsaaminen. Hitsauksessa kone asettaa kuitujen päät lähelle toisiaan ja muodostaa niiden välille valokaaren. Kuumuus sulattaa kuidun sisältämän lasin, ja jäähtyessä ne sulautuvat toisiinsa. Tämän jälkeen laite suorittaa vetotestin, millä varmistetaan liitoksen vahvuus. Kone ilmoittaa myös mahdollisen vaimennuksen desibeleinä. Kuvassa 1 olevassa hitsauksessa liitoksen vaimennus on nolla desibeliä, mikä on todella hyvä. Vaimennuksen suuruuteen vaikuttaa lähinnä, kuinka hyvin kuitu on putsattu ja leikattu. Putsaukseen käytetään yleensä denaturoitua alkoholia, se poistaa hyvin lian ja rasvan ja kuivuu nopeasti. Kuidun leikkaamiseen on oma työkalunsa, mikä näkyy kuvassa vasemmalla. Kuitu pitää olla juuri oikean pituinen ja leikkaus pitää mennä suoraan. Vinosti leikattu pää vaikuttaa vaimennukseen ja voi pilata liitoksen. Ennen hitsa-

usta on syytä muistaa pujottaa kuitujatkossuoja kuituun, koska liitoksen jälkeen se ei ole mahdollista. Hitsauksen jälkeen kuitu otetaan varovasti laitteesta ja sijoitetaan kuvassa oikealla, hitsauskoneen yläreunassa näkyvään uuniin. Kuitujatkossuoja pitää sijoittaa niin, että liitos on suurin piirtein keskellä. Uunissa jatkossuoja kutistuu lämmön vaikutuksesta ja tekee liitokseen tiiviin suojan. Jatkoksessa on sisällä metallilanka, joka estää taipumisen. Toinen tapa kytkeä kuitu on käyttää mekaanista liitosta, missä kuitun päät työnnetään liittimen sisään ja puristetaan kiinni. Tällaista liitosta ei suositella kuin väliaikaisiin liitoksiin.



Kuva 1. Kuituhitsauslaite, Fujikura (4, s. 49).

Kuituliittimet on ehdottoman tärkeää puhdistaa ennen liittämistä. Pienikin lika esimerkiksi sormesta jäänyt rasvatahra pilaa liitoksen. Kuvassa 2 on liittimien puhdistukseen tarkoitettu puhdistuskasetti, jolla liittimet puksataan. Puhdistin soveltuu kaikille tänä päivänä käytettäville liittimille. Kuvassa 2 alhaalla on liittimen tarkistuskooppi, jolla nähdään, onko liitin likainen.

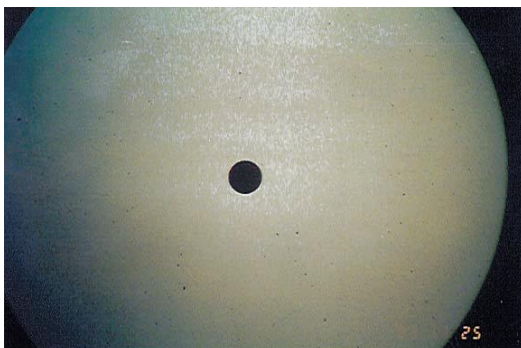


Kuva 2. Kuituliittimen tarkastus -ja puhdistustyökalut (4, s. 83).

Kuvassa 3 nähdään likainen liitin, mikä aiheuttaa paljon vaimennusta. Todennäköisesti vaimennus on niin suuri, että liitos ei ole toimiva. Silmällä on mahdoton nähdä noin pientä likaa, joten avuksi pitää ottaa skooppi, jolla nähdään liittimen pää. Liitin pitää puhdistaa ja tarkastaa niin monta kertaa, että se on puhdas (kuva 4).



Kuva 3. Likainen liitin (4, s. 57).



Kuva 4. Puhdas liitin (4, s. 57).



## Mittaus

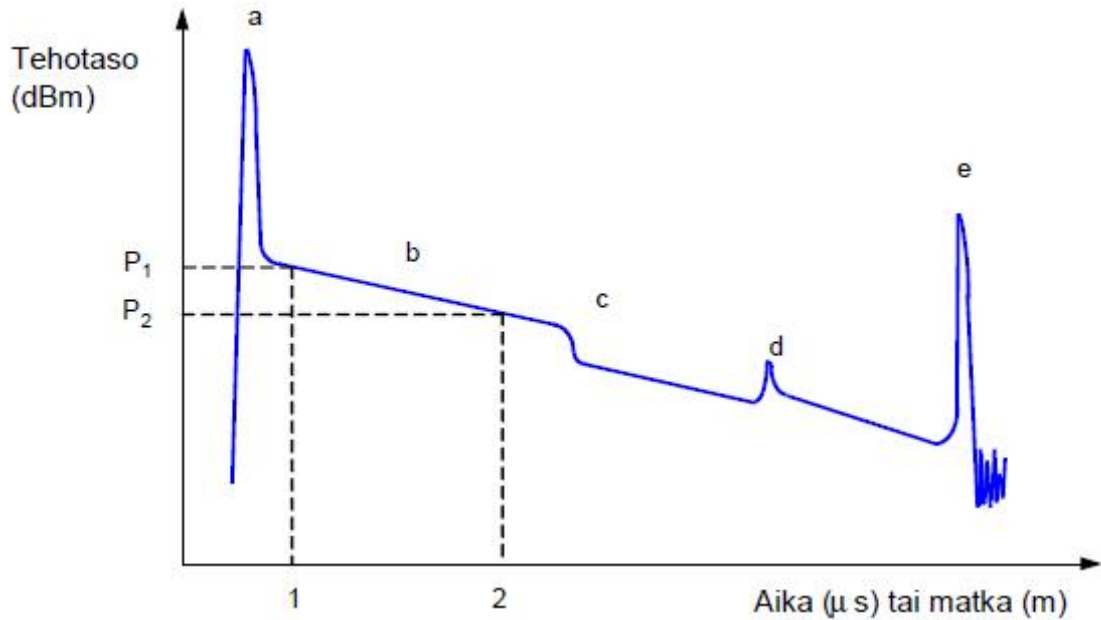
Kytken jälkeen yhteys pitää mitata alusta loppuun, jotta varmistutaan, että liitoksissa tai kaapelissa ei ole vikaa. Samalla saadaan vaimennukset laskettua. Mittaus suoritetaan OTDR, *optical time domain reflectometer*, -mittauslaitteella, mistä käytetään yleensä termiä kuitututka. Tutkauksessa tutkattavan kaapelin molempiin päihin liitetään etu- ja takamittakuidut. Etumittakuitu on yleensä valmiina tutkan sisällä. Mittakuidut ovat yleensä muutaman kilometrin pituisia, jolloin mitattava reitti saadaan tutkattua paremmin.



Kuva 5. OTDR eli valokaapelitutka (4, s. 80).

Kuvassa 6 nähdään esimerkki mitatusta kaapelista, jossa kohdassa a on kuidun alkupään heijastus. Kohdissa a ja e korkeat piikit tehotasossa johtuvat etu- ja takamittakuiduista. Ilman mittakuituja ei varsinaisen kuidun mittaaminen onnistu, koska ei nähdä selkeästi, mistä kuitu alkaa ja mihin se loppuu. Kohdassa b näkyy normaali tehota-son lasku johtuen kuidun vaimennuksesta. Jatkokset aiheuttavat aina enemmän tai vähemmän vaimennusta riippuen, kuinka hyvin jatkos on onnistunut. Kohdassa c näkyy jatkoksesta aiheutunut tehota-son lasku. Toisinaan tutkakuviin saattaa ilmaantua pieniä piikkejä, mitkä vaikuttavat vahvistuksilta, kuten kohdassa d. Todellisuudessa tehota-son

nousu ilman vahvistinta ei ole mahdollista, joten kyseessä on heijastus. Toisesta päästä mitattaessa samassa kohdassa olisi vaimennus. Oikea jatkosvaimennuksen arvo saadaan laskemalla kahdesta suunnasta mitattujen jatkosvaimennusten keskiarvo. Myös kuidun vaimennusta tutkalla mitattaessa saadaan tarkempi tulos, jos vaimennus mitataan molemmista suunnista ja lasketaan saatujen vaimennusten keskiarvo. (4, s. 80.)



Kuva 6. Mitattu kaapeli (4, s. 79).

### 3.2 Kupari

Kupariverkossa käytettiin kahta erilaista modeemia, jotka molemmat perustuivat single pair high speed digital subscriber line eli SHDSL-tekniikkaan, joka on ITU:n määrittelemä standardi G.991.2. ITU eli international telecommunication union, määrittelee tietoliikenteessä käytettävät standardit. SHDSL-tekniikka eroaa esimerkiksi ADSL-tekniikasta symmetrisellä tiedonsiirrolla. ADSL-tekniikassa lähetys -ja vastaanottonopeus on aina eri, kun taas SHDSL-tekniikassa se on aina sama. Teoreettiset nopeudet ovat 2-parilla noin 20 Mbit/s ja 4-parilla 40 Mbit/s. Käytännössä pyrittiin 10 Mbit/s nopeuteen, jolloin etäisyys ratkaisi käytettävien parien lukumäärän. Toisessa modeemissa käytettiin pelkästään kahta paria, jolloin teoreettinen nopeus oli noin 8 Mbit/s.

Operaattori ilmoitti työtilauksessa, kumpaa modeemia käytetään. Modeemien ero on siinä, että toinen soveltuu paremmin käyttöön, kun välimatka keskukseseen on lyhyt. Toinen taas sopii paremmin pidemmälle välille ja tässä tapauksessa myös keskustilaan

asennetaan vastaava modeemi. Modeemiratkaisulla toteutettu yhteys ei ollut yhtä nopea kuin valokuitu, mikä oli aivan järkeen käypää. Käyttäjälle nopeus on aluksi sama, oli päätelaite sitten kiinni kupari –tai kuituverkossa olevassa tukiasemassa. Nopeuden noston jälkeen tilanne on eri, mutta modeemeilla toteutettu ratkaisu on kuitenkin enemmän tai vähemmän väliaikainen.

### 3.3 Mediamuunnin

Mediamuunninta käytetään muuntamaan valokuitu sähköiseen muotoon, jolloin voidaan jatkaa eteenpäin kuparilla. Saman toimenpiteen voi tehdä myös toisinpäin. Mediamuunnin on pienikokoinen laite, jonka toiminta on melko yksinkertaista. Muuntimet pystyvät välittämään tietoa koaksiaalikaapelin, yksi –ja monimuotokuitujen ja kierrettyjen parikaapelin välillä. Erilaiset protokollat onnistuvat myös. Yksi laite ei tähän kaikkien pysty, mutta tilanteeseen sopiva mediamuunnin varmasti löytyy. Tässä projektissa käytettiin muunninta, johon meni yksi kuitu ja yksi RJ45-liitin. Muita ominaisuuksia ei tarvittu.

## 4 Projektin kulku

### 4.1 Projektin aloitus

Projektista ei pidetty varsinaista aloituskokousta alihankintayrityksessä, mikä mielestäni olisi ollut tärkeää kokonaiskuvan aikaansaamiseksi. Toimin projektissa assistenttina, joten tein lähes samoja töitä kuin projektipäällikkö. Projektin suunnittelu on ensimmäisiä tehtäviä, mitä pitää tehdä ennen aloittamista ja tässä projektissa siihen ei tiukan aikataulun vuoksi ollut tarpeeksi aikaa. Tästä syystä projektin aloitus oli kankeaa.

Projektille tärkeitä ominaisuuksia

- projektilla on selkeä tavoite
- tavoite pyritään saavuttamaan työllä, jota sanotaan projektityöksi
- projektin toimintaa ohjataan johdetusti ja suunnitelmallisesti
- läpiviennistä on selkeä suunnitelma
- jaetaan roolit ja vastuut
- asetetaan aikataulut ja päättymispäivä
- etenemistä ja tuloksia seurataan.

(5, s. 15).

Projektin onnistumisen kannalta on tärkeää, että asiakkaan kanssa sovitut työt kirjataan ylös projektin suunnitteluvaiheessa. Mahdolliset myöhemmät muutokset voidaan sopia erikseen. Tässä projektissa muutoksia tuli muutaman kerran, ja se vaikeuttaa ja hidastaa projektia. Ennen kaikkea se laskee projektin tuottavuutta.

Projektin onnistumisen kannalta on hyvä käyttää kaikkia mahdollisia työkaluja joita on saatavilla. Alihankintayrityksen ja operaattorin välille oli muodostettu sähköinen rajapinta talousjärjestelmien välille. Tämä helpotti työtä oleellisesti. Rajapinta oli olemassa jo ennen projektia. Alihankintayritys käyttää liiketoimintasovelluksia, jotka mahdollistavat sähköiset tilaukset asiakkailta, kun yhteinen rajapinta on määritelty. Sähköisen tilauksen etuja on jokaiselle työlle saatava oma työtilausnumero, jolle töistä aiheutuvat tunnit ja materiaalit voidaan kirjata. Jokainen työtilaus liitetään talousprojektiin, jolloin voidaan seurata koko projektin kannattavuutta helposti. Kuukaudelle voidaan asettaa tulostavoitteet ja tarkastella niitä seuraavan kuun alussa.

#### 4.2 Projektin suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa projektipäällikön tulee organisoida projektin suunnittelu. Tarvittavat tiedot kerätään projektisuunnitelmaa varten asiantuntijoilta. Suunnitelmasta tulee ilmetä myös mahdolliset alihankkijat. (5, s. 32.)

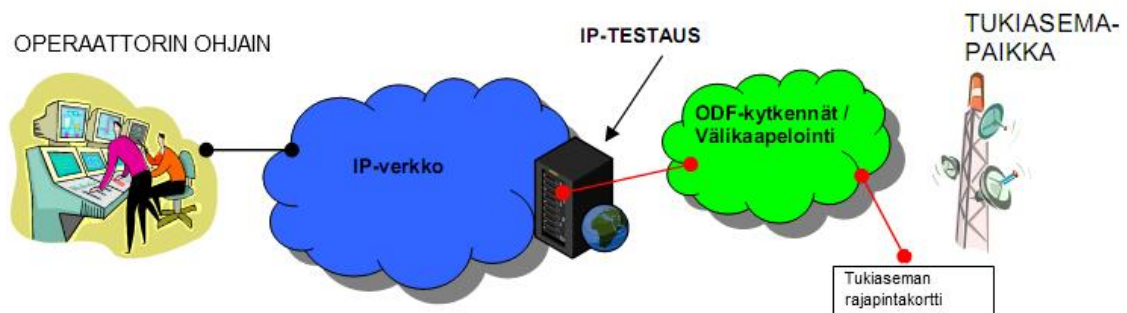
Projektin suunnittelua ei varsinaisesti ollut, jolloin kokonaiskuvan hahmotus oli myös vaikeaa. Materiaalien osalta joitakin tuotteita jäi ylitse, koska ne olivat vääriä tai niitä oli liikaa. Onneksi yrityksessä toimii myös kiinteän verkon rakennusyksikkö, joten ylimääräiset tuotteet pystyttiin myymään heille.

Projektin suunnittelussa tulee ottaa myös huomioon yrityksen muut työt, jotka saattavat rasittaa projektia. Tämän ei pitäisi olla mahdollista, koska projektiryhmien tulisi olla sitoutuneita projektiin. Suuri osa projektin työntekijöistä oli projektissa alusta loppuun, mutta osa vaihtoi työtehtäviä.

Aikataulu on projektin tärkeimpiä asioita, joka pitää ottaa suunnittelussa tarkasti huomioon. Projekti onnistui muuten aikataulun puitteissa, mutta alkuperäisestä päättymispäivästä myöhästyi noin neljä kuukautta. Viivästyminen johtui suurimmaksi osaksi operaattorista, joka lisäsi työmäärää kesken projektin.

Projektin työvaiheet menetelmästä riippumatta olivat seuraavanlaiset.

1. suunnitelmat operaattorilta ja kohteen esivalmistelut
2. välikaapelin asennus talojakamon ja laitetilan välille
3. kuitupäätteiden hitsaukset ym. kytkentätyöt, SFP-moduulien, korttien, modeemien asennukset ja testaukset
4. kohteiden valmistumisilmoitukset operaattorille, sähköinen kuittaus
5. tietoliikenteen ohjauksesta vastaavat henkilöt ottavat yhteydet käyttöön keskitetysti. Käyttöönottestaukset tehdään operaattorin toimesta.



Kuva 7. Projektin yleiskuva.

Piirroksessa, kuva 7, on kerrottu projektin yleisnäkemyks kaikkien käytettyjen menetelmien osalta. Tämä työ tarkastelee pääasiassa ip-verkon ja tukiasemapaikan välistä pilveä.

#### 4.3 Työn aloitus

Työn aloitus tapahtuu siten, että asiakkaalta tulee työtilaus sähköisessä muodossa, erikseen yhteyden rakentamiselle ja käyttöönotolle. Joissakin hankalissa kohteissa asiakas tilaa myös työn esiselvitykselle, jolloin tehdään tarkempi tutkimus kohteen vaativuudesta. Haasteet muodostuvat yleensä kaapelireittien vaikeasta sijainnista tai seinien ja lattioiden läpivienneistä. Vaikeisiin kohteisiin luetaan myös tarkasti vartioidut paikat kuten valtion rakennukset, lentokentät, pankit ja isot yritykset. Työn aloitukseen voidaan lukea myös materiaalien tilaaminen, mikä koostuu aluksi vain tarpeellisten tuotteiden tilaamisesta. Projektin alkuvaiheessa ei ollut tarkasti tiedossa, mitä tarvitaan ja kuinka paljon, joten joitain tuotteita oli liikaa ja toisia liian vähän. Materiaalin me-

nekki alkoi kuitenkin hahmottua melko nopeasti, jolloin pystyttiin pitämään varastossa vain tarpeellisia materiaaleja, eikä turhista tuotteista tullut rasitetta projektille.

#### 4.4 Tilauksen vastaanotto

Tilauksen saavuttua järjestelmään se kuitataan vastaanotetuksi. Tämän jälkeen lisätään tilaukseen käsittelijä, muutetaan nimeä siten, että se vastaa työtä eli onko kyseessä kuitu, kupari- tai mediamuunnintyö. Muutos tehdään vain siirtoyhteystöille, ja se helpottaa työtilausten etsintää järjestelmästä. Lisäksi jokainen projektin vastaanotettu työtilaus liitetään osaksi talousprojektia. Tilauksia saattaa olla monta sataa, joten niiden seuraaminen olisi lähes mahdotonta, ellei niitä liitettäisi yhteen isompaan projektiin. Talousprojektista voidaan seurata koko projektin kannattavuutta helposti ja tehdä tarvittavia johtopäätöksiä esimerkiksi kateprosentin riittävydestä.

Sähköisen tilauksen lisäksi sähköpostiin saapuu tarkemmat tiedot tilauksesta, kuten reititystaulu ja raportti, mikä sisältää tarvittavat yhteystunnukset, ip-osoitteet. Tilauksen tiedot hieman vaihtelivat sen mukaan, onko kyseessä kuitu, kupari vai mediamuunnin.

#### 4.5 Työkansio

Työkansion tarkoituksena on kertoa asentajalle kaikki tarpeellinen tieto kyseisestä työmaasta, mitä tarkemmin kansio on tehty, sitä helpompi työ on toteuttaa käytännössä. Toimistossa pystyy vaikuttamaan olennaisesti työn tehokkuuteen, ja se taas parantaa työn kannattavuutta. Työkansio on työmaakohtainen ja siitä selviävät yhteystiedot, kulkuohje, työnumerot, joihin laitetaan työhön kuluneet tunnit, reititystaulu, mistä nähdään kytkentäpisteet ja reitillä olevat kuitukaapelit tai kuparikaapelit. Lisäksi ovat materiaalilistat, joihin merkataan käytetyt materiaalit ja tehtyjen töiden tuntilista. Työkansioon merkattujen materiaalien ja tuntien mukaan laskutetaan asiakasta.

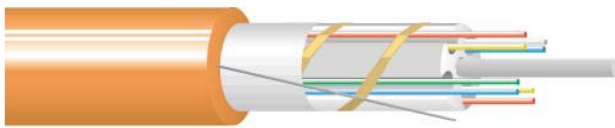
Työkansioilla on omat lokeronsa riippuen työvaiheesta ja työtilauksesta. Kuitutöissä, kuitu ja mediamuunnin, ensimmäinen vaihe on kytkentä. Asentaja hakee kansion, käy tekemässä tarvittavat kytkennät, jonka jälkeen palauttaa kansion kaapelinvetolokeroon. Tämän jälkeen toinen ryhmä ottaa kansion, käy vetämässä kaapelin ja palauttaa sen hitsattavat -lokeroon. Lopuksi asentajat käyvät hitsaamassa kuidut, asentavat paneelit, tekevät tarvittavat mittaukset ja kytkävät kuidut talojakamossa ja laitepajassa. Kuparitöissä, SHDSL, työjärjestys ja määrä on paljon pienempi. Asentaja käy

kytkemässä laitteen tukiasemapaikalle, ja työ on siltä osin valmis, jos mitään ongelmia ei esiinny.

## 4.6 Työssä käytetyt materiaalit

### 4.6.1 Valokuitu

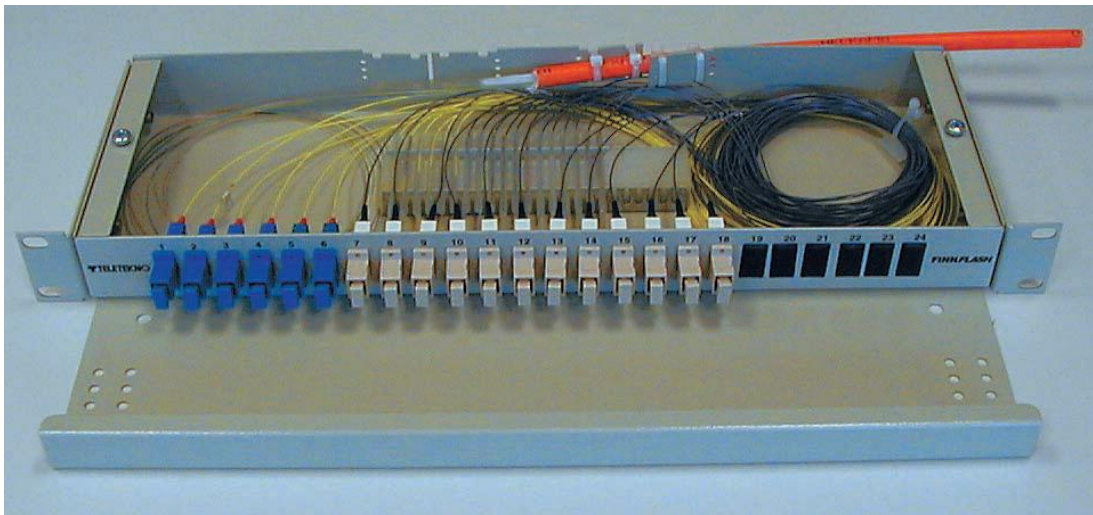
Työssä käytettiin pääasiassa valokuitua, mikä sopii myös ulos sekä sisälle. Ulkokäyttöön tarkoitettussa kaapelissa on suojarasvaa sisällä, mikä estää jäätymiseltä. Varsinaista tarvetta ulkokaapelille ei ollut, mutta kustannussyistä päädyttiin siihen. Kuvassa 8 oleva FXMSU-valokuitu on vastaavaa, jota työssä käytettiin. Valokuitu tilattiin varastoon aina pienimmällä mahdollisella kelalla, koska kohteet olivat lähes poikkeuksetta kiinteistöjä ja koska asentajilla oli käytössä normaalit pakettiautot eivät isommat kelat tulleet kysymykseen. Laittepaikat sijaitsivat useasti kiinteistöjen ylimmässä kerroksessa, koska sieltä on lyhyt matka ulkoantenneille. Talojakamot taas sijaitsivat yleensä talon kellarissa tai alimassa kerroksessa. Kaapelia on aina helpompi asentaa ylhäältä alaspäin, joten kelat piti kuljettaa ylimpään kerrokseen. Tämä oli myös osa syy, miksi kelat olivat suhteellisen pieniä, alle metrin halkaisijaltaan.



Kuva 8. Sisä-/ulkokaapeli FXMSU (4, s. 31).

### Paneelit

Työssä käytettiin kolmea erilaista pätepaneelia: laitetilaan asennettava paneeli oli seinään kiinnitettävä malli. Tilanteesta riippuen paneeli asennettiin joko liittimet alas –tai sivullepäin. Seinään kiinnitettävä paneeli oli 12 kuidulle, mikä riitti juuri sopivasti, koska kaapeli on 12-kuituinen. Kuvassa 9 näkyvä pätepaneeli on tarkoitettu asennettavaksi telineeseen ja sitä käytettiin talojakamoissa, missä taloon sisälle tuleva kaapeli on päätetty samaan telineeseen. Kuvassa 10 on työmaalta otettu kuva paneelista, jossa näkyy myös kytkentäkuituja kuvan vasemmassa reunassa.



Kuva 9. Telineeseen kiinnitettävä pätepaneeli (4, s. 53).



Kuva 10. Yleiskuvaa paneeleista ja kytkentäkuiduista.

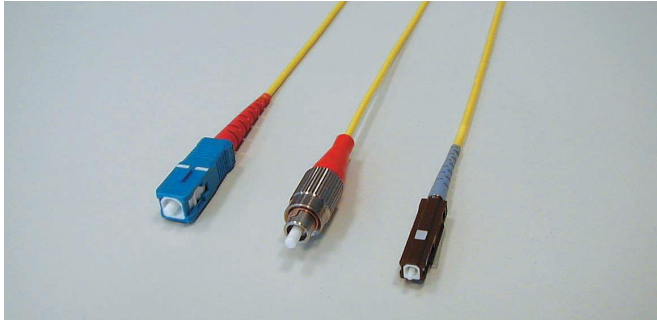
## Kotelot

Ulkotiloihin tehdyissä asennuksissa piti tehdä kaksinkertainen kotelointi kosteuden ehkäisemiseksi eli sisempään koteloon tehtiin jatkos ja kytkennät, jonka jälkeen se asennettiin isompaan koteloon. Kotelot sijaitsivat esimerkiksi talojen tuuletusparvekkeilla tai katoilla.

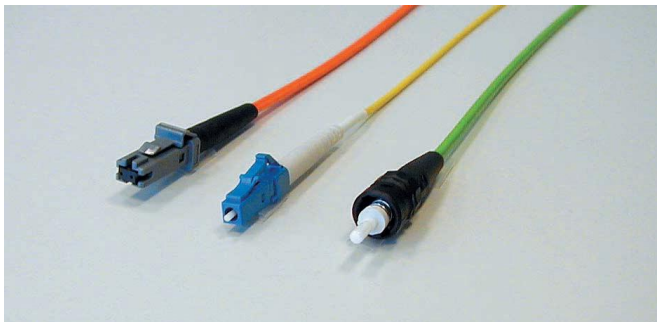


## Liittimet, kytkentä –ja häntäkuidut

Yleisimmin käytössä olevat liittintyyppit ovat SC ja LC. Näistä kahdesta LC on uudempi, mutta silti SC-liittimiä käytetään edelleen myös uusissa asennuksissa. Kuvissa 11 ja 12 näkyvät liittintyyppit FC, MU, MT-RJ ja ST. Kyseisiä liittimiä ei enää uusiin paneeleihin asenneta, mutta toisinaan vastaan tulee vanhoja paneeleja, missä liittimiä on pakko käyttää. Varsinkin FC-liittimiä käytettiin muutamissa työkohteissa.



Kuva 11. Kuituliittimiä. SC, FC ja MU (4, s. 58).



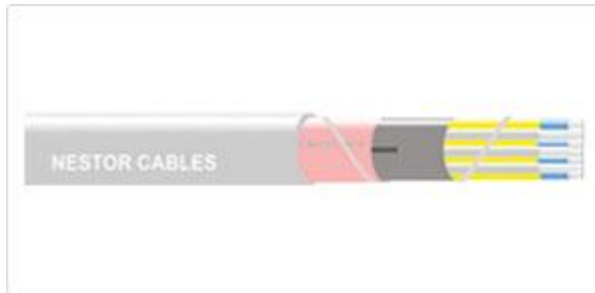
Kuva 12. Kuituliittimiä MT-RJ, LC ja ST (4, s. 59).

Liittimet kytkettiin paneelissa olevaan adapteriin, kuva 9, mikä kohdistaa ne toisiaan vasten. Häntäkuiduissa olevat liittimet kytketään adapteriin paneelin sisäpuolelta ja ulkopuolelta niihin kytketään kytkentäkuidut. Kaapelit päätetään aina paneeliin tai koteloon, joten eri paneeleissa olevien kuitujen väliin tarvitaan kytkentäkuituja.

#### 4.6.2 Kupari

Modeemipaikoissa kytkennät tehtiin aina olemassa olevaan nousukaapeliin, joka tuli talojakamosta. Kaapelin kaikkien parien ollessa käytettynä oli pakko asentaa uusi väli-kaapeli. Kaapelina käytettiin kuvassa 13 näkyvää KLVMAAM-puhelinkaapelia.

Johdin on tinattua kuparia ja jokainen pari on suojattu erikseen häiriöitä vastaan. Lisäksi kaikki parit on suojattu yhdessä.



Kuva 13. KLVMAAM-puhelinkaapeli (6).

Kuparikohteissa kytkennät tapahtuvat mekaanisilla kytkennöillä niin sanottuun krone-riimaan. Kaapeli päätetään rimalle eli jokainen lanka kytketään erikseen riman hahloon. Käytetyille rimoille mahtui 10 paria eli 20 lankaa. Jokaisen kytketyn langan alapuolella on samanlainen hahlo, josta kytkentälangalla siirrytään seuraavaan rimaan. Voidaan kuvitella, että rima on sama kuin kuidussa paneeli ja ristikytkentälanka on sama kuin kytkentäkuitu.

#### 4.6.3 Sähköistys

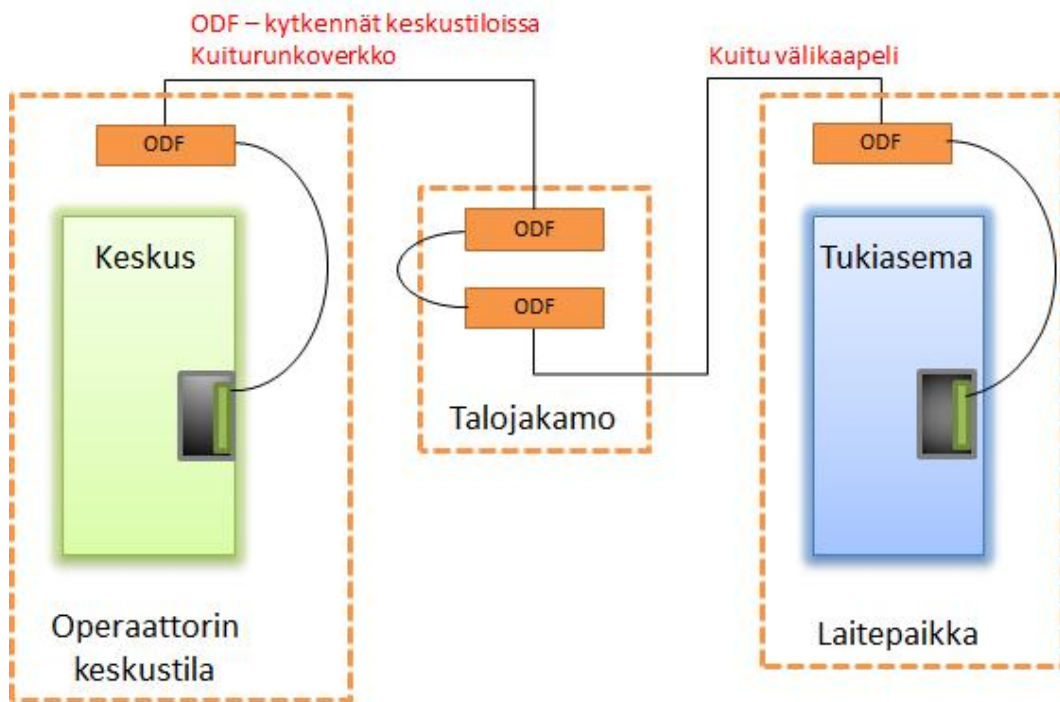
Valokuituyhteyksien rakentamisessa ei tarvinnut tehdä mitään sähköistykseen liittyvää työtä, koska signaalia lähettävät laitteet olivat jo olemassa. Kupariverkkoon liittyvät työt taas vaativat sähköä, koska tukiaseman ja verkon välille asennettiin modeemi. Tukiasemat tarvitsevat paljon sähköä, joten jokaisessa laitepaikassa on voimalaite, mistä voi ottaa virran myös modeemille. Sähkönsyöttö otetaan voimalaitteen jatkuvalta puolelta 10A sulakkeelta ja MMJ 3x1,5 kaapelilla.

## 4.7 Työn suorittaminen

Varsinainen fyysinen työ alkaa siitä hetkestä, kun asentaja käy hakemassa työkansion lokerosta. Tämän jälkeen hän katsoo, mitä materiaaleja tarvitsee kytkennöissä ja käy varastosta hakemassa tarvittavat tarvikkeet.

### 4.7.1 Kuitu

Kuitutyössä ensimmäinen työvaihe on käydä kytkemässä reitti tukiasemapaikan ja keskuksen välille. Keskustilojen määrä riippuu reitin pituudesta. Helpoimmassa tapauksessa tukiasema sijaitsee keskustilassa, jolloin riittää kytkentäkuidun vetäminen suoraan tukiasemasta kuitupaneeliin eikä varsinaista kaapelin vetoa ja hitsaamista tarvitse tehdä. Ensimmäisessä keskustilassa kytketään kuitu reitittimestä paneeliin ja tämän jälkeen reitti kytketään paneelista toiseen kytkentäkuidulla reittitaulukon mukaisesti. Tämän jälkeen käydään kytkemässä reitti niin monessa keskustilassa kuin tarpeellista, kunnes koko reitti on valmis ensimmäisestä keskustilasta tukiasemapaikan talojakamoon asti. Reitin ollessa valmis voidaan alkaa vetää kaapelia tukiasemapaikalta talojakamoon. Kaapelin vedossa tulee olla tarkkana, ettei tule liian jyrkkiä mutkia, jolloin kaapelin sisällä olevat valokuidut saattavat mennä poikki, myös kaapelin vetäminen ahtaissa paikoissa voi aiheuttaa vaurioita kaapelin kuoreen, jolloin kuidun vaurioituminen on myös mahdollista. Kaapelin vedon jälkeen kuidut hitsataan häntäkuituihin, joissa on liittimet toisessa päässä. Liittimet kytketään paneeliin adapterien avulla. Projektissa käytetty kaapeli oli 2x6 SML -valokuitua eli yksimuotokuitua ja kuusi kuituparia. Nämä 12 kuitua kytkettiin talojakamossa 24-paikkaiseen paneeliin ja laitepaikalla 12-paikkaiseen koteloon. Kuvassa 14 on karkea piirros kuidun reitistä. Optical distribution frame eli ODF on optinen jakoteline. Työssä käytetyt paneelit ja kotelot ovat jakotelineitä.



Kuva 14. Valokuidulla toteutettu reitti.

Yleensä kytkentäkuidut eivät ole kahta metriä pidempiä, koska paneelit sijaitsevat usein samassa telineessä. Toisinaan tulee tilanteita, missä paneelit ovat kaukana toisistaan ja joudutaan menemään pitkiä matkoja, jopa toiseen huoneeseen. Kuvassa 15 on piirretty kytkentäkuidun reitti kaapista toiseen.



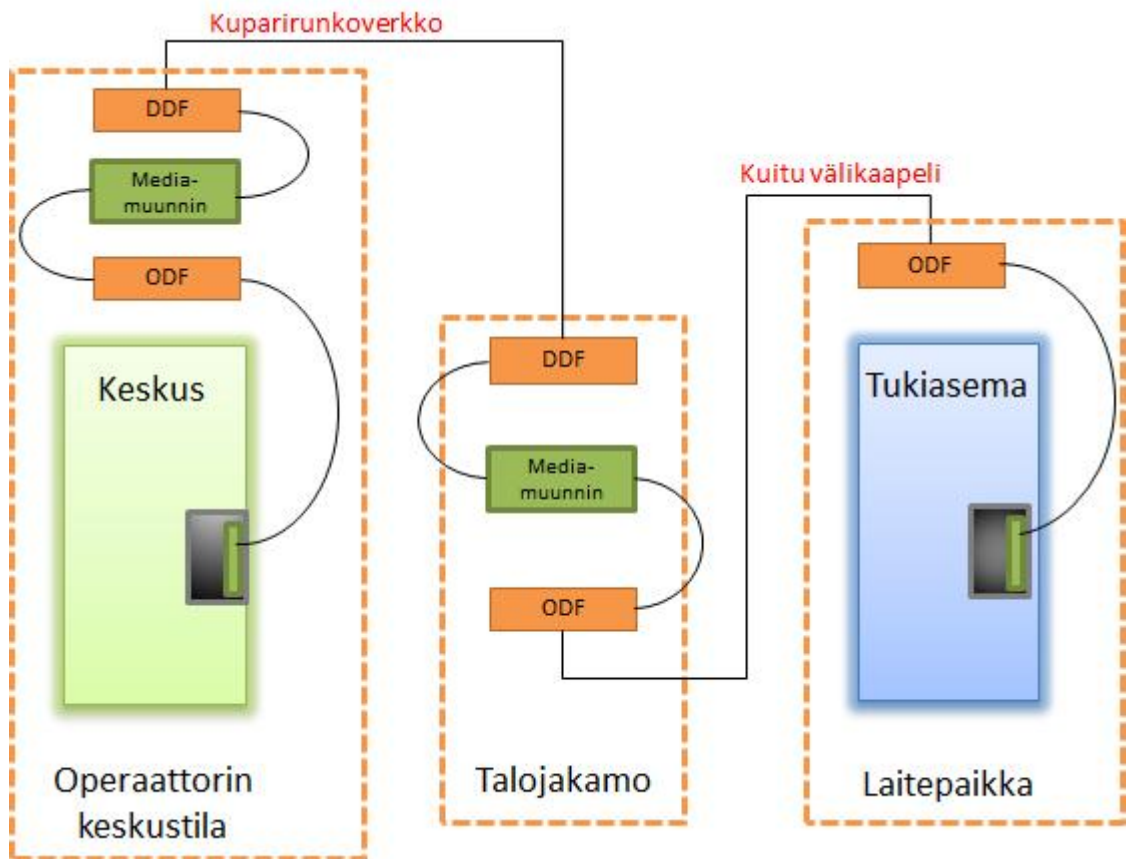
Kuva 15. Kuvaan piirretty kytkentäkuidun reitti.

#### 4.7.2 Mediamuunnin

Mediamuunninkohteissa työ on muuten samanlaista kuin kuitukohteissa, mutta yleensä keskustiloissa tehtäviä kytkentöjä ei ole. Valokuitu rakennetaan talojakamon ja laitepaikan välille samalla tavalla kuin kuitukohteissa. Erona on se, että kohteissa mediamuunnin asennetaan talojakamoon ja keskustilaan. Kuidut hitsataan samalla tavalla paneeliin ja koteloon kuin kuitutöissä, mutta kytketään vain yhdellä kytkentäkuidulla mediamuuntimeen. Talojakamossa mediamuunnin kytketään kuituverkon ja kupariverkon väliin, tästä nimitys mediamuunnin, ja keskustilan päässä sama toisinpäin.

Yleensä mediamuuntimet asennetaan talojakamoon, mutta poikkeuksiakin on, esimerkiksi normaalisti talojakamoon asennettava mediamuunnin voidaan poikkeuksellisesti kytkeä myös keskustilaan, jolloin työ kokonaisuudessaan vastaa melkein tavallista kuitutyötä. Ainoa ero on mediamuuntimien asennus.

Mediamuunnin on yksinkertaisesti esitettyinä laite, jolla muutetaan valokuitua pitkin kulkeva optinen data sähköiseen muotoon ja jatketaan eteenpäin tavallisena cat5-parikaapelina. Muunninta käytetään tässä työssä esimerkiksi silloin, kun rakennukseen tulevan kuitukaapelin kaikki kuidut ovat jo käytössä. Kuvassa 16 on piirretty kohteen kaapelireitit, jatkoksien ja laitteiden sijoitus.



Kuva 16. Mediamuuntimella toteutettu reitti.

Talojakamossa ja keskustilassa olevat mediamuuntimet ovat hieman erilaisia. Toimintaidea on sama, mutta keskustilassa muunnin tulee keskuslaitteeseen kiinni kun talojakamossa se on irrallinen laite.

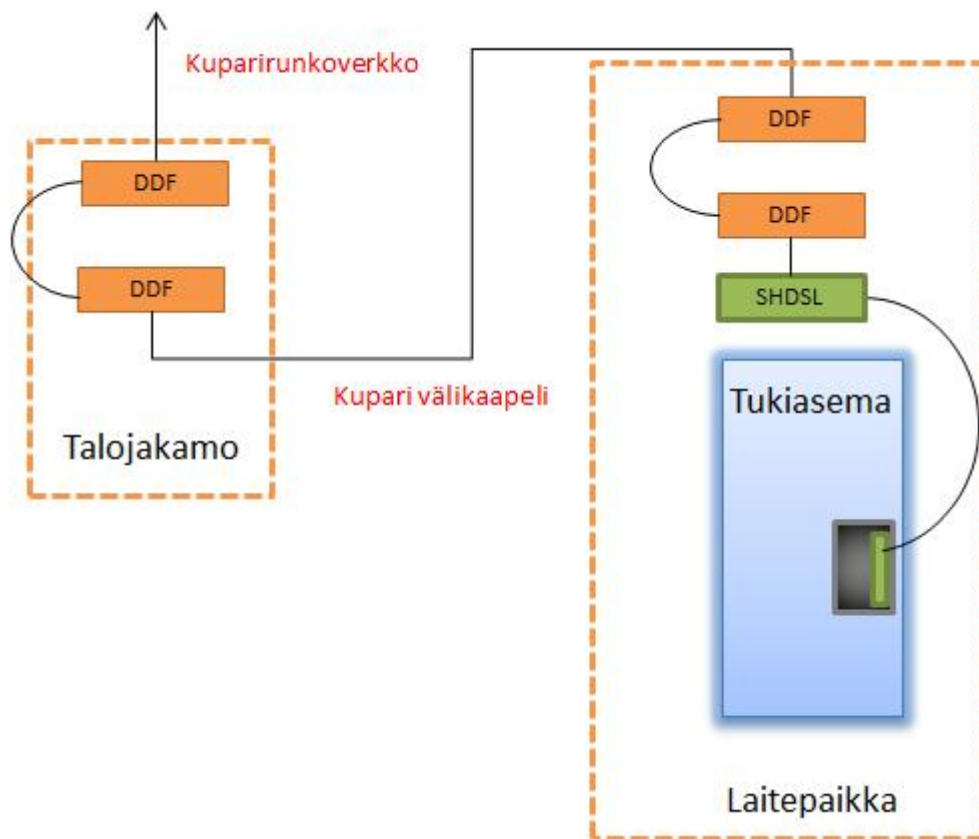
#### 4.7.3 SHDSL

Kuparikohteissa käytetään kahta erilaista modeemia riippuen keskuksen etäisyydestä. Modeemin asennuksessa kytketään kaksi paria tai neljä paria riippuen asiakkaan vaatimuksista ja reitin pituudesta keskustilaan. Operaattori ilmoittaa tilauksessa kumpaa menetelmää käytetään. Molemmat laitteet tarvitsevat virtaa toimiakseen, joten virta otetaan joko suoraan voimalaitteesta 48 VDC tai verkkovirrasta 230 VAC, jolloin tarvitaan erillinen muuntaja. Voimalaitteesta otettaessa pitää sinne lisätä 10 A johdonsuojakatkaisija. Lähes kaikki modeemikohteet toteutettiin voimalaitteesta otetulla virralla.

Työn suorittamiseen tarvitaan oikea modeemi, virtakaapelia, asennustarvikkeet, jotta laite saadaan seinään tai telineeseen, kannettava tietokone, jolla otetaan yhteys mo-

deemiin ja asennetaan oikeat parametrit, cat5 RJ45 -verkkokaapeli, ristikytkentärima ja siihen niin sanottu krone-asennustyökalu sekä ristikytkentälankaa. Käytetyn nousukaapelin parit oli kytketty talojakamossa operaattorin toimesta, joten sinne ei tarvinnut tehdä muutoksia.

Molemmat modeemit piti konfiguroida kokonaan, joten katsottiin parhaaksi tehdä niin, että yksi asentaja konfiguroi modeemit valmiiksi toimistolla. Tämä nopeutti työtä huomattavasti.



Kuva 17. SHDSL-tekniikalla toteutettu reitti.

Piirroksessa, kuva 17, näkyy modeemilla toteutettu reitti runkoverkkoon. Aikaisemmin tukiasemat ovat olleet runkoverkossa niin sanotulla "kahden megan" -kaapelilla eli teoreettinen maksimisiirtonopeus on ollut kaksi megabittiä sekunnissa. Laittilaan on asennettu modeemi, jolla tukiasema pääsee runkoverkkoon. 2G-tukiasemat käyttävät yhä tätä menetelmää. Nyt lisätyt modeemit eroavat siten, että tukiasema kytkeytyy niihin ethernet-kortin kautta ja nopeus on suurempi. Peruskytkennät ovat periaatteessa samanlaiset kuin ennenkin.

#### 4.7.4 Korttien lisääminen tukiasemaan

Kasvavan kapasiteetin vuoksi tukiasemaan täytyy lisätä piirikortteja, joilla mahdollistetaan suurempi kapasiteetti. Lisäksi asennetaan rajapintakortti, johon kytketään small form-factor pluggable eli SFP-moduuli.

Korttien lisäämisen tapahtuu seuraavasti. Soitetaan valvontakeskukseen ja kerrotaan, mitä ollaan tekemässä ja pyydetään lukitsemaan tukiasema. Tukiaseman sammuttaminen omatoimisesti lähettää hälytyksen valvontakeskukseen, jolloin huoltomiehet tulevat tarkastamaan, miksi tukiasema ei toimi. Tästä aiheutuu turhaa vaivaa muille ja lisäkuuluja projektille, joten ilmoitus on syytä tehdä asianmukaisesti. Keskuksesta laitetaan tukiasema lukkoon, jolloin kaikki valot alkavat vilkkua. Tämän jälkeen voimalaitteesta katkaistaan tukiaseman virransyöttö. Periaatteessa kortit voitaisiin vaihtaa "kuumana" eli virrat päällä ja tukiasema toiminnassa, mutta sammuttamalla sen varmistutaan siitä, että uudet kortit tulevat varmasti tukiaseman tietoon käynnistettäessä se uudestaan. Korttien lisääminen ja vaihto on varsin yksinkertainen toimenpide. Korttipaikkojen edessä on suojalevy, mikä pitää ensin poistaa. Tämän jälkeen työnnetään kortti sille tarkoitettuun uraan ja painetaan kielekkeet korttia kohti, jolloin kortti painuu kiinni liittimeen tukiaseman sisällä, kiristetään ruuvit ja asennus on siltä osin valmis. Rajapintakortin edestä pitää poistaa häiriösuojus ennen kuin päästään käsiksi korttipaikkaan. Suojus pitää muistaa laittaa paikalleen, koska transmissiokortit käsittelevät suuria taajuuksia ja näin ollen ovat herkkiä häiriöille. Ennen suojuksen paikalleen laittoa kytketään, joko kytkentäkuitu LC-liittimellä tai cat5 RJ45 -kaapeli rajapintakorttiin. Kytkentäkaapelia kytkettäessä tulee käyttää SFP-moduulia, mikä toimii adapterina kortin ja LC-liittimen välillä. Kaapelit pujotetaan tukiaseman katolta kuilua pitkin suoraan rajapintakortin viereen.

Asennuksen jälkeen laitetaan voimalaitteesta virrat takaisin päälle, jolloin valot alkavat taas vilkkua, soitetaan valvontakeskukseen ja ilmoitetaan, että tukiaseman voi poistaa lukosta. Pidetään yhteys valvontakeskukseen niin kauan, että tukiasema on toiminnassa. Tämän jälkeen ovi kiinni ja korttilisäystyö on suoritettu.



#### 4.7.5 3G-verkon muutokset

##### Rautatason muutokset

Kuten aikaisemmin tuli ilmi, tukiasemaan lisätään piirikortteja, jotka mahdollistavat kapasiteetin lisäämisen. Lisäksi lisättiin rajapintakortti, johon voidaan kytkeä ethernet-kaapeli rj45-liittimellä ja yksimuotokuitu SFP-moduulilla, kuva 18. Kortissa on gigabit ethernet –paikka, johon moduuli työnnetään. SFP:n asennus ei vaadi mitään ohjelmistotason asennusta asentajilta. Moduuli toimii rajapintana verkkolaitteen ja kaapelin välillä.



Kuva 18. SFP-moduuli (7).

##### Ohjelmistotason muutokset

Operaattori suoritti ohjelmistojen ja tukiasemalaitteiden päivitykset etäyhteydellä, joten alihankkijoiden ei tarvinnut päivityksiä tehdä. Näin ollen ohjelmistopuolen muutoksista ei ole tarkempaa tietoa. HSPA:n uusin versio otettiin käyttöön, jolloin saavutetaan teoreettinen vastaanottonopeus 14,4 Mbit/s ja lähetysnopeus 5,76 Mbit/s.

#### 4.8 Dokumentointi

Tässä projektissa loppudokumentointi on varsin yksinkertaista johtuen osaksi siitä, että kohteet ovat toiminnassa olevia tukiasemapaikkoja ja ne on dokumentoitu jo rakennusvaiheessa. Projektissa tehtävät muutokset ovat niin pieniä, että dokumentointiin tarvitsee vain valokuvat, kuitukaapelin mittaustulokset ja yhteyden mittaus USB-tikulla, mikä tukee HSDPA:ta. Verkon ollessa ruuhkaton ja signaalitason ollessa hyvä päästiin yli 10 Mbit/s. Kupariverkossa nopeudet olivat pienemmät.

## Laskutus

Työ pyritään laskuttamaan heti, kun se on saatu valmiiksi. Laskutus tapahtuu samalla sähköisellä järjestelmällä, millä tilaukset otetaan vastaan. Laskun lähettäminen on turhaa ennen kuin työ on merkattu valmiiksi, sillä operaattori ei sitä suostu maksamaan. Kaikissa työtehtävissä yrityksestä riippumatta on tärkeää, että asiakasta päästään laskuttamaan mahdollisimman nopeasti. Isoissa yrityksissä tästä voidaan hieman joustaa, mutta pienemmät yritykset saattavat jopa mennä konkurssiin, jos rahaa ei tule sisään yritykseen.

## Työ valmis

Kun työ on dokumentoitu ja laskutettu, se merkataan valmiiksi ja suljetaan, jolloin kyseiselle työlle ei voi enää merkata tunteja tai lisätä materiaaleja. Työn valmiiksi merkaaminen on tärkeää taloushallinnon kannalta, koska näin voidaan seurata koko projektin valmiusastetta ja kannattavuutta.

### 4.9 Projektin päättäminen

Projektin päättämisessä ei ollut varsinaisesti mitään ihmeellistä. Viimeisen työn jälkeen asentajat siirtyivät toisiin tehtäviin ja projekti lopetettiin. Satunnaisia tehtäviä tuli vielä myöhemmin operaattorilta, mutta ne tehtiin erillistyönä.

## 5 Yhteenveto

Projektin aloitus huomioon ottaen voidaan sanoa, että vaikka aikataulussa ei aivan pysytty ja välillä oli vaikeaa, niin kokonaisuudessaan projekti oli onnistunut. Yhteydet toimivat niin kuin oli tarkoituskin. Tämän kokoisissa projekteissa, tarkoittaen projektia operaattorin näkökulmasta, on aina epäonnistumisen mahdollisuus, kun alihankkijoita on paljon. Kaikkien alihankkijoiden onnistuminen ei ole tiedossa, mutta ilmeisesti kaikki muutkin onnistuivat vähintään hyvin. Operaattorille en anna yhtä hyvää arvosanaa sillä projektin alkuvaiheessa kaikilla alihankkijoilla oli ongelmia saada modeemyhteyksiä toimimaan. Operaattorilla oli tämä ongelma tiedossa, mutta ei siitä ilmoittanut alihankkijoille. Ilmeisesti sisäisessä viestinnässä oli ongelmia.

Valokuidun käyttäminen mobiilirunkoverkkona on sijoitus tulevaisuuteen. Oikeastaan voidaan sanoa, että sama runkoverkko toimii nykyään molemmille, kiinteälle verkolle ja mobiiliverkolle. Mobiiliverkon siirryttyä kokonaan ip-aikaan voivat päätelaitteet olla jatkuvasti verkossa ja tarvittaessa keskustella toistensa kanssa.

Projektin suoritusvaiheessa oli käytössä HSDPA:n luokka 5 eli 2 Mbit/s downlink-suuntaan. Työn valmistuttua voidaan HSDPA:n luokkia nostaa ohjelmallisesti, kunhan päätelaitteet tukevat sitä. Kuten aikaisemmin mainittiin, on valokuidun vieminen tukiasemaan sijoitus tulevaisuuteen. Tällä hetkellä käytössä olevasta valokuituverkon kapasiteetista on käytössä murto-osa. Langaton tiedonsiirto tulee tuskin koskaan saavuttamaan samaa nopeutta minkä valokuitu mahdollistaa. Nykyisillä tiedoilla radiotietoliikenteessä se ei ole mahdollista Shannonin kaavan perusteella. Projektin toteutuksen jälkeen voidaan olla varmoja siitä, että runkoverkossa oleva kapasiteetti ei tule loppumaan pitkään aikaan.

Tätä työtä kirjoitettaessa suurin kuluttajalle tarjottava nopeus Suomessa on 15 Mbit/s, ja se on toteutettu HSPA+-tekniikalla. Teoreettinen nopeus HSPA+:lla on tukiasemasta päätelaitteen suuntaan 42 Mbit/s ja päätelaitteesta tukiaseman suuntaan 11 Mbit/s. HSPA+-tekniikkaa ei voi hyödyntää kaikissa 3G-tukiasemissa, koska tässä kehitysversion radioverkko-ohjain (RNC) on integroitu tukiasemaan. (8.)

Tulevaisuuden tekniikoista ehdoton ykkönen on tällä hetkellä neljännen sukupolven tekniikka eli 4G. Ruotsissa TeliaSonera otti käyttöön 4G:n vuonna 2009. Tässä tapauksessa 4G on oikeastaan vain markkinointinimi, sillä tekniikka on paremminkin 3.9G, koska kyseessä on edelleen 3G-tekniikkaan perustuva long term evolution eli LTE. 4G-tekniikan määrittelevän ITU:n mukaan LTE-Advanced on oikea 4G-tekniikka.

LTE:llä on mahdollista saavuttaa teoriassa downlink-suuntaan 100 Mbit/s ja uplink-suuntaan 50 Mbit/s. Käytännössä nopeudet ovat paljon pienemmät. 3GPP:n määritysten mukaan LTE-Release 8 kategoria 5 mahdollistaa 300 Mbit/s downlink-suuntaan ja 75 Mbit/s uplink-suuntaan. LTE mahdollistaa multiple-input multiple-output eli MIMO:n käytön. Lähetykseen ja vastaanottoon käytetään useampaa kuin yhtä antennia. MIMO:a hyödynnetään tiedonsiirron nopeuttamisessa tai luotettavuuden parantamisessa. LTE mahdollistaa ensimmäistä kertaa 3G-tekniikassa eri radiotekniikoiden käytön uplink- ja downlink-suunnassa. Tukiasemasta päätelaitteeseen käytetään orthogonal fre-

quency division multiplexing eli OFDM-modulointia. Päätelaitteesta tukiasemaan käytetään SC-FDMA-modulointia. Uplink-suunnassa SC-FDMA toimii paremmin kuin OFDM. (8).

Nopeuden kasvun lisäksi toinen tärkeä seikka on latenssin eli viiveen pieneneminen. HSPA:n ensimmäisissä versioissa latenssi oli luokkaa 100 ms, kun LTE:ssä latenssi on noin 20 ms.

LTE-Advanced mahdollistaa teoriassa downlink-suuntaan paikallaan ollessa 1 Gbit/s ja uplink-suuntaan 100 Mbit/s. Käytännössä nopeudet ovat paljon pienempiä. LTE-Advanced on vielä kehityksessä ja kaupallisia versioita joudutaan odottamaan vielä monta vuotta. (9.)

Projektin lopputuloksena on runkoverkon moninkertainen siirtokapasiteetti alkuperäiseen verrattuna. Tulevaisuudessa uusien tekniikoiden käyttöönotto ei pitäisi aiheuttaa runkoverkon kapasiteetissa ongelmia ainakaan käytettyjen kaapeleiden osalta. Keskuk-sissa käytettävät reitittimet sen sijaan voivat muodostua ongelmaksi, jos datamäärät kasvavat suureksi.

## Lähteet

- 1 Penttinen, Jyrki. 2006. Tietoliikennetekniikka: 3G ja erityisverkot. Helsinki: WSOY.
- 2 Granlund Kaj. 2007. Tietoliikenne. Porvoo: WS Bookwell.
- 3 Optiset liityntäverkot. 2006. Teletekno Oy. Helsinki
- 4 Helkama Bica Oy. 2004. Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. Tampere: Tammer-paino Oy.
- 5 Kettunen, Sami. 2003. Onnistu projektissa. Helsinki: WSOY.
- 6 Nestor cables Oy. <<http://www.nestorcables.fi>> Luettu 17.11.2010.
- 7 Cisco Systems, Inc. <<http://www.cisco.com>>. Luettu 16.11.2010.
- 8 HSPA. 3GPP. <<http://www.3gpp.org/HSPA>>. Luettu 17.11.2010.
- 9 LTE-Advanced. 3GPP. <<http://www.3gpp.org/LTE-Advanced>>. Luettu 17.11.2010.